

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
Кафедра «Технология переработки нефти и полимеров»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин

10 декабря 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ»

основной профессиональной образовательной программы
подготовки бакалавров

по направлению 18.03.01 «Химическая технология»

профиль: «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных
материалов»

Форма обучения Очная
Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2017

Автор рабочей программы
Профессор, к.х.н., доцент

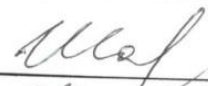
 В.В. Телеш
«04» 04 2017 г.

СОГЛАСОВАНО

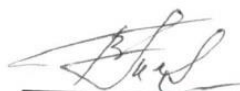
Директор библиотеки

 И.А. Романовская
«04» 04 2017 г.

Заведующий кафедрой «Технология
переработки нефти и полимеров»

 О.Г. Шакирова
«04» 04 2017 г.

Декан факультета экологии и
химической технологии

 В.В. Телеш
«04» 04 2017 г.

Начальник учебно-методического
управления

 Е.Е. Поздеева
«05» 04 2017 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2016___ № 1005, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология»

1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<i>Процессы и аппараты химической технологии</i>					
Цель дисциплины	изучение основных типовых процессов химической технологии, конструкций и принципов работы химического оборудования, привитие навыков выполнения расчетов процессов и аппаратов, нахождение оптимальных решений для реализации производственного цикла.					
Задачи дисциплины	основные задачи курса «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть сформулированы следующим образом: -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 аппаратов химической технологии; - сбор и анализ исходных данных для проектирования технологических установок; -производственный контроль параметров механических, гидравлических, тепловых и диффузионных процессов; -эффективное использование оборудования для осуществления основных процессов химической технологии; -анализ состояния и динамики показателей качества работы аппаратов для проведения механических, гидравлических, тепло- и массообменных процессов; -разработка методических и нормативных документов, технической документации, предложений и мероприятий, связанных с эксплуатацией аппаратов для проведения механических, гидравлических, тепловых и диффузионных процессов; -выполнение работ по проектированию современных процессов и аппаратов химической технологии.					
Основные разделы дисциплины	- Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины. - Гидромеханические процессы и аппараты. - Тепловые процессы и аппараты. - Теоретические основы массообменных процессов - Массообменные процессы и аппараты.					
Общая трудоемкость дисциплины	13 з.е. / 468 академических часов					
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование	Промеж. уточная аттестация, ч
						Всего за семестр, ч

	5 семестр	34	34	17	-	95	0 Итог. оценка	180
	6 семестр	34	34	17	-	59	36 Экз.	180
	7 семестр	-	16	-	КП	92	0 зачет	108
ИТОГО:		68	84	34	КП	246	36	468

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «*Процессы и аппараты химической технологии*» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
5 семестр			
ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности	З-1(ОПК-1-5) Знать основные законы переноса теплоты и массы вещества;	У-1(ОПК-1-5) Уметь производить расчеты материальных и тепловых балансов	Н-1(ОПК-1-5) Владеть навыками расчета и определения материальных и энергетических затрат на проведение процессов;
	З-2(ОПК-1-5) Знать теорию гидромеханических и тепло-массообменных процессов;	У-2(ОПК-1-5) Уметь рассчитывать направление, движущую силу и скорость гидромеханических и тепловых и массообменных процессов	Н-2(ОПК-1-5) Владеть навыками определения оптимальных параметров процессов
ПК-1	З-2(ПК-1-2)	У-2(ПК-1-2)–	Н-2(ПК-1-2) –

Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	-Единую терминологию и определения, используемые в химических отраслях. Основные процессы, используемые в химической промышленности. Устройство основных массообменных аппаратов и их принцип работы для обеспечения технологического процесса.	Выбирать оборудование для эффективного обеспечения технологических процессов в химической отрасли производства	Навыками проводить расчеты необходимые для определения режимных параметров работы оборудования. Навыками подбора оборудования в зависимости от технологического процесса.
	З-2(ПК-1-2) - основные характеристики химических процессов; аппаратуру и технические средства для осуществления химико-технологического процесса.	У-2(ПК-1-2)- Осуществлять выбор оборудования и технических средств для обеспечения технологических процессов в химических отраслях производства	Н2(ПК-1-2) – Обладать навыками проведения технологического процесса на основании измерительных данных технических средств
ПК-4 обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-1(ПК-4-2) - принципиальное устройство аппаратов гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;	У-1(ПК-4-2) - выбирать технологические средства и технологии применительно к гидромеханическим и тепло-массообменным процессам;	Н-1(ПК-4-2) - практическими навыками разработки технологических процессов и выборе аппаратурного оформления для их проведения
	З-2(ПК-4-2) - методы расчета типовых процессов и аппаратов.	У-2(ПК-4-2) - выполнять расчеты основных процессов и аппаратов; - применять на практике методы расчета основных процессов; - выполнить типовой проект тепло-массообменного аппарата.	Н-2(ПК-4-2) - владеть практическими навыками принятия решений по организации техпроцесса и его обеспечение соответствующим оборудованием
6 семестр			

ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности	З-1(ОПК-1-6) Знать основные законы переноса теплоты и массы вещества;	У-1(ОПК-1-6) Уметь производить расчеты материальных и тепловых балансов	Н-1(ОПК-1-6) Владеть навыками расчета и определения материальных и энергетических затрат на проведение процессов;
	З-2(ОПК-1-6) Знать теорию гидромеханических и тепло-массообменных процессов;	У-2(ОПК-1-6) Уметь рассчитывать направление, движущую силу и скорость гидромеханических и тепловых и массообменных процессов	Н-2(ОПК-1-6) Владеть навыками определения оптимальных параметров процессов
ПК-1 Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и	З-2(ПК-1-3) -Единую терминологию и определения, используемые в химических отраслях. Основные процессы, используемые в химической промышленности. Устройство основных массообменных аппаратов и их принцип работы для обеспечения технологического процесса.	У-2(ПК-1-3) – Выбирать оборудование для эффективного обеспечения технологических процессов в химической отрасли производства	Н-2(ПК-1-3) – Навыками проводить расчеты необходимые для определения режимных параметров работы оборудования. Навыками подбора оборудования в зависимости от технологического процесса.

продукции	З-2(ПК-1-3) - основные характеристики химических процессов; аппаратуру и технические средства для осуществления химико-технологического процесса.	У-2(ПК-1-3)- Осуществлять выбор оборудования и технических средств для обеспечения технологических процессов в химических отраслях производства	Н2(ПК-1-3) – Обладать навыками проведения технологического процесса на основании измерительных данных технических средств
ПК-4 способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-1(ПК-4-3) - принципиальное устройство аппаратов гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;	У-1(ПК-4-3) - выбирать технологические средства и технологии применительно к гидромеханическим и тепло-массообменным процессам;	Н-1(ПК-4-3) - практическими навыками разработки технологических процессов и выборе аппаратурного оформления для их проведения
	З-2(ПК-4-3) - методы расчета типовых процессов и аппаратов.	У-2(ПК-4-3) - выполнять расчеты основных процессов и аппаратов; - применять на практике методы расчета основных процессов; - выполнить типовой проект тепломассообменного аппарата.	Н-2(ПК-4-3) - владеть практическими навыками принятия решений по организации техпроцесса и его обеспечение соответствующим оборудованием
7 семестр			
ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности	З-1(ОПК-1-7) Знать основные законы переноса теплоты и массы вещества;	У-1(ОПК-1-7) Уметь производить расчеты материальных и тепловых балансов	Н-1(ОПК-1-7) Владеть навыками расчета и определения материальных и энергетических затрат на проведение процессов;

	З-2(ОПК-1-7) Знать теорию гидромеханических и тепло-массообменных процессов;	У-2(ОПК-1-7) Уметь рассчитывать направление, движущую силу и скорость гидромеханических и тепловых и массообменных процессов	Н-2(ОПК-1-7) Владеть навыками определения оптимальных параметров процессов
ПК-4 обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов: выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-1(ПК-4-5) - принципиальное устройство аппаратов гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;	У-1(ПК-4-5) - выбирать технологические средства и технологии применительно к гидромеханическим и тепло-массообменным процессам;	Н-1(ПК-4-5) - практическими навыками разработки технологических процессов и выборе аппаратного оформления для их проведения
	З-2(ПК-4-5) - методы расчета типовых процессов и аппаратов.	У-2(ПК-4-5) - выполнять расчеты основных процессов и аппаратов; - применять на практике методы расчета основных процессов; - выполнить типовой проект тепломассо-обменного аппарата.	Н-2(ПК-4-5) - владеть практическими навыками принятия решений по организации техпроцесса и его обеспечение соответствующим оборудованием

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» изучается на 3,4 курсах в 5,6,7 семестрах.

Дисциплина является базовой дисциплиной, входит в состав блока Б1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенций **ОПК-1**,

ПК-1, ПК-4 в процессе изучения дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Математика», «Информатика», «Физика», «Механика», «Прикладное программное обеспечение», «Экология».

Входной контроль не проводится.

4 Объем дисциплины (модуля) 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 (объем) дисциплины составляет 13 зачетных единиц, 468 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	468
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	204
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	68
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	118
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза.	246
Промежуточная аттестация обучающихся	36

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

(разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Раздел 1 Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины.					
Тема 1.1 Предмет и задачи курса. Гидростатика. Гидродинамика. Классификация основных процессов. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы. Движущая сила, скорость и интенсивность процесса. Понятие вязкости жидкости, мгновенной и средней скорости, расхода жидкости. Уравнение расхода и неразрывности потока. Характеристика режимов движения жидкостей. Критерий Рейнольдса и его физический смысл. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах.	Лекция	12	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-1	3-1(ОПК-1-5) 3-2(ОПК-1-5) 31(ПК-1-2)
Тема 1.2 Основы теории подобия. Гидравлические машины Теоремы подобия. Основные критерии гидродинамического подобия и их физический смысл. Гидравлические машины для перемещения жидкостей, сжатия и перемещения газов. Насосы. Основные параметры насосов. Работа на сеть. Конструкции	Лекция	8	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-1	3-1(ОПК-1-5), 3-2(ОПК-1-5), 3-1(ПК-1-2)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовое мощность (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
насосов. Компрессорные машины. Устройство вентиляторов и компрессоров. Параллельное и последовательное соединение гидромашин.					
Тема: Изучение режимов движения жидкости в трубе круглого сечения. Опытная проверка уравнения Бернулли. Определение потерь давления на трение при течении жидкости по трубам. Определение потерь напора в местных сопротивлениях. Измерение вязкости жидкости на вискозиметре Энглера Истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке	Лабораторная работа	11	Традиционная	ОПК-1 ПК-1	У-1(ОПК-1-5) У-2(ОПК-1-5)), У-1(ПК-1-2)
Тема: Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины. Решение задач по гидростатике. Задачи по гидродинамике. Движение жидкости по трубопроводу. Насосы, вентиляторы,	Практическое занятие	22	Традиционная	ОПК-1 ПК-1	Н-1(ОПК-1-5), Н-2(ОПК-1-5)), Н-1(ПК-1-2),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовое время (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
компрессора: производительность, мощность, работа на сеть.					
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов (СРС) изучение теоретических разделов дисциплины	18	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ОПК-1 ПК-1	З-1(ОПК-1-5) З-2(ОПК-1-5) З1(ПК-1-2)
	СРС подготовка к лабораторным и практическим занятиям	37	Подготовка отчетов по лабораторным работам, решение задач	ОПК-1 ПК-1	Н-1(ОПК-1-5), Н-2(ОПК-1-5)), Н-1(ПК-1-2), У-1(ОПК-1-5) У-2(ОПК-1-5)), У-1(ПК-1-2)
	СРС выполнение РГР	10	Выполнение индивидуальных заданий РГР	ОПК-1 ПК-1	У-2(ОПК-1-5) Н-2(ОПК-1-5) Н-1(ПК-1-5)
ИТОГО по разделу 1	Лекции	20	-	-	-
	Лабораторные	11	-	-	-
	Практические занятия	22	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	65	-	-	-
Раздел 2 Гидромеханические процессы и аппараты					
Тема: Разделение неоднородных систем. Понятие неоднородной системы. Физические основы разделения неоднородных систем под действием силы тяжести и центробежных сил. . Скорость осаждения Материальный баланс процесса разделения. Конструкции отстойников, циклонов, центрифуг и сепараторов. Физические основы	Лекция	8	Традиционная	ПК-1 ПК-4	З1(ПК-1-2) З1(ПК-4-2)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
фильтрация жидких неоднородных смесей. Движущая сила фильтрации. Конструкции фильтров. Очистка газов. Физические основы электроосаждения. Расчет скорости электроосаждения. Конструкции электрофильтров.					
Тема: Псевдоожижение и пневмотранспорт Движение жидкостей через неподвижные зернистые слои. Характеристики зернистого слоя. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Расчет скоростей псевдоожижения, витания и уноса. Однородное и неоднородное псевдоожижение. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов.		3	Традиционная	ПК-1 ПК-4	З1(ПК-1-2) З1(ПК-4-2)
Тема: Перемешивание в жидких средах. Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Гидродинамические структуры потоков в аппаратах с механическим перемешиванием. Пневматическое, циркуляционное и другие виды перемешивания.		3	Традиционная	ПК-1 ПК-4	З1(ПК-1-2) З1(ПК-4-2)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема: Изучение осаждения металлических шарообразных частиц в жидких средах различной вязкости. Определение скорости осаждения при консолидированном осаждении. Фильтрация при постоянном давлении.	Лабораторная работа	6	Традиционная	ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н2(ПК-1-2)
Гидромеханические процессы и аппараты. Расчет процесса фильтрации. Расчет и подбор циклона. Расчет процесса центрифугирования. Расчет процесса псевдоожижения. Расчет процесса механического перемешивания.	Практическое занятие	12	Традиционная	ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н1(ПК-1-2) Н2(ПК-1-2)
	СРС изучение теоретических разделов дисциплины	8	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ПК-1 ПК-4	З1(ПК-1-2) З1(ПК-4-2)
	СРС подготовка к лабораторным и практическим занятиям	22	Подготовка отчетов по лабораторным работам, решение задач	ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н1(ПК-1-2) Н2(ПК-1-2)
Текущий контроль по разделу 2	Контрольная работа	2			

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовая емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
ИТОГО по разделу 2	Лекции	14	-	-	-
	Лабораторные работы	6	-	-	-
	Практические занятия	12	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	30	-	-	-
Промежуточная аттестация по дисциплине – итоговая оценка		-			
ИТОГО по дисциплине (5 семестр)	Лекции	34	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	95	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины (5 семестр) 180 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 4 часа.					
Раздел 3 Тепловые процессы и аппараты					
Тема: Физические основы тепловых процессов. Теплопроводность. Температурное поле. Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Конвективный перенос тепла. Критерии теплового подобия и теплоотдача. Теплопередача. Способы подвода и отвода тепла в промышленных аппаратах. Конструкции теплообменных аппаратов и их расчет.	Лекции	12	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-4	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-4-3), 3-2(ПК-4-3)
Тема: Выпаривание Назначение и технические методы		6	Традиционная	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-4-3), 3-2(ПК-4-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовое мкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компет енции	Знания, умения, навыки
выпаривания. Материальный и тепловой балансы однокорпусной выпарной установки.. Расход греющего пара. Общая и полезная разность температур. Многокорпусные выпарные установки.. Оптимальное число корпусов. Температурные депрессии. Распределение полезной разности температур по корпусам. Расчет многокорпусных установок. Конструкции выпарных аппаратов.					
Тема: Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом регулярного режима Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха внутри трубы. Исследование комбинированного теплообмена. Исследование теплообмена при вынужденном течении жидкости в трубах.	Лабораторная работа	10	Традиционная	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема: Тепловой баланс Подсчет расхода теплоты. Передача теплоты излучением и теплопроводностью. Теплоотдача при ламинарном и вынужденном движении. Теплоотдача при кипении жидкостей и конденсации паров Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Средняя разность температур. Расчет теплообменников. Потери теплоты в окружающую среду.	Практическое занятие	28	Традиционная	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)
Тема: Выпаривание. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата. Тепловой расчет одиночного выпарного аппарата. Барометрический конденсатор	Практическое занятие	6	Традиционная	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов (СРС) изучение теоретических разделов	9	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-1-3), 3-2(ПК-4-3),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовая нагрузка (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	дисциплины				
	СРС подготовка к лабораторным и практическим занятиям	24	Подготовка отчетов по лабораторным работам, решение задач	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)
	СРС выполнение РГР	8	Выполнение индивидуальных заданий РГР	ОПК-1 ПК-1 ПК-4	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)
Текущий контроль по разделу 3	Контрольная работа	2			
ИТОГО по разделу 3	Лекции	18	-	-	-
	Лабораторные работы	10	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	41	-	-	-
Раздел 4 Теоретические основы массообменных процессов					
Тема Основы теории массопередачи Законы фазового равновесия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Направление процессов массопереноса, их обратимость. Механизмы переноса массы. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи и их выражения. Средняя движущая сила процессов массопередачи. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней	Лекция	16	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-4	З-1(ОПК-1-6), З-2(ОПК-1-6), З-1(ПК-4-3), З-2(ПК-4-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовая емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
движущей силы массопередачи. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Дифференциальное уравнение переноса массы в потоке. Конвективная диффузия. Диффузионный пограничный слой. Теоретические модели переноса массы. Получение обобщенных переменных - критериев диффузионного подобия. Физический смысл критериев. Обобщенное уравнение массоотдачи. Общие методы интенсификации процесса массопередачи.					
Тема: Перегонка с водяным паром. Выполнение лабораторной работы по изучению процесса перегонки водяным паром бинарной смеси. Определение гидравлического сопротивления тарелок колонных аппаратов. Определение гидравлического сопротивления различных типов тарелок колонного массообменного аппарата. Разгонка нефтепродуктов. Разделение нефтепродуктов на фракции на установке АРН-2, с построением кривой ИТК. Изучение конструкции и работы установки АРН-2. Изучение конструкции принципа работы установ-	Лабораторная работа	7	Традиционная	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-6) У1(ОПК-1-6) Н1(ПК-4-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовая нагрузка (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
ки АРН-2 для фракционного разделения нефтепродуктов.					
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов (СРС) изучение теоретических разделов дисциплины	12	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ОПК-1 ПК-4	З-1(ОПК-1-6), З-2(ОПК-1-6), З-1(ПК-4-3), З-2(ПК-4-3)
	СРС подготовка к лабораторным работам	6	Подготовка отчетов по лабораторным работам	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-6) У1(ОПК-1-6) Н1(ПК-4-3)
ИТОГО по разделу 4	Лекции	16	-	-	-
	Лабораторные работы	7	-	-	-
	Практические занятия	-	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	18	-	-	-
Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен		36			
ИТОГО по дисциплине (6 семестр)	Лекции	34	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	59	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 180 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 4 часов					
Раздел 5 Массообменные процессы и аппараты					
Тема: Абсорбция. Характеристика процесса. Степень поглощения. Выбор абсорбера. Материальный баланс абсорбера; уравнение	Практическое занятие	6	Традиционная	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовое мощность (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
рабочей линии. Расход абсорбента. Влияние температуры и давления на расход абсорбента. Экономически оптимальный расход поглотителя. Методы десорбции. Общая схема абсорбционной и десорбционной установки непрерывного действия. Конструктивные типы абсорберов и их расчет.					
Тема: Перегонка и ректификация Простая перегонка. Материальный баланс. Фракционированная перегонка. Перегонка под вакуумом. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром. Ректификация. Физические основы ректификационных процессов. Схемы установок для непрерывной и периодической ректификации.	Практическое занятие	8	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)
Тема: Адсорбция. Характеристика процесса. Промышленные адсорбенты и их основные свойства. Тепловой эффект процесса адсорбции. Статическая активность сорбентов. Изотермы адсорбции. Скорость процесса	Практическое занятие	4	Традиционная	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудовое мощность (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
адсорбции. Динамическая активность сорбента. Время защитного действия слоя. Методы десорбции					
Тема: Экстрагирование. Общая характеристика процесса. Экстрагирование из растворов. Технологические схемы процесса экстракции. Противоточное экстрагирование. Материальный баланс. Графический расчет процесса противоточной экстракции с использованием треугольной диаграммы. Экстрагирование из твердых тел. Выщелачивание. Классификация и типовые конструкции экстракционных аппаратов.-	Практическое занятие	6	Традиционная	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)
Тема: Сушка. Физические основы сушки. Свойства влажного воздуха, основные параметры I-X диаграммы. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика, движущая сила и механизм сушки. Изображение процессов сушки на I-x диаграмме, определение необходимого количества воздуха и теплоты.	Практическое занятие	4	Традиционная	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема: Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз. Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз. Ионный обмен, кристаллизация, мембранные процессы. Общая характеристика процессов, конструкции аппаратов и области применения.	Практическое занятие	6	Традиционная; интерактивная (презентация) – 2 часа.	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)
Самостоятельная работа	СРС подготовка к практическим занятиям	38	Решение задач	ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)
	СРС Выполнение курсового проекта	36		ОПК-1 ПК-4	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)
Текущий контроль по разделу 5					
ИТОГО по разделу 5	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	38	-	-	-
Курсовое проектирование		36	-	-	-
Промежуточная аттестация по дисциплине - зачет		-			
ИТОГО по дисциплине (7 семестр)	Практические занятия	16	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	92	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины (7 семестр) 108 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 4 часов.					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
ИТОГО по дисциплине	Лекции	68			
	Лабораторная работа	34			
	Практические занятия	84	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	246	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 468 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 12 часов.					

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Процессы и аппараты химической технологии», состоит из следующих компонентов: подготовка к практическим занятиям; изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка, оформление и защита расчётно-графического задания, оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение курсового проекта.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы обучающимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. – 416 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский.- М.: Химия, 1992. – 384 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Под ред. Ю. И. Дытнерского.-М.: Химия, 1991.- 496 с.
4. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., - М.: Химия, 1973. – 789 с.
5. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).
6. Экспериментальная проверка основного закона гидростатики: методические указания к лабораторной работе / сост.: О.А. Красильникова,

- Н.С. Гуменюк, Н.С. Ломакина, О.В. Третьякова. Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2011.-9 с.
7. Определение местной потери напора в случае резкого расширения трубопровода / сост.: А.В. Космынин, А.Д. Бурменский, О.А. Красильникова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005.-8с.
8. Определение потерь напора на трение / сост.: А.В. Космынин, А.Д. Бурменский, О.А. Красильникова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005.- 8 с.
9. Измерение вязкости жидкости на вискозиметре Энглера / сост.: О.А. Красильникова, Н.С. Гуменюк, Н.С. Ломакина, О.В. Третьякова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2011.-11 с.
10. Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе / сост.: О.А. Красильникова, Н.С. Гуменюк, Н.С. Ломакина, О.В. Третьякова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2011. -9 с.
11. Опытная проверка уравнения Бернулли / сост.: А.В. Космынин, И.В. Каменских, М.П. Шадрин, Н.А. Иванова. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУВПО «КНАГТУ», 2015.- 9 с.
12. Виноградов, В.С. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах /В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2012.-333 с.
- Методические указания к лабораторным работам на кафедре.
13. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение размеров отстойника при консолидированном осаждении суспензий. Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2004. 16с.
14. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение скорости осаждения. . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2004. 14с.
15. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Фильтрация при постоянном давлении . . Метод. указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2005. 12с.
16. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Перегонка с водяным паром. Метод. указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2005. 10с.
17. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Изучение конструкции и работы установки АРН-2. Метод. указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2006. 18с.
18. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Определение фракционного состава нефтепродуктов разгонкой с ректификацией. . Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КНАГТУ, 2006. 15с.
19. Щетинин В.С., Кулик А.А. Основные массообменные процессы: Абсорбция, экстрагирование. Учеб. пособие / КНАГТУ. Комсомольск-на-Амуре. 2007. 86 с.

20. Щетинин В.С. Абсорбция, экстрагирование. Расчет, примеры, задачи. Учебное пособие. Под ред. - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2013-67с.
21. Щетинин В.С., Ступин А.В., Иванова Н.А. Расчет гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Учебное пособие. Под ред. - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2011. 67с.
22. Справочник химика, 1-6 том. Изд-во «Химия», Москва, Ленинград, 1966 г.
23. Правила оформления студенческих текстовых и конструкторских работ изложены :

РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» (https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_013-2016_izm.1.pdf);

РД 014-2011 «Конструкторская документация. Правила оформления» (https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_014-2011_izm.2.pdf).

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 1 - 2 часа ежедневно (3-6 часов в неделю). Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Органи-

зация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Таблица 4.1 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 5 семестре

Вид самостоятельной работы	Итого по видам работ																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Изучение теоретических разделов дисциплины	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	26
Подготовка к лабораторным работам	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	25
Подготовка к практическим занятиям	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
Подготовка, оформление и защита РГР		1		1		1		1		1		1	1	1	1	1		10
ИТОГО в 5 семестре	5	6	5	6	5	6	4	5	5	6	5	6	6	6	6	6	5	95

Таблица 4.2 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 6 семестре

Вид самостоятельной работы	Итого по видам работ																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Изучение теоретических разделов дисциплины	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	21
Подготовка к лабораторным работам		1		2		1		2		1		2		1		2	1	13
Подготовка к практическим занятиям	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Подготовка, оформление и защита РГР			1		1		1		1		1		1		1		1	8
ИТОГО в 6 семестре	2	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	59

Таблица 4.3 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 7 семестре

Вид самостоятельной работы	Итого по видам работ																Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Подготовка к практическим занятиям	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48
Подготовка, оформление и защита КП	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	44
ИТОГО в 7 семестре	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	92

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Предмет и задачи курса. Гидростатика. Гидродинамика.	3-1(ОПК-1-5), 3-2(ОПК-1-5)), 31(ПК-1-2)	Конспект лекций	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
		Собеседование	- глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	Н-1(ОПК-1-5), Н-2(ОПК-1-5)), Н-1(ПК-1-2)	Практические занятия: физические свойства жидкости; гидростатика, гидродинамика	способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно- следственных связей, выявление закономерности.
	У-1(ОПК-1-5) У-2(ОПК-1-5)), У-1(ПК-1-2)	Лабораторные работы: Изучение режимов движения жидкости в трубе круглого сечения. Опытная проверка уравнения Бернулли.	-соответствие оформления отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; -способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных

		Измерение вязкости жидкости на вискозиметре Энглера Истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке	данных; -степень точности ответов на контрольные вопросы, -установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей
	Н-1(ОПК-1-5), Н-1(ПК-1-2)	Контрольная работа	-соответствие предполагаемым ответам; -правильное использование алгоритма выполнения решения; -логика рассуждений; -неординарность подхода к решению задач.
Основы теории подобия. Гидравлические машины	3-1(ОПК-1-5), 3-2(ОПК-1-5), 3-1(ПК-4-2), 3-2(ПК-4-2),	Конспект лекций	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
		Собеседование	- глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; -рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; -степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; -умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	Н-1(ОПК-1-5), Н-2(ОПК-1-5), Н-1(ПК-4-2), Н-2(ПК-4-2),	Практические занятия: критериальные уравнения и критерии подобия; насосы, вентиляторы, компрессоры; основные параметры, работа на сеть.	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.

	У-1(ОПК-1-5), У-2(ОПК-1-5), У-1(ПК-4-2), У-2(ПК-4-2),	Лабораторные работы: Определение потерь давления на трение при течении жидкости по трубам. Определение потерь напора в местных сопротивлениях.	-соответствие оформления отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; -способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; -степень точности ответов на контрольные вопросы, -установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей
Разделение неоднородных систем	31(ПК-1-2) 31(ПК-4-2)	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н1(ПК-1-2) Н2(ПК-1-2)	Разноуровневые задачи по темам; фильтрование, осаждение, центрифугирование	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н2(ПК-1-2)	Защита лабораторных работ Изучение осаждения металлических шарообразных частиц в жидких средах различной вязкости. Определение скорости осаждения при консолидированном осаждении. Фильтрование при постоянном давлении	-соответствие оформления отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; -способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; -степень точности ответов на контрольные вопросы, -установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей
Псевдооживление и пневмотранспорт	31(ПК-1-2) 31(ПК-4-2)	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения

			материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	У2(ПК-1-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-1-5) Н2(ПК-1-5)	Разноуровневые задачи	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Перемешивание в жидких средах	31(ПК-1-2) 31(ПК-4-2)	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	У2(ПК-1-2) У1(ПК-4-2) Н1(ПК-1-2) Н2(ПК-1-2)	Разноуровневые задачи	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
6 семестр			
Физические основы тепловых процессов	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-4-3), 3-2(ПК-4-3)	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).

	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)	Разноуровневые задачи	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)	Защита лабораторных работ	-соответствие оформления отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; -способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; -степень точности ответов на контрольные вопросы, -установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей
	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н2(ПК-1-3)	РГР	- понимание методики и умение ее правильно применить; - качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ); - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений.
Выпаривание	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-4-3), 3-2(ПК-4-3),	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	У2(ПК-1-3) У1(ПК-4-3) Н1(ОПК-1-6) Н2(ПК-1-3)	Разноуровневые задачи	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности

Основы теории массопередачи	3-1(ОПК-1-6), 3-2(ОПК-1-6), 3-1(ПК-4-3), 3-2(ПК-4-3)	Конспект лекций.	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	У2(ОПК-1-6) У1(ОПК-1-6) Н1(ПК-4-3)	Защита лабораторных работ: Перегонка с водяным паром. Определение гидравлического сопротивления тарелок колонных аппаратов. Разгонка нефте-продуктов	-соответствие оформления отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; -способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; -степень точности ответов на контрольные вопросы, -установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей
Разделы 3-4	31(ОПК-1-6) 32(ОПК-1-6) 31(ПК-1-3) 31(ПК-4-3) 32(ПК-4-3)	Экзамен	-правильное понимание поставленных вопросов; -полнота/ глубина изложения материала;
7 семестр			
Абсорбция	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	Практические занятия: решение задач	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Перегонка и ректификация	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	Практические занятия: решение задач	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Адсорбция	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5)	Практические занятия: решение	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать

	У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	задач	новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Экстрагирование	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	Практические занятия: решение задач	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Сушка	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	Практические занятия: решение задач	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз.	У2(ОПК-1-7) У2(ПК-4-5) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-4-5)	Практические занятия: решение задач	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности
Абсорбция, ректификация	У2(ПК-1-7) У1(ПК-4-5) Н1(ПК-1-4) Н1(ПК4-5)	Курсовой проект	понимание методики и умение ее правильно применить; - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разьяснения; качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ; - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации).

Промежуточная аттестация проводится в форме итоговой оценки – 5 семестр, экзамена - 6 семестр, зачета – 7 семестр.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме итоговой оценки</i>				
1	Конспект лекций	В течение семестра	15 баллов	15 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлены графическая и текстовые части конспекта. 12 баллов – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 9 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции), небрежное оформление конспекта. 6 баллов – в конспекте отсутствует 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2х лекций.
	Теоретические вопросы (2 вопроса)	В течение семестра	50 баллов	50 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 40 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 30 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов - при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
2	Практические занятия № 1-17	В течение семестра	85 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.
3	Лабораторные работы №1-8	В течение семестра	40 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил лабораторную работу. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил лабораторную работу с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении лабораторной работы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.
4	Расчётно-графическая работа (РГР)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 25 баллов - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. 20 баллов - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей
5	Контрольная работа	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно выполнил все задачи. Показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач. 25 баллов - студент выполнил задачи с небольшими ошибками. Показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач.. 20 баллов - студент выполнил 2 задачи с некоторыми неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач.
Текущий контроль			250 баллов	
ИТОГО:		-	250	-
0 – 60 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущей аттестации по дисциплине); 61 – 75 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 76 – 90 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 91 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень).				
6 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
1	Конспект лекций	В течение семестра	15 баллов	15 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлены графическая и текстовые части конспекта. 12 баллов – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 9 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции), небрежное оформление конспекта. 6 баллов – в конспекте отсутствует 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2х лекций.
	Теоретические вопросы (2 вопроса)	В течение семестра	50 баллов	50 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 40 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 30 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов - при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний
2	Практические занятия № 1-17	В течение семестра	85 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3	Лабораторные работы №1-8	В течение семестра	40 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил лабораторную работу. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил лабораторную работу с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении лабораторной работы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.
4	Расчётно-графическая работа (РГР)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличное владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 25 баллов - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. 20 баллов - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.
5	Контрольная работа	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно выполнил все задачи. Показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач. 25 баллов - студент выполнил задачи с небольшими ошибками. Показал хорошее

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач.. 20 баллов - студент выполнил 2 задачи с некоторыми неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач.
Текущий контроль			250 баллов	
Экзамен:		Вопрос – оценивание уровня усвоенных знаний	200 баллов	200 баллов - Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 150 баллов - Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 100 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов
ИТОГО:		-	450 баллов	-
0 – 60 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 61 – 75 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 76 – 90 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 91 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				
7 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета</i>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
1	Практические занятия № 1-17	В течение семестра	85 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.
ИТОГО:		-	85 баллов	-
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: Пороговый (минимальный) уровень для аттестации в форме зачета – 75 % от максимально возможной суммы баллов				
7 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме курсового проекта</i>				
Критерии оценки результатов выполнения курсового проекта: - оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы; - оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы; - оценку «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы; - оценку «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.				

Задания для текущего контроля (5 семестр)

Задания для практических работ.

Совокупность задач практических занятий дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» сформулирована в следующем учебном пособии:

Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).

Примеры типовых практических задач представлены ниже:

Пример 1. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба – 97х3,5 мм, внутренняя – 57х3 мм, расход воды 6,6 м³/ч, температура воды 30°C.

Пример 2. 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°C.. Определить потерю давления на трение.

Пример 3. Определить расстояние между полками пылесадительной камеры, чтобы в ней успевали осаждаться частицы колчеданной пыли диаметром более 15 мкм из потока печного газа расход которого составляет 0,60 м³/с (при н.у.) температура 427 °C , вязкость 0,034 Па·с и плотность 0,50 кг/м³. Плотность колчедана 4000 кг/м³. Размеры рабочего объёма камеры: длина 4,1 м, ширина 2,8 м и общая высота 4,2 м.

Пример 4. Рассчитать необходимую скорость восходящего потока воздуха, слоя сепарирования частиц диаметром менее 1.0 мм от более крупных. Температура воздуха 20°C; плотность частиц 3230 кг/м³.

Пример 5. Определить время промывки осадка 4.0 л/м² промывной жидкости при следующих значениях полученных опытным путем констант процесса: $K = 2.62 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ и $C = 1.64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$. В момент окончания предыдущего процесса фильтрования было собрано 15.5 л фильтрата с одного квадратного метра фильтрующей перегородки; свойства промывной жидкости и условия промывки идентичны свойствам фильтрата с условиям фильтрования.

Пример 6. Пренебрегая трением вала в подшипниках и трением барабана о воздух, определить время разгона барабана центрифуги, в который загружено 300 кг суспензии. Внутренний диаметр и высота барабана 1,0 м и 0.78 м, его масса 200 кг. Рабочая частота вращения барабана 800 мин⁻¹. Мощность электродвигателя 6,0 кВт; общий КПД 0,8. Коэффициент заполнения барабана суспензией 0,50.

Пример 7. Определить необходимое число центрифуг периодического действия с размером барабана $D = 1,2$ м и $H = 0,5$ м для фильтрования 50 т/сут суспензии с относительной плотностью жидкой фазы 1,1. Продолжительность одной операции 25 мин. Число рабочих часов в сутках принять равным 20. Коэффициент заполнения барабана 0,5.

Комплект заданий для контрольной работы

Контрольная работа посвящена расчету параметров и характеристик процессов и аппаратов применительно к разделам «Гидравлика и гидравлические машины» и «Гидромеханические процессы и аппараты»:

Пример контрольной работы № 1

1. Одноступенчатый одноцилиндровый компрессор двойного действия имеет внутренний диаметр цилиндра $D = 500$ мм, ход поршня $S = 500$ мм, число оборотов вала компрессора $n = 165$ об/мин. Величина вредного пространства $\varepsilon = 0,04$. Воздух сжимается от абсолютного давления $p_1 = 1$ ат. до давления $p_2 = 4$ ат., температура засасываемого воздуха $T_1 = 120$ К. Определить производительность компрессора и потребляемую им мощность, если адиабатический к.п.д. компрессора $\eta_{ад} = 0,8$, механический к.п.д. $\eta_{мех} = 0,9$. Показатель политропы $m = 1,2$. Расчеты провести аналитически и графически (с помощью $T-S$ -диаграммы).

2. Насос подает 19500 кг/ч 98% серной кислоты (плотностью $\rho = 1830$ кг/м³, вязкость $\mu = 35$ мПа·с) со скоростью $w = 1,5$ м/с в реактор, избыточное давление в котором составляет 0,7 кгс/см². На всасывающей линии насоса имеется один вентиль, на нагнетательной - два колена под углом 90° и вентиль. Длина всасывающего трубопровода $L_1 = 2$ м, длина нагнетательного трубопровода $L_2 = 20$ м. Высота подъема жидкости $H = 7$ м. Определить суммарную потерю давления во всасывающем и нагнетательном трубопроводах, работу потребляемую насосом в течение 1 часа и мощность насоса. Коэффициент шероховатости считать равным 1 мм.

3. Задача 2.18 (К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: «Химия», 1987).

Пример контрольной работы № 2

1. Отстойная горизонтальная автоматическая центрифуга АОГ – 1800 должна работать на водной суспензии мела. Определить производительность центрифуги по питанию, если температура суспензии 40°C . Размер наименьших частиц мела 2 мкм. Техническая характеристика центрифуги: диаметр барабана 1800 мм, длина барабана 700 мм, диаметр борта 1300 мм, частота вращения $n = 735$ об/мин; к.п.д. принять равным 0,45.

2. Определить скорость воздуха, необходимую для начала образования взвешенного слоя частиц гранулированного алюмосиликагеля при следующих условиях: температура воздуха 100°C ; плотность алюмосиликагеля (кажущаяся) $\rho = 968$ кг/м³; диаметр частиц 1,2 мм. Каково будет гидравлическое сопротивление, если высота неподвижного слоя 400 мм?

3. Каков должен быть диаметр пропеллерной мешалки для интенсивного перемешивания технического глицерина ($\rho = 1200$ кг/м³, $\mu = 1,6$ Па·с) в баке диаметром 1750 мм при $n = 500$ об/мин и расходе мощности 17 кВт?

РАСЧЕТНО ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА (РГР)

Самостоятельное решение задач по расчету параметров и характеристик процессов и аппаратов применительно к разделам «Гидравлика и гидравлические машины» и «Гидромеханические процессы и аппараты» (Варианты заданий выдаются преподавателем):

Примеры типовых РГР.

Вариант 1.

1.. Определить в СИ плотность диоксида азота при $p_{изб} = 5$ кгс/ см² и $t = 30^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Холодильник состоит из 19 труб диаметром 20x2 мм (рис.1). В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 57x3,5 мм. Скорость воды в трубопроводе 1,4 м/с. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника.

3. Определить скорость воздуха (при 600°C) в вертикальной трубе сушилке, обеспечивающую восходящее движение частиц плотностью 200 кг/м³ и диаметром 3 мм.

4. Какое количество влажного осадка будет собрано на фильтре в результате фильтрования 10 м³ суспензии относительного удельного веса 1,12, содержащей 20% (масс.) твердой фазы? Влажность осадка 25%.

Вариант 2

- 1.. Определить в СИ плотность диоксида углерода при вакууме 300 мм. рт. ст. и температуре $t = -30^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м³/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением $p_{изб} = 3 \text{ кгс/см}^2$ (~0,3 МПа). Азот входит в теплообменник при 120°C, выходит при 30°C. Определить скорость азота в трубах теплообменника на входе.
3. Задача №4. Какой должна быть скорость воздуха в вертикальной трубе пневматической сушилки, чтобы обеспечить перемещение кристаллов плотностью 2000 кг/м³ с наибольшим диаметром 3 мм? Температура воздуха 60 °C. Скорость воздуха должна быть на 25% больше скорости витания частиц.
4. Задача №4. Определить диаметр частиц свинцового блеска угловатой формы, осаждающихся со скоростью 0,25 м/с в воде при температуре 15 °C. Плотность свинцового блеска 7500 кг/м³

Вариант 3.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность воздуха при $p_{изб} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$ и $t = 65^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м³/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением $p_{изб} = 3 \text{ кгс/см}^2$ (~0,3 МПа). Азот входит в теплообменник при 120°C, выходит при 30°C. Определить скорость азота в трубах теплообменника на выходе.
3. С какой скоростью будут осаждаться шарообразные частицы кварца ($\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$) диаметром 10 мкм: а) в воде при 15 °C; б) в воздухе при 15 и 500 °C?
4. Задача №4. В результате фильтрования водной суспензии с содержанием 20% (масс.) твердой фазы собрано 15 м³ фильтрата. Влажность осадка 30%. Сколько получено осадка, считая на сухое вещество?

Вопросы для собеседования

1. Силы, действующие в жидкости.
2. Основное уравнение гидростатики.
3. Виды движения жидкостей.
4. Понятие о расходе и средней скорости.

5. Уравнение неразрывности.
6. Режимы движения жидкости.
7. Уравнение Бернулли для потока жидкости.
9. Подобие гидродинамических процессов.
10. Виды потерь энергии.
11. Потеря энергии на трение при ламинарном движении жидкости.
12. Формула Вейсбаха-Дарси. Коэффициент гидравлического трения λ .
13. Местные потери энергии при турбулентном режиме
14. Какие жидкости называются неньютоновскими (аномальными)?
15. Вследствие чего уменьшается вязкость капельных жидкостей при повышении температуры?
16. Какой вид имеет уравнение неразрывности для потока жидкости при стационарном движении?
17. Как изменится гидродинамическое давление в напорном трубопроводе при уменьшении скорости движения жидкости и постоянном расходе?
18. Какой режим движения наблюдается в пленочном слое жидкости, прилегающий к стенкам канала при общем турбулентном движении?
19. Вследствие чего происходит изменение температуры жидкости при переходе с турбулентного режима движения на ламинарный?
20. Как изменяется потеря энергии на трение жидкости при увеличении параметра шероховатости внутренней поверхности канала и ламинарном режиме?
21. Как изменяется потеря энергии на трение жидкости при турбулентном режиме (область квадратичного сопротивления) и увеличении параметра шероховатости внутренней поверхности канала?
22. Назовите виды потерь энергии.
23. Соотношение каких сил характеризует число Рейнольдса?
24. Осаждение- общие положения. Естественное осаждение. Скорость оседания. Конструкция горизонтального и вертикального отстойников.
25. Центробежное осаждение в неоднородных жидкостных системах. Фактор разделения.
26. Центробежное осаждение в неоднородных газовых системах. Фактор разделения.
27. Устройство и принцип работы циклонов. Технологический расчет циклонов.
28. Фильтрование. Устройство и работа фильтров. Основное уравнение фильтрования.
29. Определение режима периодического фильтрования.
30. Фильтрование в поле центробежных сил.
31. Гидравлическое сопротивление фильтра.
32. Перемешивание (цели, задачи, проблемы, способы).
33. Пневматическое и циркуляционное перемешивания.

34. Перемешивание лопастными мешалками.
35. Диспергирование жидкостей и газов.

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ приводятся в соответствующих методических указаниях. Ниже приводятся типовые вопросы для защиты некоторых лабораторных работ.

Лабораторная работа: «Экспериментальная проверка основного закона гидростатики»:

1. Какие силы действуют на жидкость?
2. Какие силы относятся к поверхностным и массовым?
3. В чем разница действия силы на движущуюся и покоящуюся жидкость?
4. Назовите свойства гидростатического давления.
5. Что определяет основное уравнение гидростатики?
6. В каких случаях ставится плюс или минус в основное уравнение гидростатики?

Лабораторная работа: «Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе»:

1. Назовите режимы движения жидкости.
2. От соотношения каких сил зависят режимы движения жидкости?
3. Что такое критическое число Рейнольдса?
4. Что такое нижняя и верхняя критические скорости потока?
5. Что является критерием для определения режима движения жидкости?

Лабораторная работа: «Измерение вязкости жидкости на вискозиметре Энглера»:

1. Что называется вязкостью?
2. В каких единицах измеряется вязкость?
3. Как изменяется вязкость жидкости и газа при изменении температуры и давления?
4. Как связаны между собой коэффициент динамической и кинематической вязкости?
5. Назовите способы измерения вязкости.
6. Назовите принципы работы приборов для измерения вязкости жидкости.

Лабораторная работа: «Определение потерь напора на трение»:

1. Вследствие чего образуются потери энергии на трение?
2. Перечислите области изменения коэффициента трения в зависимости от числа Рейнольдса.

3. Зависит ли значение коэффициента трения от шероховатости стенки канала при ламинарном режиме движения жидкости?
4. Назовите области изменения коэффициента трения в зависимости от числа Рейнольдса, в которых его значение зависит от шероховатости стенки канала.
5. Зависит ли значение коэффициента трения от шероховатости стенки канала при турбулентном режиме движения жидкости в области квадратичного сопротивления?

Лабораторная работа: «Определение местной потери напора в случае резкого расширения трубопровода»:

1. Какие потери энергии называют местными?
2. Перечислите некоторые типы местных сопротивлений.
3. Изобразите структуру потока при резком расширении канала.
4. Как выглядит формула Борда?
5. Как в основном определяют коэффициенты местных сопротивлений?
6. Какова зависимость изменения коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса?

Лабораторная работа: «Опытная проверка уравнения Бернулли»:

1. Как записывается уравнение Бернулли для потока реальной жидкости и какой его физический смысл?
2. Какой физический смысл имеют слагаемые уравнения Бернулли?
3. Что учитывает коэффициент Кориолиса?
4. Как определяется коэффициент гидравлического трения λ ?

Лабораторная работа: «Изучение осаждения металлических шарообразных частиц в жидких средах различной вязкости».

1. В каких процессах используется осаждение частиц?
2. Какие силы действуют на частицу, движущуюся в газообразной или жидкой среде?
3. От чего зависит сила сопротивления среды?
4. При каких условиях наблюдается ламинарный режим движения?
5. Приведите формулу закона Стокса.
6. При каких условиях наступает турбулизация движения?
7. Приведите формулу закона Ньютона.
8. Какие существуют режимы обтекания частицы средой?

Лабораторная работа: «Определение скорости осаждения при консолидированном осаждении».

1. Какие системы называются неоднородными системами?
2. Приведите примеры неоднородных систем.
3. Какие системы называются суспензиями?
4. Какие различают виды суспензий?
5. Дать определение осаждения.

6. Дать определение отстаивания.
7. Что представляет собой шлам (отстой)?
8. Дать определение слива.
9. Какие виды отстаивания Вы знаете?
10. Для каких целей используют процесс осветления?
11. Для каких целей используют процесс сгущения?
12. Какие виды отстойников Вы знаете?
13. Из каких элементов состоит отстойник с гребковым механизмом?
14. Какие типы отстойников применяются для интенсификации процесса отстаивания?
15. За счет чего можно интенсифицировать процесс отстаивания?
16. Что является внешним проявлением консолидированного осаждения суспензии?

Лабораторная работа: «Фильтрация при постоянном давлении».

1. От чего зависит скорость фильтрации?
2. От чего зависит движущая сила фильтрования?
3. Как обеспечить постоянную скорость фильтрования?
4. Как влияет объемная концентрация на скорость фильтрования?
5. Назовите типы фильтров и их принцип работы.
6. Назовите преимущества различных типов фильтров. __

Теоретические вопросы

1. Основные законы науки о процессах и аппаратах. Методы исследования процессов и аппаратов. Многообразие химико-технологических процессов. Основные закономерности протекания химико-технологических процессов
2. Предмет и задачи курса гидравлики. Методы применяемые при изучении гидравлики.
3. Основные физические свойства жидкости. Понятие о реальной и идеальной жидкостях. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
4. Силы действующие на жидкость.
5. Свойства гидростатического давления.
6. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
7. Основное уравнение гидростатики и примеры его практического применения.
8. Сила гидростатического давления на плоскую стенку.
9. Силы действующие на жидкость в цилиндрическом сосуде, равномерно вращающемся вокруг своей оси.
10. Стационарные и нестационарные потоки.
11. Кинематические характеристики движения.
12. Траектория, линия тока.

13. Дифференциальное уравнение неразрывности.
14. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
15. Уравнения Д. Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.
16. Примеры практического приложения уравнения Д. Бернулли.
17. Дифференциальные уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости (Навье-Стокса).
18. Понятие гидродинамического пограничного слоя.
19. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: турбулентный и ламинарный.
20. Ламинарный режим движения жидкости, его особенности.
21. Потери напора при ламинарном режиме движения жидкости.
22. Турбулентный режим движения жидкости. Турбулентные касательные напряжения.
23. Структура турбулентного потока.
24. Трубы гидравлически гладкие и гидравлически шероховатые. Вязкий подслои.
25. Понятие о местном сопротивлении.
26. Истечение жидкости из отверстий. Истечение жидкостей через насадки.
27. Гидравлический расчёт трубопроводов.
28. Гидравлические машины, их классификация.
29. Центробежные насосы. Принцип действия и устройство.
30. Уравнения центробежных машин Эйлера.
31. Законы пропорциональности.
32. Рабочие характеристики центробежных насосов.
33. Работа насоса на сеть. Рабочая точка насоса.
34. Явление кавитации. Предельная высота всасывания.
35. Регулирование работы центробежного насоса на сеть.
36. Поршневые насосы, принцип действия и устройство.
37. Принцип действия, классификация машин для сжатия и перемещения газов.
38. Роль гидромеханических процессов в химической технологии.
39. Классификация и характеристики неоднородных систем.
40. Классификация гидромеханических процессов.
41. Материальный баланс гидромеханических процессов.
42. Физическая сущность процесса отстаивания и его применение в химической технологии.
43. Скорость осаждения, ее определение.
44. Критериальное уравнение движения твёрдой частицы в вязкой несжимаемой жидкости. Стеснённое осаждение.
45. Типы отстойников. Схема расчёта отстойников.
46. Физическая сущность процесса фильтрования и его применение в химической технологии.

47. Физическая сущность процесса фильтрации и его применение в химической технологии.
48. Способы фильтрации. Фильтрация под действием перепада давлений.
49. Движущая сила, сопротивление и скорость процесса фильтрации.
50. Фильтрация при постоянном перепаде давлений и постоянной скорости.
51. Фильтровальная аппаратура (классификация и устройство).
52. Фильтры периодического и непрерывного действия.
53. Схема расчёта фильтрующих аппаратов.
54. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование.
55. Фильтрующие центрифуги. Фактор разделения.
56. Движение жидкостей через неподвижные зернистые слои.
57. Характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность слоя, удельная поверхность частицы, эквивалентный диаметр каналов.
58. Расчёт скоростей псевдоожижения, витания и уноса.
59. Физическая сущность процесса перемешивания, его применение в химической технологии.
60. Типы мешалок.
61. Интенсивность и эффективность перемешивания.
62. Схема расчёта мешалок.

Задания для текущего контроля (6 семестр)

Задания для практических работ.

Совокупность задач практических занятий дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» сформулирована в следующем учебном пособии:

Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).

Примеры типовых практических задач представлены ниже:

Задача 1. 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/м²К, средняя теплоемкость изопропилового спирта 2300 Дж/кг К.

Задача 2. Определить эквивалентную теплопроводность плоской стенки, состоящей из трех слоев изоляции: внутреннего [$\delta_1 = 10$ мм; $\lambda_1 = 0,28$ Вт/(м·К)], основного из диатомового кирпича [$\delta_2 = 60$ мм; $\lambda_2 = 0,14$ Вт/(м·К)] и наружного штукатурного [$\delta_3 = 5$ мм; $\lambda_3 = 1,16$ Вт/(м·К)].

Задача 3. Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника для охлаждения 1550 кг ч сероуглерода от температуры кипения под атмосферным давлением до 22°C. Охлаждающая вода нагревается от 24 до 35°C; $\alpha_{CS_2} = 230$ Вт/(м² К); $\alpha_{H_2O} = 820$ Вт/(м² К). Толщина стальной стенки 2мм, суммарное сопротивление загрязнений $\Sigma r_{загр.} = 6,9 \cdot 10^{-4}$ м² К/Вт. Определить также расход воды.

Задача 4. Сколько растворителя необходимо выпарить из 1800 кг/ч исходного раствора, чтобы массовая доля растворенного вещества изменилась: а) от 1 до 3%; б) от 20 до 60%.

Задача 5. Определить значение удельных расходов сухого насыщенного водяного пара при выпаривании воды (например с целью дистилляции) под атмосферным давлением и под разрежением 0,8 кгс/см². Абсолютное давление греющего пара 2,0 кгс/см². Вода поступает в кипятильник:

а) предварительно подогретой до температуры кипения; б) с температурой 15°C.

Задача 6. Определить расход греющего пара влажностью 4,5% и избыточном давлении 2 кгс/см² при выпаривании под атмосферным давлением 1,4 т/ч водного раствора от 9 до 32%. Температура исходного раствора 18 °С, упаренного раствора 105 °С. Потери теплоты в окружающую среду составляют 80 кВт.

Комплект заданий для контрольной работы

Контрольная работа №1

1. Определить коэффициент теплопередачи в спиральном теплообменнике по следующим данным: поверхность теплообмена 48 м²; в аппарате подогревается 85,5 т/ч воды от 77 до 95 °С; нагревание производится насыщенным паром при $p_{изб} = 23$ кПа.
2. При теплообмене двух турбулентных потоков ($Re > 10\,000$) у первого потока $\alpha_1 = 230$ Вт/(м²К), у второго $\alpha_2 = 400$ Вт/(м²К). Во сколько раз увеличится коэффициент теплопередачи, если скорость первого потока возрастет в 2 раза, а скорость второго – в 3 раза (при прочих

неизменных условиях)? Термическое сопротивление стенки не учитывать.

3. В теплообменнике типа «труба в трубе», состоящем из двух концентрических труб: внутренней диаметром 44,5х3,5 мм и наружной диаметром 89х5 мм, охлаждается от 70 до 30 °С толуол в количестве 1900 кг/ч. Толуол проходит по кольцевому пространству между наружной и внутренней трубой; по внутренней протекает охлаждающая вода, нагревающаяся от 14 до 21°С. Средняя температура поверхности загрязнения со стороны толуола 26°С, со стороны воды 20°С. Определить коэффициент теплопередачи. Учесть термические сопротивления загрязнений стенки со стороны толуола и со стороны воды (среднего качества).

Расчет сделать: а) без учета влияния $Pr/Pr_{ст}$; б) с учетом влияния $Pr/Pr_{ст}$.

РАСЧЕТНО - ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА (РГР)

Самостоятельное решение задач по расчету параметров и характеристик процессов и аппаратов применительно к разделам «Тепловые процессы и аппараты» (Варианты заданий выдаются преподавателем):

Определить количество передаваемой теплоты, расход теплоносителя 1 в трубном пространстве и поверхность теплообмена в противоточном кожухотрубчатом теплообменнике, в межтрубное пространство которого поступает теплоноситель 2 в заданном количестве. Подобрать теплообменник по ГОСТу и рассчитать коэффициент теплопередачи для выбранного теплообменника.

№ варианта	Трубное пространство			Межтрубное пространство				Коэфф. Теплопередачи К, Вт/(м ² К)
	1-й Теплоноситель	Тнач, °С	Ткон, °С	2-й Теплоноситель	Колич., кг/час	Тнач, °С	Ткон, °С	
1	Вода	25	40	Паровой конденс.	9300	150	60	600
2	Вода	25	40	Паровой конденс.	103000	45	40	500
3	Вода	25	40	Водяной пар	3000	120	120	620
4	Вода	25	40	Метанол	6790	100	100	530
5	Метанол	40	115	Вода	9231	144	60	580
6	Бутанол	117,7	117,7	Водяной	5000	190	190	2000

				пар				
7	Вода	80	90	Вода	268294	96	86	280
8	Вода	25	35	Вода	8509	80	40	280
9	Вода	25	38	Ацетон	30548	56	56	300
0	Вода	25	35	Толуол	10500	90	50	130

Контрольные вопросы для защиты расчётно-графической работы

Тема «Расчёт теплообменного аппарата»

1. Типы теплообменных аппаратов. Принцип действия рекуперативного ТА.
2. Способы передачи тепла через твёрдую стенку ТА. Уравнения, описывающие такой теплообмен.
3. Схемы движения рабочих жидкостей в ТА. Какая из схем является наиболее эффективной?
4. С помощью какого известного уравнения гидродинамики вычислялись скорости движения теплоносителей?
5. Какими критериями вы пользовались для классификации режима течения жидкостей в ТА и выбора формулы для вычисления числа Nu ?
6. Какие температуры и геометрические размеры выбирались в качестве определяющих при расчете чисел подобия Re , Gr , Pr , Nu ?
7. Перечислите основные факторы, влияющие на теплоотдачу при вынужденном движении жидкости.
8. Каким способом вычисляют температурный напор при теплопередаче? Как его величина влияет на интенсивность теплопередачи?
9. Что характеризует коэффициент теплопередачи? За счет каких факторов можно его повысить?
10. В каких случаях при расчете теплоотдачи учитывается число Грасгофа?
11. Что характеризует КПД ТА? Предложите меры по увеличению его КПД
12. Как вы определяли потери давления в трубах и корпусе своего ТА? Как величина сопротивления ТА зависит от скорости движения жидкости?
13. Как повлияет на теплопередачу накипь, образующаяся со временем в трубах ТА?

Контрольные теоретические вопросы для собеседования

1. Способы передачи тепла. Сложная теплоотдача.
2. Тепловая нагрузка, удельный тепловой поток. Методы составления теплового баланса.
3. Теплопроводность. Температурное поле и температурный градиент. Теплопроводность многослойной стенки.
4. Кожухотрубчатые теплообменники с неподвижной трубной решеткой. Одно- и многоходовые. Области применения.

5. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников с компенсацией температурных напряжений.
6. Теплообменники типа «труба в трубе». Устройство и принцип работы.
7. Типы теплообменников. Смесительные теплообменники, барометрический конденсатор.
8. Массоперенос. Классификация массообменных процессов.
9. Конструкции массообменных устройств, и их области применения.
10. Концентрация. Способы выражения и пересчета концентраций.
11. Равновесие. Диаграммы равновесия.
12. Виды массопереноса.
13. Диффузионный массоперенос.
14. Конвективный массоперенос.
15. Материальный баланс массообменного аппарата.
16. Периодические и непрерывные массообменные процессы.
17. Дайте определение понятиям дистилляция и ректификация.
18. Физико-химические основы процессов перегонки.
19. Правило фаз и равновесие в системах жидкость-пар. Равновесие для идеальных смесей.
20. Равновесие для реальных бинарных смесей.

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ приводятся в соответствующих методических указаниях. Ниже приводятся типовые вопросы для защиты некоторых лабораторных работ.

Лабораторная работа: «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом регулярного режима»

1. Перечислите способы переноса теплоты в природе.
2. В чём заключается механизм переноса теплоты теплопроводностью?
3. Температурное поле и температурный градиент.
4. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности.
5. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки
Теплопроводность многослойной стенки.

Лабораторная работа: «Перегонка с водяным паром»

1. Для чего применяется перегонка с водяным паром?
2. Как рассчитывается концентрация кубового остатка, если известна концентрация дистиллята?
3. Что такое дистиллят?
4. Назовите преимущества и недостатки перегонки с водяным паром по сравнению с простой перегонкой.

5. Как вычислить концентрацию дистиллята, если известна концентрация кубового остатка?

Лабораторная работа: «Разгонка нефтепродуктов»

1. С какой целью применяется ректификация?
2. Что такое коэффициент относительной летучести?
3. Какими параметрами можно влиять на процесс ректификации?
4. Что такое парциальное давление?
5. Для чего осуществляют вакуумную перегонку нефтяных фракций?
6. Назовите основные нефтяные фракции и параметры их перегонки.
7. Из каких основных узлов состоит установка АРН-2?
8. Как устроен дефлегматор установки АРН-2?
9. Поясните алгоритм работы установки.
10. Как происходит загрузка нефти в установку?
11. Зачем нужен в установке вакуумный насос?

Экзаменационные теоретические вопросы

1. Теплопроводность, сущность процесса.
2. Теплопроводность. Закон Фурье
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Конвекция, виды конвекции, сущность процесса.
5. Горячий и холодный теплоносители.
6. Плотность теплового потока.
7. Теплопередача, её физический смысл.
8. Теплоотдача, её физический смысл.
9. Тепловая нагрузка теплообменного аппарата.
10. Определение тепловой нагрузки теплообменного аппарата.
11. Поток тепла через плоскую однослойную стенку.
12. Поток тепла через плоскую многослойную стенку.
13. Стационарный поток тепла через однослойную цилиндрическую стенку.
14. Стационарный поток тепла через многослойную цилиндрическую стенку.
15. Дифференциальное уравнение процесса конвективного переноса тепла.
16. Классификация теплообменных аппаратов.
17. Способы передачи тепла.
18. Конструкции теплообменных аппаратов.
19. Принципы расчета теплообменных аппаратов.
20. Определение средней разности температур.
21. Уточненный тепловой расчет теплообменного аппарата.
22. Методы интенсификации теплообменных процессов (в развернутом виде).
23. Теплопередача при конденсации паров.

24. Выпаривание, основные характеристики процесса.
25. Определение поверхности нагрева выпарной установки.
26. Тепловой баланс выпарной установки.
27. Расчет однокорпусной выпарной установки.
28. Многокорпусные выпарные установки, их преимущества и недостатки.
29. Массообменные процессы. Основные понятия и определения.
30. Молекулярная диффузия, 1-й закон Фика.
31. Дифференциальное уравнение нестационарной молекулярной диффузии, 2-й закон Фика.
32. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
33. Диффузионный пограничный слой.
34. Число единиц переноса (ЧЕП). Определение ЧЕП.
35. Абсорбция, основные характеристики процесса.
36. Массопередача при абсорбции.
37. Материальный баланс процесса абсорбции. Рабочая линия процесса.
38. Аппаратурное оформление процессов абсорбции.
39. Расчет абсорбционных аппаратов.
40. Перегонка и ректификация, их основные характеристики.
41. Основные свойства смесей жидкостей и их паров. Идеальные смеси.
42. Материальный баланс процесса ректификации.
43. Минимальное и рабочее флегмовое число.
44. Устройство ректификационных установок.
45. Принципы расчета ректификационных установок.
46. Формы связи влаги с материалом. Способы удаления влаги из материала.
47. Сушка, основные характеристики процесса. Способы сушки.
48. Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма состояния влажного воздуха.
49. Изображение некоторых процессов на I-х диаграмме состояния влажного воздуха.
50. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки. Кривые сушки.
51. Материальный баланс процесса сушки.
52. Тепловой баланс процесса сушки.
53. Кинетика процесса сушки. Кривые сушки. Расчет продолжительности процесса сушки.
54. Конструкции и принцип действия сушилок.
55. Адсорбция, основные параметры процесса.
56. Адсорбенты, их основные характеристики.
57. Материальный баланс процесса адсорбции.
58. Устройство адсорбционных аппаратов.
59. Расчет адсорберов.
60. Кристаллизация, основные характеристики процесса.
61. Способы кристаллизации, расчет кристаллизаторов.

- 62. Устройство и принцип действия кристаллизаторов.
- 63. Экстракция, основные характеристики процесса.
- 64. Линия равновесия и рабочая линии процесса экстракции.
- 65. Устройство экстракторов.

Задания для текущего контроля (7 семестр)

Раздел: «Массообменные процессы и аппараты»

Задания для практических работ.

Совокупность задач практических занятий дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» сформулирована в следующем учебном пособии:

Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).

Примеры типовых практических задач представлены ниже:

Задача 1. Определить коэффициент массопередачи в орошаемом водой абсорбере, в котором $\beta_y = 2,76 \cdot 10^{-3}$ кмоль/(м²·ч·кПа), а $\beta_x = 1,17 \cdot 10^{-4}$ м/с. Давление в аппарате $p_{абс} = 1,07$ кгс/см². Уравнение линии равновесия в мольных долях: $y^* = 102x$.

Задача 2. Рассчитать равновесные количества хлористого этила, адсорбированные двадцатью килограммами активированного угля при температуре 20 и -15°C и одинаковыми парциальными давлениями парообразного хлористого этила в воздухе $p = 0,162$ кгс/см². Равновесное описание изотермы Ленгмюра с параметрами $a^*_{,m} = 0,55$ кг/кг угля; $b_{20} = 0,013$ и $b_{-15} = 0,12$ (мм рт.ст.)⁻¹.

Задача 3. Из ректификационной колонны выходит 1100 кг/ч дистиллята с массовой долей легколетучего компонента 98,5 % и 3650 кг/ч кубового остатка с массовой долей второго компонента 96,6 %. Число флегмы 2,94. Определить: а) массовую долю легколетучего компонента в питании колонны; б) расход пара, поступающего из колонны в дефлегматор.

Задача 4. В ректификационную колонну непрерывного действия подается 1000 кмоль/ч смеси, в которой молярная доля пентана 30% и гексана 70%. В верхнем продукте молярная доля пентана 95%, в нижнем – молярная доля гексана 90%. Определить массовый расход верхнего и нижнего продуктов, а также расход пара, конденсирующегося в дефлегматоре, если известно, что флегмовое число $R=3$.

Задача 5. Вычислить влагосодержание и относительную влажность воздушно-паровой смеси, имеющей температуру 50°C и парциальное давление водяного пара 0,1 кгс/см². Определить остальные параметры влажного воздуха.

Задача 6. Уксусная кислота экстрагируется в противотоке этиловым эфиром из водного раствора, в котором массовая доля кислоты 20% . Определить необходимый расход растворителя на 1000 кг/ч исходной смеси и число теоретических ступеней экстрагирования, если массовая доля кислоты в экстракте должна составлять 60% , а в рафинате – не более 2% (после отгонки растворителя).

Курсовое проектирование

Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины. Его целью является закрепление и углубление студентами полученных в процессе обучения профессиональных и общепрофессиональных компетенций, путем решения конкретных производственно-технологических задач по заданной теме.

В курсовом проекте студент должен рассчитать технологическую установку, определить основные размеры аппаратов, входящих в эту установку, и подобрать эти аппараты по каталогам. На курсовой проект выносятся следующие темы:

- *расчет ректификационной установки непрерывного действия;*
- *расчет абсорбционной установки непрерывного действия.*

Курсовой проект должен соответствовать всем требованиям ЕСКД и состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка к проекту должна содержать:

- введение, назначение и область применения проектируемой установки;
- описание принципиальной технологической схемы установки;
- технологические расчеты и подбор оборудования;
- выводы;
- список используемой литературы.

Графическая часть проекта включает:

- технологическую схему установки;
- сборочный чертеж основного технологического аппарата;
- узлы основного аппарата;

Курсовой проект защищается в комиссии по приему курсовых проектов.

Примеры типовых заданий на курсовое проектирование

Пример 1. Рассчитать и спроектировать абсорбционную установку непрерывного действия для улавливания аммиака из воздушной смеси:

1. Тип колонны - **тарельчатая**.
Тип тарелки - **ситчатая (колпачковая)**.
2. Количество газовой смеси, поступающей на установку $V = 3,2 \text{ м}^3/\text{с}$ при нормальных условиях
3. Исходная температура газовой смеси $t = 70^\circ\text{C}$.
4. Температура газовой смеси поступающей в абсорбер $t = 24^\circ\text{C}$.
5. Начальная объемная концентрация **аммиака** в газовой фазе $y_n = 4 \%$
6. Степень извлечения $\epsilon = 94 \%$
7. Начальная массовая концентрация **аммиака** в поглотителе $\bar{x} = 0 \%$.
8. Степень насыщения поглотителя $\eta = 70 \%$.
9. Начальная температура поглотителя, поступающего в абсорбер $t_a = 24^\circ\text{C}$.
10. Начальная температура охлаждающей воды, поступающей в холодильник $t = 17^\circ\text{C}$.
11. Абсорбер работает под давлением $p_{\text{абс.}} = 0,1 \text{ МПа}$.
12. В установке предусмотреть (рассчитать и подобрать) насосы для подачи поглотителя в абсорбер, воды в холодильник для охлаждения газа до температуры t_a и газодувку для подачи газовой смеси в абсорбер.

Пример 2. Рассчитать и спроектировать абсорбционную установку непрерывного действия для улавливания паров этанола из воздушной смеси водой:

1. Тип колонны - **насадочная**.
2. Количество газовой смеси, поступающей на установку $V = 4,1 \text{ м}^3/\text{с}$ при нормальных условиях
3. Исходная температура газовой смеси $t = 60^\circ\text{C}$.
4. Температура газовой смеси поступающей в абсорбер $t = 22^\circ\text{C}$.
5. Начальная объемная концентрация **этанола** в газовой фазе $y_n = 2,8 \%$
6. Степень извлечения $\epsilon = 92 \%$
7. Начальная массовая концентрация **этанола** в поглотителе $\bar{x} = 0 \%$.
8. Степень насыщения поглотителя $\eta = 62 \%$.
9. Начальная температура поглотителя, поступающего в абсорбер $t_a = 22^\circ\text{C}$.
10. Начальная температура охлаждающей воды, поступающей в холодильник $t = 17^\circ\text{C}$.
11. Абсорбер работает под давлением $p_{\text{абс.}} = 0,1 \text{ МПа}$.
12. В установке предусмотреть (рассчитать и подобрать) насосы для подачи поглотителя в абсорбер, воды в холодильник для охлаждения газа до температуры t_a и газодувку для подачи газовой смеси в абсорбер.

Пример 3. Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси **бензол - толуол** по следующим данным :

1. Производительность по исходной смеси $G_f = 4,0 \text{ кг/с}$.
2. Содержание легколетучего компонента (в массовых процентах):
в исходной смеси $x_i = 32$
в дистилляте $x_p = 96$
в кубовом остатке $x_w = 1,8$
3. Давление в паровом пространстве дефлегматора $p = 0,1 \text{ МПа}$.
4. Тип ректификационной колонны – **насадочная**
5. Исходная смесь перед подачей в колонну нагревается до температуры кипения насыщенным водяным паром $p_{\text{абс}} = 0,4 \text{ МПа}$.

Пример 4. Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси **четырёххлористый углерод - толуол** по следующим данным :

1. Производительность по исходной смеси $G_f = 4,5 \text{ кг/с}$.
2. Содержание легколетучего компонента (в массовых процентах):
в исходной смеси $x_f = 38$
в дистилляте $x_p = 93$
в кубовом остатке $x_w = 13$
Давление в паровом пространстве дефлегматора $p = 0,1 \text{ МПа}$.
4. Тип ректификационной колонны – *тарельчатая, с колпачковыми (ситчатыми) тарелками*
5. Исходная смесь перед подачей в колонну нагревается до температуры кипения насыщенным водяным паром $P_{\text{абс}} = 0,45 \text{ МПа}$.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. – 416 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский.- М.: Химия, 1992. – 384 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Под ред. Ю. И. Дытнерского.-М.: Химия, 1991.- 496 с.
5. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для студ. хим-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. – 576 с. (и другие годы издания).
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие.- М.: ООО “ ИД Альянс”, 2005.- 576 с.
7. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА – М, 2014. – 412 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/4323.; // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog/product/429195> ограниченный. – Загл. с экрана.

8.2 Дополнительная литература

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1973. – 789 с.

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник.- М.: ООО “ИД Альянс”, 2009.-753с.
3. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Кн.1 / Под ред. В.Г. Айнштейна. - М.: Логос: Высшая школа, 2003; 2002. - 912с.
4. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов: в 2 кн. Кн.2 / Под ред. В.Г. Айнштейна. - М.: Логос: Высшая школа, 2003; 2002. - 871с.
5. Процессы и аппараты химической технологии. Уч.пособие для ВУЗов под ред. Захаровой А.А.- М.: ООО “ИД Академия”, 2006.- 528с.
6. Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе / сост.: О.А. Красильникова, Н.С. Гуменюк, Н.С. Ломакина, О.В. Третьякова. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2011. -9 с.
7. Опытная проверка уравнения Бернулли / сост.: А.В. Космынин, И.В. Каменских, М.П. Шадрин, Н.А. Иванова. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУВПО «КнАГТУ», 2015.- 9 с.
8. Виноградов, В.С. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах /В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012.-333 с.
Методические указания к лабораторным работам на кафедре.
9. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение размеров отстойника при консолидированном осаждении суспензий. Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2004. 16с.
10. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение скорости осаждения. . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2004. 14с.
11. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Фильтрация при постоянном давлении . . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2005. 12с. (сдано в РИО)
12. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Перегонка с водяным паром. Метод. Указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2005. 10с.
12. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Изучение конструкции и работы установки АРН-2. Метод. Указания к лабораторным работам. – Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2006. 18с.
13. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Определение фракционного состава нефтепродуктов разгонкой с ректификацией. . Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2006. 15с.
14. Щетинин В.С., Кулик А.А. Основные массообменные процессы: Абсорбция, экстрагирование. Учеб. Пособие / КнАГТУ. Комсомольск-на-Амуре. 2007. 86 с.
15. Щетинин В.С. Абсорбция, экстрагирование. Расчет, примеры , задачи. Учебное пособие .Под.ред. .- Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-

на-Амуре гос. техн. ун-т, 2013-67с.

16. Щетинин В.С., Ступин А.В., Иванова Н.А. Расчёт гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Учебное пособие. Под ред. . - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2011. 67с.

17. Справочник химика, 1-6 том. Изд-во «Химия», Москва, Ленинград

18. Лабораторный практикум по курсу "Процессы и аппараты" Г.И.

Николаев, В.Г. Блекус, Г.Ж. Ухеев и др. Учебное пособие. - Улан-Удэ,

ИПЦВСТУ, 2000. 141с.:<http://window.edu.ru/resource/397/18397/files/labr2.pdf>

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронно- библиотечная система elibrary.ru,

сайт: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Электронно-библиотечная система znanium.com,

сайт: <http://www.znaniy.com>

3. Электронные издания и ресурсы Интернет: каталог Федерального образовательного портала «Российское образование», раздел «Процессы и аппараты химической технологии» (www.edu.ru: Каталог: Предметная область: Профессиональное образование: Техника и технологии: Химическая технология. Химическая промышленность: Процессы и аппараты химической

технологии):[http://edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=ind2\)ex&l_op=viewlink&cid=1651](http://edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=ind2)ex&l_op=viewlink&cid=1651)

4. сайты: <https://knastu.ru/page/538> , <http://www.iprbookshop.ru>,

<http://arch.neicon.ru/xmlui/>, http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Промежуточной аттестацией по дисциплине является экзамен – 5,6 семестры, зачет – 7 семестр. Итоговая оценка выставляется студенту с учётом результатов текущего контроля знаний в семестре, в частности: защиты лабораторных работ, расчётно-графической работы, оценок за текущую контрольную работу и за опрос знаний, а также выполненного в объёме учебной программы практикума.

Защита лабораторной работы осуществляется путём собеседования по материалам готового индивидуального отчёта. Контрольные вопросы приводятся в методических указаниях к ЛР.

Практикум предусматривает выполнение практических заданий и

решение задач на аудиторных практических занятиях. Задачи должны быть решены в полном объёме.

На лекциях студенты кратко конспектируют учебный материал. Пропущенные лекции восстанавливаются самостоятельно по рекомендованной литературе.

В начале лекции практикуется краткий опрос по пройденному материалу. Текущий опрос может быть проведён и в конце лекции для обобщения и

закрепления новых знаний. Путём контрольного опроса проверяется также готовность студента к практическому занятию и лабораторной работе.

Для текущего контроля знаний в семестре программой предусмотрены контрольные и расчетно-графические работы по наиболее важным темам (5, 6 семестры). Они заключается в решении задач и выполнении индивидуальных заданий, примеры которых приведены выше.

Практическое занятие

Знакомство с темой и целью практического занятия. Актуализация знаний по теме с помощью конспекта лекций и рекомендованной литературы. Ответы на вопросы преподавателя. Выполнение индивидуальных или групповых практических заданий. Решение задач из рекомендованного сборника. Обобщение наиболее важных результатов практического занятия.

Лабораторная работа

Знакомство с темой и целью лабораторной работы. Усвоение основных теоретических сведений по теме работы. Изучение устройства лабораторного стенда, оборудования, аппаратов. Подготовка протокола наблюдений, составление плана экспериментов. Проведение экспериментов под наблюдением преподавателя. Обработка опытных данных и оформление отчета. Защита лабораторной работы.

Расчетно-графическая работа (РГР)

РГР – самостоятельное практическое занятие, ориентированное на формирование и развитие у студентов умений и навыков расчета процессов и аппаратов химической технологии.

РГР студенты выполняют самостоятельно. Дополнительно преподаватель назначает консультации для контроля работы студентов, подведения итогов и оказания помощи при выполнении РГР.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» основывается на активном использовании в процессе подготовки курсового проекта следующего программного обеспечения:

- система электронного документооборота Microsoft Office;
- интегрированная среда для инженерных расчетов MathCAD, T-Flex;

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу: <https://knastu.ru/students>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
417/1	Специализированная аудитория каф. ТПНП	Проектор	Проведение занятий с помощью мультимедийных средств.
12/1	Лаборатория гидравлики	Экспериментальные стенды	Проведение лабораторных работ
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные экспериментальные стенды и установки	Проведение лабораторных работ
16/1	Лаборатория процессов и аппаратов нефте-газопереработки	Лабораторные установки для изучения: - скорости осаждения одиночных частиц; - процесса консолидированного осаждения частиц; - процесса перегонки водяным паром; - сушки под вакуумом; - теплообменных процессов; - фильтрования; - разделения нефтепродуктов на фракции (АРН-2); - гидравлического сопротивления	Проведение лабораторных работ.

		контактных устройств колонных аппаратов Наглядные пособия: колонного аппарата; отстойника; элементы контактных устройств колонных аппаратов; бытового адсорбера; воздушного теплообменника	
--	--	--	--

Лист регистрации изменений к РПД

[illegible]