


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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Факультет машиностроительных и химиче-
ских технологий

Саблин П.А.
« 20 » 06 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы и аппараты химической технологии»

Направление подготовки	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Направленность (профиль) образовательной программы	Машины и аппараты химических производств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

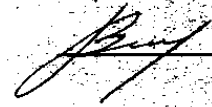
Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Курсовой проект, Экзамен	Кафедра «Машиностроение»

Комсомольск-на-Амуре
2021

Разработчик рабочей программы:

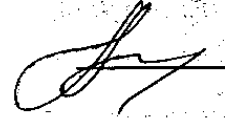
Профессор, Доцент, Доктор технических наук



Шетин В.С

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой
Кафедра «Машиностроение»



Сариков М.Ю.

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации 12.03.2015 № 227, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Машины и аппараты химических производств» по направлению подготовки «18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Практическая подготовка реализуется на основе: Профессиональный стандарт Профессиональный стандарт 19.003 «Специалист по обслуживанию и ремонту нефтезаводского оборудования». Обобщенная трудовая функция: В. Организация, руководство и контроль работы подразделений

Трудовые действия:

- Обеспечение выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования

-Контролировать полноту и качество работ по техническому обслуживанию технологического оборудования

-Разработка и реализация планов внедрения новой техники и технологии, проведение организационно-технических мероприятий, опытно-конструкторских работ

Задачи дисциплины	- ознакомление студентов с основными массообменными процессами, разделением твердых, жидких и газовых систем как между собой, так и между фазами, процессы охлаждения, получения продукции из этих фаз; процессы кристаллизации и высушивания, мембранные процессы; процессы используемые в переработки нефти и газа; - изучение теоретических основ конструирования аппаратов для химической промышленности ; - основные понятия об устройстве, расчете, а так же характеристиках машин и аппаратов; - изучение методов рационального выбора оборудования, регулирование режимов их работы; - приобретение навыков проектирования аппаратов, рационального выбора схемы компоновки, способов монтажа, безопасной эксплуатации. - изучение новых представлений, определений, терминов.
Основные разделы / темы дисциплины	-- Выпаривание; - Разделение не однородных систем; - Массообменные процессы; - Механические процессы; - Кристаллизация; - Процессы умеренного и глубокого охлаждения; - Высушивание; -Мембранные процессы.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 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)
(ПК-1) 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.
(ПК17) - Способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологического процесса с использованием современных информационных технологий.	-Основные типы аппаратов и их назначение для обеспечения технологий в химической отрасли. Основы проектирования аппаратов отрасли.	-Выполнять расчеты, связанные с определением конструктивных и геометрических параметров аппаратов.	-Навыками выполнять расчеты, связанные с определением конструктивных и геометрических параметров аппаратов с использованием современных информационных технологий.

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» изучается на 3 курсе, 5, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Б1.В.ДВ.01.01 Теория и практика успешной коммуникации», «Б1.В.ДВ.01.02 Социально-психологические аспекты инклюзивного образования».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Тепловые агрегаты нефтеперерабатывающих производств», «Методы и средства контроля технологического процесса», «Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), 6 семестр», «Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), 8 семестр», «Преддипломная практика», «Б1.В.ДВ.04.01 Насосы и компрессоры», «Б1.В.ДВ.04.02 Насосные станции», «Б1.В.ДВ.07.01 Оборудование транспортировки и хранения нефти и газа», «Б1.В.ДВ.07.02

Магистральные газопроводы и нефтепроводы», «Б1.В.ДВ.09.01 Комплексный проект», «Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), 8 семестр», «Преддипломная практика».

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

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 9 з.е., 324 акад. час.

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	324
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	96
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	32
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	64
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	192
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой, Курсовой проект, Экзамен	36

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
5 семестр				
Раздел 1 Введение				
Тема: Введение. Общие сведения об процессах химической технологии. Основное оборудование применяемое для обеспечения процессов химической технологии.	1			2
ИТОГО по разделу 1.	1			2
Раздел 2. Выпаривание.				
Тема: Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания. Основные зависимости режимных конструкционных параметров. Конструкции выпарных аппаратов.	4	4		8
ИТОГО по разделу 2.	4	4		8
Раздел 3 Разделение неоднородных систем				
Тема: Процессы разделения неоднородных систем (гидромеханические процессы) Классификация и характеристика неоднородных тел. Основные способы разделения. Разделение неоднородных систем под действием тяжести (осаждение и отстаивание). Теоретическая и действительная скорости осаждения. Пылеосадительные камеры, отстойники. Классификация и основные конструктивные типы промышленных фильтров. Промывка осадков. Классификация и основные конструктивные типы промышленных фильтров. Фильтрование газов.	2	4	6	30
ИТОГО по разделу 3	2	4	6	30
Раздел 4 Массообменные процессы				

<p>Тема: Массообменные процессы. Общая характеристика, классификация промышленных массообменных процессов. Статика массообменных процессов. Основные законы фазового равновесия. Диаграмма Y-X. Материальный баланс. Движущая сила и направление течения массообменного процесса. Кинетика массообменных процессов. Молекулярная и конвективная диффузия, Дифференциальное уравнение переноса массы в потоке. Турбулентная диффузия. Понятия о пограничном диффузионном слое.</p>	1			2
<p>Тема: Классификация массообменных аппаратов Математическое описание процесса массопередачи в аппаратах с непрерывным контактом фаз. Расчет высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз (насадочных и пленочных). Средняя движущая сила процесса. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Способы расчета числа единиц переноса: графическое интегрирование, аналитический расчет.</p>	1		2	6
<p>Тема: Дистилляция и ректификация. Простая перегонка. Материальный баланс. Изображение процесса на диаграмме y-x. Фракционная перегонка. Перегонка под вакуумом. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром. Схема установки. Определение температуры перегонки. Расход пара. Ректификация. Периодическая и непрерывная ректификация. Схема ректификационной установки непрерывного действия. Общий материальный баланс ректификационной колонны, балансы ее верхней (укрепляющей) и нижней (исчерпывающей) частей. Основные допущения. Уравнения рабочих линий, их построение. Флегмовое число. Пределы изменения. Минимальное и рабочее флегмовые числа. Тепловой баланс. Оптимальное число флегмы. Классификация ректификационных аппаратов. Инженерные методы расчета числа тарелок, высоты и диа-</p>	7		8	22

метра колонны. Ректификация жидкого воздуха. Азеотропная и экстрактивная ректификация. Основные конструкции тарелок. Типы насадок. Математическая модель непрерывного процесса ректификации в тарельчатой колонне				
Тема: Массообменные процессы. Расчет массообменных процессов.		2		2
Тема: Расчет ректификационной колонны. Расчет ректификационных установок периодического и непрерывного действия. Расчет материального баланса. Определение числа ступеней и ЧЕП. Выбор стандартных тарелок. Расчет насадки. Определение диаметра и высоты колонного аппарата. Расчет температурного баланса колонны.		6		20
ИТОГО по разделу 4	9	8	10	52
Раздел 5 Механические процессы				
Тема: Определение гранулометрического состава кокса. Изучение процесса гранулометрического состава кокса полученного на щековой дробилке.			2	4
ИТОГО по разделу 5			2	4
Промежуточная аттестация по дисциплине -Дифференцированный зачет –(проставляется по результатам работы студента во время семестра)	0			
ИТОГО по дисциплине (5 семестр)	16	16	16	96
6 семестр				
Раздел 4 Массообменные процессы				
Тема: Абсорбция. Характеристика процесса. Степень поглощения. Выбор абсорбера. Статистика процесса абсорбции. Материальный баланс абсорбера; уравнение рабочей линии. Расход абсорбента. Влияние температуры и давление на расход абсорбента. Экономически оптимальный расход поглотителя. Методы десорбции. Общая схема абсорбционная десорбционной	4	6		12

установки непрерывного действия. Конструктивные типы абсорберов и их расчет.				
Тема: Адсорбция. Характеристика процесса. Промышленные адсорбенты и их основные свойства. Тепловой эффект процесса адсорбции. Статическая активность сорбентов. Изотермы адсорбции. Скорость процесса адсорбции. Динамическая активность сорбента. Время защитного действия слоя, Методы десорбции	2	4		12
Тема: Экстрагирование. Общая характеристика процесса. Экстрагирование из растворов. Выбор растворителя. Фазовое равновесие в трехкомпонентных системах. Треугольные диаграммы. Технологические схемы процесса экстракции. Однократное и многократное экстрагирование. Противоточное экстрагирование. Материальный баланс. Графический расчет процесса противоточной экстракции с использованием треугольной диаграммы. Экстрагирование из твердых тел. выщелачивание. Классификация и типовые конструкции экстракционных аппаратов.	4	8		12
ИТОГО по разделу 4	10	18		36
Раздел 5 Механические процессы				
Тема: Механические процессы. Физико-химические основы процессов измельчения. Методы измельчения. Классификация машин для измельчения. Крупное дробления, среднее и тонкое измельчение. Пути повышения экономичности процесса измельчения. Гипотетические представления о процессе измельчения. Способы классификации. Основные конструктивные типы грохотов и сепараторов. Питатели: шнековые, секторные, вальцевые, тарельчатые и лотковые. Смесители: барабанные, шнековые, лопастные, центробежные.	2	4		8
ИТОГО по разделу 5	2	4		8

Раздел 6 Кристаллизация.				
Тема: Кристаллизация. Общая характеристика процесса. Равновесные зависимости в системах кристалл-раствор. Способы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы. Кинетика кристаллизации. Конструкции кристаллизаторов	1	2		4
ИТОГО по разделу 6	1	2		4
Раздел 7 Процессы умеренного и глубокого охлаждения.				
Тема: Процессы охлаждения. Умеренное охлаждение. Методы получения умеренного холода. Компрессионные холодильные установки. Термодинамические основы процесса. Обратный (холодильный) цикл Карно, его холодильный коэффициент. Схема компрессионной холодильной установки. Влажный и сухой циклы, изображение процесса на диаграммах T-S и P-I. Методы повышения холодильного коэффициента (переохлаждение конденсата, ступенчатое сжатие) Глубокое охлаждение. Физические основы получения глубокого холода. Расширение сжатого газа без отдачи внешней работы (дросселирование).	1	2		4
ИТОГО по разделу 7	1	2		4
8. Высушивание				
Тема: Высушивание. Общие сведения и классификация сушильных аппаратов.	1			
Тема: Высушивание. Расчет сушильного аппарата. Расчет кинетики процесса сушки, определение производительности .		4		4
ИТОГО по разделу 8	1	4		4
9. Мембранные процессы.				
Тема: Высушивание. Общие сведения и классификация сушильных аппаратов.	1	2		4
ИТОГО по разделу 9	1	2		4

Курсовая проект <i>Проект ректификационной установки и разделению бинарной смеси</i>				36
ИТОГО по дисциплине (бсеместр)	16	32	0	96
ИТОГО по дисциплине	32	48	16	192
Промежуточная аттестация по дисциплине (Экзамен)	36			
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 324 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 32 часа.				

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	84
Подготовка, оформление и защита РГР	40
Подготовка к лабораторным работам.	32
Подготовка, оформление и защита КП	36
Итого	192

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. 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.
2. 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.

3. Ахметов, С.А. Технология переработки нефти, газа и твёрдых горючих ископаемых : учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А. А. Кауфман; Под ред. А.С.Ахметова. - СПб.: Недра, 2009. - 828с.
 4. Поникаров, И.И. Расчёты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки: Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. - М.: Альфа-М, 2008. - 717с.
 5. Сарданашвили, А.Г.Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа : учебное пособие / А. Г. Сарданашвили, А. И. Львова. - 3-е изд. - СПб.: Интеграл, 2008; 2007. - 268с.
- чз-1экз аб-15экз
6. Ефремов, Г. И. Моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебник / Г.И. Ефремов. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 255 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
 7. Снарев, А.И. Расчёты машин и оборудования для добычи нефти и газа: учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / А.И. Снарев. - изд. 3-е, доп. - М.: Инфра-Инженерия, 2010. - 232 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

8.2 Дополнительная литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 384с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 416с.
3. Леффлер, У.Л.Переработка нефти / У. Л. Леффлер; Пер. с англ. - 2-е изд., пересм. - М.: Олимп-Бизнес, 2001. - 223с.
4. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 384с.
5. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1991. - 789с. ч
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И.Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 495с.
7. Сарилов, М.Ю. Оборудование нефтехимического производства / М. Ю. Сарилов, П. Е. Коблуков. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2015. - 77с.
8. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. (<http://znanium.com/catalog.php?item=bookinfo&book=674042>)
9. Химия нефти и газа: Учебное пособие / В.Д. Рябов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 336 с. (<http://znanium.com/catalog.php?item=bookinfo&book=423151>)
10. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств [Электронный ресурс] / Под ред. А.А. Курочкина. - М.: КолосС, 2006. - 320 с. (<http://znanium.com/catalog.php?item=bookinfo&book=504985>)
11. Орловская, Н. Ф. Совершенствование переработки нефтей севера Красноярского края на малых нефтеперерабатывающих заводах [Электронный ресурс] : монография / Н.

Ф. Орловская, И. В. Надейкин, Е. Д. Агафонов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 135 с. (<http://znanium.com/catalog.php?item=bookinfo&book=492786>)

12. Курочкин, А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств [Электронный ресурс] / Под ред. А.А. Курочкина. - М.: КолосС, 2006. - 320 с. (<http://znanium.com/catalog.php?item=bookinfo&book=504985>)

13. Тимонин, А.С.. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник: в 3 т. Т12.Калуга: Изд-во Бочкаревой Н.Ф.-2006-852с. (35.11-5-02я2, Т414).

14. Тимонин, А.С.. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник: в 3 т. Т2.Калуга: Изд-во Бочкаревой Н.Ф.-2006-1028с. (35.11-5-02я2, Т414)

15. Тимонин, А.С.. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник: в 3 т. Т3.Калуга: Изд-во Бочкаревой Н.Ф.-2006-968с. (35.11-5-02я2, Т414).

16. Павлов, К.Ф., Романков, П.Г., Носков, А.В..Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия.-1987-575с. . (35.11-5-02я2,П212)

8.3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Щетинин В.С., Кулик А.А. Основные массообменные процессы: Абсорбция, экстрагирование. Учеб. Пособие / КнАГТУ. Комсомольск-на-Амуре. 2007. 86 с.
2. Щетинин В.С. Абсорбция, экстрагирование. Расчет, примеры, задачи. Учебное пособие. Под.ред. .- Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2013-67с.

Для лабораторных работ.

1. 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.
2. Ступин А.В., Козлита А.Н., Щетинин В.С. Определение скорости осаждения. . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2004. 14с.
3. Щетинин В.С. Ступин А.В., Козлита А.Н., Устинов В.А.. Фильтрование при постоянном давлении . . Метод. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2005. 12с. (сдано в РИО)
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Ступин А.В., Щетинин В.С, Устинов В.А. Определение гранулометрического состава кокса. Указания к лабораторным работам. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2009. 7с.
8. Устинов В.А., Коннова Г.В. Построение кривой разгонки нефти и определения потенциального содержания нефтепродуктов в заданной нефти: методические указания к лабораторной работе. –Комсомольск-на-Амуре. КнАГТУ, 2014. 18с.

Для курсового проектирования.

1. Устинов В.А. Расчет колонн и аппаратов установки АВТ. Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальностей 240801 - "Машины и аппараты химических производств" и 130608 - "Оборудование нефтегазопереработки" / КнАГТУ. Комсомольск-на-Амуре. 2013. 34 с.
2. Ступин А.В., Щетинин В.С., Иванова Н.А. Расчёт гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Учебное пособие. Под ред. .- Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2012 – 67с.

8.4 . Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный. - Загл. с экрана.
2. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный. - Загл. с экрана.
3. Приложение для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей learningapps.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learningapps.org/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Портал «Открытое образование СПбГЭТУ «ЛЭТИ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Портал «Дистанционные курсы МГУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://distant.msu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Портал «Национальный открытый университет «Интуит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Портал «МГТУ «СТАНКИН» «Универсариум» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://universarium.org>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Портал «МГТУ им. Н.Э. Баумана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

8.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный. - Загл. с экрана.
2. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный. - Загл. с экрана.
3. Приложение для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей learningapps.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learningapps.org/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Портал «Открытое образование СПбГЭТУ «ЛЭТИ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Портал «Дистанционные курсы МГУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://distant.msu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Портал «Национальный открытый университет «Интуит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Портал «МГТУ «СТАНКИН» «Универсариум» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://universarium.org>, свободный. – Загл. с экрана.

8. Портал «МГТУ им. Н.Э. Баумана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

8.6 Лицензионное программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.openoffice.org/license.html
Консультант Плюс	Договор № 95 от 17 мая 2017. Freeware. Бессрочное использование

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия практического типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения практических занятий является решение задач по проектированию оборудования для защиты окружающей среды, по отдельным темам, а также разбор примеров. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;

- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

9.6. Методические указания по выполнению курсового проекта:

Курсовое проектирование – самостоятельное практическое занятие, ориентированное на формирование и развитие у студентов навыков проектирования и представления результатов их проектной деятельности.

Во время курсового проектирования студенты закрепляют навыки самостоятельной работы по расчёту нефтезаводского оборудования, выбору эффективно действующего на данном производстве аппарата.

Для расчёта в курсовом проекте могут быть предложены аппараты: ректификационная колонна; абсорберы; реакторы (каталитического крекинга, риформинга, алкилирования, гидроочистки) и другие аппараты в атмосферной разгонки, ГФУ, УЗК, гидрокрекинга и других установках для НПЗ различного направления (бензиновое, масляное, смешанное).

В качестве исходных данных выбираются нефти различных месторождений (Ромашкинская, Арланская, Западно-сибирская и др.)

Список нефтяных месторождений России (<https://ru.wikipedia.org/wiki/>)

Курсовую работу студенты выполняют самостоятельно. Наименование разделов курсового проекта и примерная трудоемкость представлены в таблице 7.

Дополнительно преподаватель назначает консультации для контроля работы студентов, подведения итогов и оказания помощи при выполнении курсовой работы.

Объем курсового проекта: чертежи 2 листа формата А-1, пояснительной записки 45-50 стр. формата А-4). Выполнение графической части и расчетов (по согласованию с руководителем) выполняется с использованием САД/САМ/САЕ систем. Выполненный курсовой проект является заданием на РГР для дисциплины «Конструирование и расчет машин и аппаратов отрасли» и разделом выпускной работы.

Таблица 7 Наименование разделов курсового проекта и их примерная трудоемкость

Наименование разделов	Объем, ч
1. Расчет материального баланса установки	8
2. Определение флегмового числа	4
3. Определение числа тарелок (ЧЕП)	4
4. Тепловой расчет установки	4
5. Расчет основных и вспомогательных конструктивных размеров.	4
6. Графические построения	8
7. Оформление работы	4
Итого занятий по курсовой работе	36

В расчётно-пояснительной записке приводятся физико-химические свойства бинарной смеси, назначение получаемых продуктов, показывается место аппарата в технологической схеме, описывается технологическая схема блока, даётся обоснование конструкции выбранного аппарата на основании сравнительных данных, приводятся технологический, тепловой и гидравлический расчёты аппарата.

Графическая часть включает в себя общий вид аппарата с разрезами, сечениями, изображаются детали и узлы аппарата. При выполнении технологической схемы узла, где установлен проектируемый аппарат.

Студенты самостоятельно изучают содержание учебных пособий и руководящих документов.

10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
01-1	1б/1 Лаборатория процессов и аппаратов нефтегазопереработки	Лабораторные установки для изучения: - скорости осаждения одиночных частиц; - процесса консолидированного осаждения частиц; - процесса перегонки водяным паром; - сушки под вакуумом ; - теплообменных процессов; - фильтрация; - разделения нефтепродуктов на фракции (АРН-2); - гидравлического сопротивления контактных устройств колонных аппаратов . Наглядные пособия: - колонного аппарата; - отстойника; - элементы контактных устройств колонных аппаратов; - бытового адсорбера; - воздушного теплообменника.	Проведение лабораторных работ.

10.2 Технические и электронные средства обучения

Для реализации программы используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
112	112/3-2 Лаборатория МАХП (медиа)	Проектор.	Проведение занятий с помощью мультимедийных средств.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**по дисциплине****«Процессы и аппараты химической технологии»**

Направление подготовки	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Направленность (профиль) образовательной программы	Машины и аппараты химических производств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	5, 6	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Курсовой проект, Экзамен	Кафедра «Машиностроение»

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

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)
(ПК-1) 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.
(ПК17) - Способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологического процесса с использованием современных информационных технологий.	-Основные типы аппаратов и их назначение для обеспечения технологий в химической отрасли. Основы проектирования аппаратов отрасли.	-Выполнять расчеты, связанные с определением конструктивных и геометрических параметров аппаратов.	-Навыками выполнять расчеты, связанные с определением конструктивных и геометрических параметров аппаратов с использованием современных информационных технологий.

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
--	-------------------------	----------------------------------	-------------------

Выпаривание	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> - 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по темам; фильтрование, осаждение, центрифугирование	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Разделение не однородных систем	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> - 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по темам; фильтрование, осаждение, центрифугирование	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ПК-1; ПК-17	Расчётно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> - понимание методики и умение ее правильно применить; - качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы

			конструкторской документации); достаточность пояснений.
	ПК-1; ПК-17	Защита лабораторных работ	<ul style="list-style-type: none"> - 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, разъяснения; качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации).
Массообменные процессы	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по темам; массообменные процессы, абсорбция, адсорбция, экстрагирование, ректификация и дистилляция.	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ПК-1; ПК-17	Расчётно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> - понимание методики и умение ее правильно применить; - качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений.
	ПК-1; ПК-17	Защита лабораторных работ	<ul style="list-style-type: none"> - понимание методики и умение ее правильно применить;

			<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации).
	ПК-1; ПК-17	Курсовой проект	<ul style="list-style-type: none"> - 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, разъяснения; качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации).
Механические процессы	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по теме-механические процессы.	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-

			следственных связей, выявление закономерности.
	ПК-1; ПК-17	Защита лабораторных работ	<ul style="list-style-type: none"> - 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, разъяснения; качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации).
Кристаллизация	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по теме - кристаллизация	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Процессы умеренного и глубокого охлаждения.	ПК-1; ПК-17	Конспект лекций.	<ul style="list-style-type: none"> 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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по теме – охлаждение.	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Сушка	ПК-1; ПК-17	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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по теме – охлаждение.	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Мембранные процессы	ПК-1; ПК-17	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).
	ПК-1; ПК-17	Разноуровневые задачи по теме – охлаждение.	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию;

			- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
Все темы	ПК-1; ПК-17	Экзамен	-правильное понимание поставленных вопросов; -полнота/ глубина изложения материала;

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

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме зачета (оценка)</i>				
1	Конспект лекций	В течение семестра	15 баллов	15 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено 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 2е лекций. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2х лекций.
	Теоретические вопросы (2вопроса)	В течение семестра	15 баллов	15 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 12 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>9 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов - при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</p>
2	Практическое задание по теме № 1	В течение семестра	<p>15 баллов (3 задачи с максимальной оценкой 5 баллов за задачу)</p> <p>Темы: фильтрование; осаждение; центрифугирование</p>	<p>5 баллов - студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
3	Практическое задание по теме № 2	В течение семестра	<p>15 баллов (3 задачи с максимальной оценкой 5 баллов за задачу).</p> <p>Темы; массообменные процессы; абсорбция; ректификация и дистилляция</p>	<p>5 баллов - студент правильно выполнил практическое задание. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил практическое задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил практическое задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении практического задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
4	Расчётно-графическая работа (РГР)	В течение семестра	40 баллов	<p>40 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.</p> <p>30 баллов - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных</p>

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</p> <p>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.</p> <p>0 баллов - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
4	Лабораторные работы №1-8	В течение семестра	40 баллов (8 работ, 5-баллов за лабораторную работу)	<p>5 баллов - студент правильно выполнил лабораторную работу. Показал отличные знания в рамках освоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил лабораторную работу с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках освоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках освоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении лабораторной работы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
ИТОГО:		-	140 баллов	-
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов 89 «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов 90-103 «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов 104-117 «хорошо» (средний уровень);</p> <p>85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов 118-140 «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				
<p>6 семестр</p> <p><i>Промежуточная аттестация в форме экзамена.</i></p>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
1	Конспект лекций	В течение семестра	25 баллов	25 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 18 баллов – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 10 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2х лекций.
3	Практическое задание по теме № 2	В течение семестра	10 баллов (2 задачи с максимальной оценкой 5 баллов за задачу). Темы; адсорбция; экстрагирование.	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	Практическое задание по теме № 3	В течение семестра	5 баллов Тема- механические процессы.	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	Практическое задание по теме № 4	В течение семестра	5 баллов Тема- кристаллизация	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.

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				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	Практическое задание по теме № 5	В течение семестра	5 баллов Тема-охлаждение.	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.
	Текущая аттестация		50 баллов	
	Экзамен:	Вопрос – оценивание уровня усвоенных знаний	50 баллов	50 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 40 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 25 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:	-	100 баллов	-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов 64 «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов 65-74 «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов 75-84 «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов 84-100 «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				
6 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме курсового проекта.</i>				
<p>Критерии оценки результатов выполнения курсового проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценка <i>«отлично»</i> 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 <i>«хорошо»</i> 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 <i>«удовлетворительно»</i> 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 <i>«неудовлетворительно»</i> 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

Задания для практических работ 5 семестр.

Тема № 1 «Разделение неоднородных систем»

Решение задач по определению режимных процессов фильтрования, осаждения и центрифугирования, а также основные размеры аппаратов.

(задачи выдаются преподавателем)

Примеры типовых задач.

Пример 1. Определить расстояние между полками пылеосадительной камеры (рис.), 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 °С, 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:

Пример 2. Рассчитать необходимую скорость восходящего потока воздуха, слоя сепарирования частиц диаметром менее 1.0 мм от более крупных. Температура воздуха 20° С; плотность частиц 3230 кг/м³

Пример 3. 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 4. 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 5. Определить необходимое число центрифуг периодического действия с размером барабана $D = 1,2 \text{ м}$ и $H = 0,5 \text{ м}$ 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.

Тема №2 «Массообменные процессы»

Решение задач по определению режимных ректификации, дистилляции и общие вопросы массообменных процессов, а также основные размеры аппаратов.

(задачи выдаются преподавателем)

Примеры типовых задач.

Пример 1. В колонну непрерывного действия подаётся смесь бензола и хлороформа. При ректификации получается дистиллят с массовой долей легколетучего компонента 95 %. Питающая жидкость содержит 40 % этого компонента. Найти флегмовое число, если известно, что оно в два раза больше минимального.

Пример 2. В ректификационной колонне непрерывного действия $X_D = 90\%$, $X_F = 30\%$, $X_W = 3\%$. $R = 8$. Определить состав пара, приходящего на тарелку, где в жидкости молярная доля легколетучего компонента: а) 75 и б) 15%

Пример 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:

Пример 4. Смесь бензола и толуола кипит при 95°C давление насыщенного пара бензола $P_6=1167$ мм. рт. ст., давление насыщенного пара толуола $P_T= 480$ мм. рт. ст. Найти состав кипящей жидкости, считая, что смесь характеризуется законом Рауля. Если жидкость будет содержать в два раза меньше толуола, то под каким давлением она будет кипеть при той же температуре.

Пример 5. Определить требуемую поверхность и расход воды в дефлегматоре ректификационной колонны для разделения бензольно-толуольной смеси при следующих условиях; количество верхнего продукта 600 кг/ч; число флегмы 3,75; начальная и конечная температуры охлаждающей воды 20 и 45°C ; коэффициент теплопередачи 700 Вт/(м²К). Считать верхний продукт за чистый бензол. Давление в колонне атмосферное.

РАСЧЕТНО ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА (РГР)

Решение задач по определению режимных , а также основные размеры аппаратов по темам «Процессы: фильтрования, осаждения, центрифугирования, ректификации и дистилляции» (Варианты выдаются преподавателем)

Примеры типовых работ РГР.

ВАРИАНТ №1.

Задача 1 Рассчитать необходимую скорость восходящего потока воздуха для сепарирования частиц диаметром менее 1,0 мм от более крупных. Температура воздуха 20°C ; плотность частиц 3230 кг/м³.

Задача 2 Определить время промывки осадка 4,0 л/м² промывной жидкости при следующих значениях полученных опытным путем констант процесса: $K=2,62 \cdot 10^{-7}$ м²/с и $C=1,64 \cdot 10^{-3}$ м³/м². В момент окончания предыдущего процесса фильтрования было собрано 15,5 л фильтра с одного квадратного метра фильтрующей перегородки; свойства промывной жидкости и условия промывки идентичны свойствам фильтрата и условиям фильтрования.

Задача 3. 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.

Задача 4. Смесь бензола и толуола кипит при 95°C под давлением 760 мм рт.ст. При 95°C давление насыщенного пара бензола $P_6=1167$ мм рт. ст.; давление насыщенного пара толуола $P_T=480$ мм рт. ст. Найти состав кипящей жидкости, считая, что смесь характеризуется законом Рауля. Если жидкость будет содержать в два раза меньше толуола, то под каким давлением она будет кипеть при той же температуре?

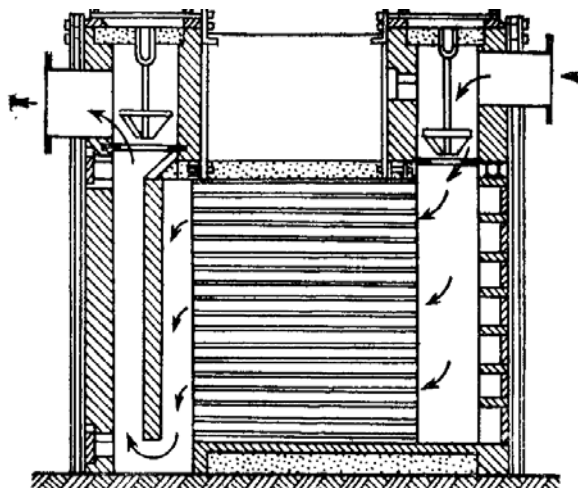
Задача 5. В ректификационную колонну непрерывного действия подается 1000 кмоль/ч смеси, в которой молярная доля пентана 30% и гексана 70%. В верхнем продукте молярная доля пентана 95%, в нижнем—молярная доля гексана 90%. Определить массовый расход верхнего и нижнего продуктов, а также расход пара, конденсирующегося в дефлегматоре, если известно, что флегмовое число $R=3$.

Задача 6. Газовая смесь, содержащая 26% водорода, 60% метана и 14% этилена (молярные доли), имеет давление $P_{абс} = 30$ кгс/см² и температуру 200 С. Считая компоненты смеси идеальными газами, определить их массовые концентрации C_u (в кг/м³).

ВАРИАНТ №2

Задача 1. Определить размеры частиц пыли плотностью 3700 кг/м³, которые будут осаждаться в пылесадительной камере длиной 4,55 м, шириной 1,71 м и высотой 4,0 м с расстоянием между полками 100 мм при прохождении через нее 2000 м³/ч запыленного газа

(расход отнесен к нормальным условиям) при температуре $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ и вязкости $0,03 \cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$.



Задача 2. Определить изменение производительности фильтрующей центрифуги при увеличении частоты ее вращения вдвое, если образующийся осадок однородный и несжимаемый, а сопротивлением фильтрующей перегородки можно пренебречь.

Задача 3. Уравнения рабочих линий ректификационной колонны для разделения смеси бензола и толуола под атмосферным давлением: $y=0,723x+0,263$; $y=1,25x-0,018$. В колонну подается 75 кмоль/ч смеси при температуре кипения. Греющий пар в кубе колонны имеет избыточное давление 3 кгс/см^2 .

Определить требуемую поверхность нагрева в кубе колонны и расход греющего пара, имеющего влажность 5% . Коэффициент теплопередачи $K=580\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Тепловыми потерями пренебречь. Температуру кипения жидкости в кубе принять как для чистого толуола.

Задача 4. Определить равновесные составы жидкости и пара для смеси метиловый спирт - вода при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$: а) под давлением 300 мм рт. ст. , б) под давлением 500 мм рт. ст. , считая, что смесь характеризуется законом Рауля.

Объяснить полученный для случая б) результат.

Задача 5. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с молярной долей легколетучего компонента 24% . Молярная доля легколетучего компонента в дистилляте 95% , в кубовом остатке – 3% . В дефлегматор поступает 850 кмоль/ч пара, а в колонну из дефлегматора 670 кмоль/ч флегмы. Определить молярный расход кубового остатка.

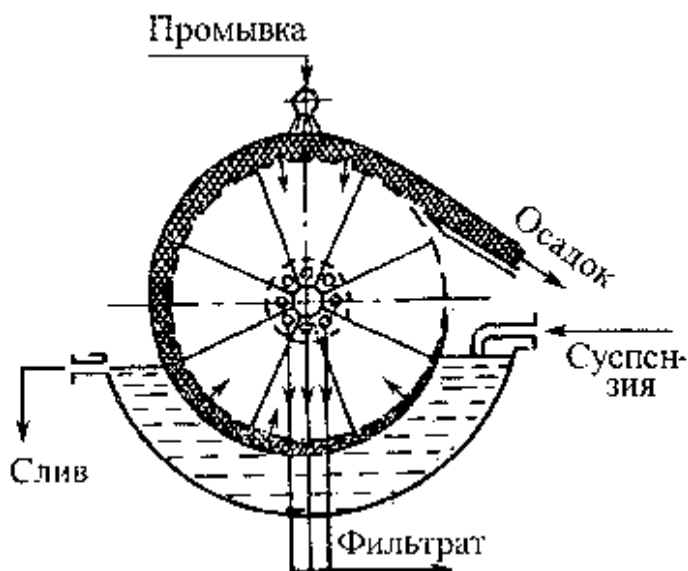
Задача 6. Определить равновесные составы жидкости и пара для смеси метиловый спирт - вода при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$: а) под давлением 300 мм рт. ст. , б) под давлением 500 мм рт. ст. , считая, что смесь характеризуется законом Рауля.

Объяснить полученный для случая б) результат.

ВАРИАНТ №3.

Задача 1. Определить скорость воздуха (при 60°C) в вертикальной трубе сушилке, обеспечивающую восходящее движение частиц плотностью 200 кг/м^3 и диаметром 3 мм

Задача 2. Вычислить время промывки слоя осадка первоначально чистой водой и необходимое для промывки количество воды, если массовая концентрация отмываемого из осадка компонента должна быть $3,5 \cdot 10^{-3}\text{ кг/л}$ при ее значении в начале процесса промывки 120 кг/м^3 . Интенсивность промывки $0,110 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{с})$, константа промывки $K_p = 0,610$, толщина слоя осадка 40 мм , поверхность фильтрующей перегородки $4,8\text{ м}^2$.



Барабанный вакуум-фильтр

Задача 3. Определить необходимое число центрифуг периодического действия с размерами барабана $D=1,2\text{ м}$ и $H=0,50\text{ м}$ для фильтрования 50 т/сут суспензии относительной плотности $1,8$, с массовой долей твердой фазы 40% ; относительная плотность жидкой фазы составляет $1,1$. Продолжительность одной операции 25 мин . Число рабочих часов в сутках принять равным 20 . Коэффициент заполнения барабана $0,5$.

Задача 4. Построить кривую равновесия $x-y^*$ при общем давлении 2 кгс/см^2 для смеси гексан-гептан, считая приложенным закон Рауля. Давления насыщенных паров чистых компонентов взять по номограмме.

Задача 5. Пар бинарной смеси хлороформ - бензол, содержащий 50% хлороформа и 50% бензола, контактирует с жидкостью, содержащей 44% хлороформа и 56% бензола (молярные доли). Давление атмосферное. Определить: а) из какой фазы в какую будут переходить хлороформ и бензол; б) движущую силу процесса массопередачи по паровой и по жидкой фазе на входе пара в жидкость (в молярных долях).

Данные о равновесных составах.

$t, ^\circ\text{C}$	Хлороформ — бензол	
	% (мол.) хлороформа	
	в жидкости	в паре
80,6	0	0
79,8	8	10
79,0	15	20
78,2	22	30
77,3	29	40
76,4	36	50
75,3	44	60
74,0	54	70
71,9	66	80
68,9	79	90
61,4	100	100

Задача 6. В ректификационной колонне непрерывного действия $X_D = 90\%$ (мол.), $X_F = 30\%$ (мол.), $X_W = 3\%$ (мол.), $R=8$. Определить состав пара, приходящего на тарелку, где жидкость содержит: а) 75 и б) 15% (мол.) легколетучего компонента.

Задания для практических работ 6 семестр.

Тема №2 «Массообменные процессы»

Решение задач по определению режимных процессов абсорбции, адсорбции, экстрагирования, а также основные размеры аппаратов.

(задачи выдаются преподавателем)

Примеры типовых задач.

Пример 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: $y^* = 102x$.

Пример 2. Рассчитать равновесные количества хлористого этила, адсорбированные двадцатью килограммами активированного угля при температуре 20 и -15⁰С и одинаковыми парциальными давлениями паров хлористого этила в воздухе $\rho = 0,162$ 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

Пример 3. Уксусная кислота экстрагируется в противотоке этиловым эфиром из водного раствора, в котором массовая доля кислоты 20% . Определить необходимый расход растворителя на 1000кг/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).

Тема №3 «Механические процессы»

Решение задач по определению режимных процессов дробление, разделение, а также основные размеры аппаратов.

(задачи выдаются преподавателем)

Примеры типовых задач.

Пример 1. Определить , сколько тонн в сутки отправляет фабрика хвостов на хвостохранилище, если производительность фабрики по исходной руде 10 000 т /сутки , извлечение металла в концентрат 90 % , массовая доля металла в руде 2 % , а в концентрате 20 %.

Пример 2. Определить выход хвостов ,если фабрика получает 100 т/сутки концентрата, а производительность фабрики 10 000 т/сутки.

Пример 3. Коксохимическому заводу требуется 120 т/ч концентрата зольностью (с содержанием золы) 10 % . Определить необходимую производительность фабрики по рядовому (необогатенному) углю и его зольность, если известно, что выход концентрата от рядового угля составляет 80 % , а зольность хвостов должна быть 70 %.

Тема №4 «Кристаллизация»

Решение задач по определению режимных процессов кристаллизации, а также основные размеры аппаратов.

(задачи выдаются преподавателем)

Примеры типовых задач.

Пример 1. Определить необходимую поверхность противоточного кристаллизатора для охлаждения от 85 до 35⁰С 10 т/ч раствора, содержащего первоначально 7 моль сульфата аммония на 1 кг воды. При охлаждении происходит одновременное испарение воды в количестве 5% от начального расхода раствора. Коэффициент теплопередачи $K = 380$ Вт/(м²·К). Определить также расход охлаждающей воды при ее нагреве от 13 до 24⁰С.

Пример 2. Определить необходимую поверхность противоточного кристаллизатора для охлаждения от 80 – 40 °С 8 т/ч раствора, содержащего первоначально 6 моль сульфата аммония на 1 кг воды. При охлаждении происходит одновременное испарение воды в количестве 5 % от начального расхода раствора. Коэффициент теплопередачи $K = 380$.

Пример 3. Определить массу кристаллов, выделяющихся из 4,2 т раствора соды при охлаждении от 30 до 15 °С и начальном содержании соли 2,5 моль на 1 кг воды. Образующийся кристаллогидрат содержит 10 молекул воды:

Тема №5 «Охлаждение»

Решение задач по определению параметров процессов охлаждения.

(задачи выдаются преподавателем)

Пример типовой задачи.

Пример 1. Определить значение коэффициента теплопроводности нитробензола при 120 °С.

Пример 2. По трубному пространству теплообменника прокачивается водный раствор хлорида кальция (холодильный рассол) (массовая доля CaCl_2 24,7%) при средней температуре $t_f = -20$ °С со скоростью $\omega = 0,1$ м/с. Внутренний диаметр труб $d = 21$ мм, длина $L = 3,0$ м. Температура внутренней поверхности трубы $t_w = -10$ °С. Вычислить коэффициент теплоотдачи от стенки к рассолу.

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Примеры типовых заданий на курсовое проектирование.

(Индивидуальные задания выдаются преподавателем)

Вариант №1 Спроектировать ректификационную установку непрерывного действия для разделения смеси вода-скипидар а) производительность по исходному продукту 50 кг/с; б) содержание скипидара в смеси – 60%, в дистилляте – 95%, в кубовом остатке – 2%; в) давление в паровом пространстве – атмосферное; г) подогрев – насыщенным водяным паром с давлением в паропроводе $P = 0,15$ МПа.

Вариант № 2 Рассчитать ректификационную установку непрерывной перегонки водоспиртовой смеси (этиловый спирт) а) производительность по исходной смеси 3 кг/с; б) содержание этилового спирта в смеси – 18%, в кубовом остатке – 3%, в дистилляте – 96%, в) подогрев водяным паром при $P = 0,2$ МПа

Вариант № 3 Спроектировать тарельчатую ректификационную установку непрерывного действия для разделения смеси метиловый спирт-вода а) содержание спирта в исходном сырье – 32,8 % (мол), в дистилляте – 97,5 %, в кубовом остатке – 1,3 %; б) колонна обогревается сухим паром; в) производительность по исходной смеси – 150 кг/с.

Вариант № 4 Спроектировать ректификационную установку непрерывного действия для разделения смеси ацетон-вода. а) производительность по исходной смеси – 70 кг/с; б) содержание летучего компонента (в масс %) в исходной смеси $\bar{x}_F = 40$, в дистилляте $\bar{x}_D = 95$, в кубовом остатке $\bar{x}_W = 2$; в) давление в дефлегматоре – 0,1 МПа; г) подогрев насыщенным водяным паром с давлением в трубопроводе 0,5 МПа; д) тип колонны – тарельчатая.

Вариант № 5 Рассчитать и спроектировать ректификационную колонну непрерывного действия для разделения под атмосферным давлением смеси вода–этиловый спирт. а) со-

держание спирта в исходной смеси – 25% (мол), в дистилляте – 80%, в кубовом остатке не более 0,2%; б) производительность по исходному сырью 10 кг/с

Контрольные теоретические вопросы для собеседования (5 семестр).

1. Осаждение- общие положения. Естественное осаждение. Скорость осаждения. Конструкция горизонтального и вертикального отстойников.
2. Центробежное осаждение в неоднородных жидкостных системах. Фактор разделения.
3. Центробежное осаждение в неоднородных газовых системах. Фактор разделения.
4. Устройство и принцип работы циклонов. Технологический расчет циклонов.
5. Фильтрация. Устройство и работа фильтров. Основное уравнение фильтрации.
6. Определение режима периодического фильтрования.
7. Фильтрация в поле центробежных сил.
8. Гидравлическое сопротивление фильтра.
9. Перемешивание (цели, задачи, проблемы, способы).
10. Пневматическое и циркуляционное перемешивания.
11. Перемешивание лопастными мешалками.
12. Диспергирование жидкостей и газов.
13. Массоперенос. Классификация массообменных процессов.
14. Конструкции массообменных устройств, и их области применения.
15. Концентрация. Способы выражения и пересчёта концентраций.
16. Расчет концентраций трёхкомпонентных смесей (треугольные диаграммы). Правило рычага.
17. Равновесие. Диаграммы равновесия.
18. Виды массопереноса (уравнение Фика).
19. Диффузионный массоперенос.
20. Конвективный массоперенос.
21. Материальный баланс массообменного аппарата.
22. Периодические и непрерывные массообменные процессы.
23. Дайте определение понятиям дистилляция и ректификация.
24. Физико-химические основы процессов перегонки.
25. Правило фаз и равновесие в системах жидкость-пар. Равновесие для идеальных смесей.
26. Равновесие для реальных бинарных смесей.
27. Диаграммы равновесия для гетероазетропных смесей.
28. Диаграммы равновесия для многокомпонентных смесей.
29. Простая дистилляция. (технологическая схема, материальный баланс, тепловой расчёт)
30. Однократная дистилляция. (технологическая схема, материальный баланс, тепловой расчёт).
31. Дистилляция в токе инертного газа. Молекулярная дистилляция.
32. Оценка процессов дистилляции.
33. Ректификация. Сущность процесса.
34. Схема, потоки непрерывно действующей ректификационной установки.
35. Материальные потоки в ректификационной колонне.
36. Тепловые потоки в ректификационной колонне.
37. Укрепляющая часть колонны при непрерывной ректификации.
38. Отгонная часть колонны при непрерывной ректификации.
39. Построение рабочих линий ректификационной колонны.

40. Определение флегмового числа.
41. Определение основных размеров ректификационной колонны.
42. Тепловой расчет колонны.
43. Воздействие на эффективность работы колонны.
44. Ректификация бинарных смесей с применением разделяющего агента.
45. Экстрактивная ректификация.
46. Азеотропная ректификация.
47. Периодическая ректификация бинарных смесей.
48. Ректификация многокомпонентных смесей.
49. Разделение трёхкомпонентных смесей.
50. Абсорбция. Основные понятия. Область применения.
51. Схема абсорбционно-десорбционной установки. Принцип работы.
52. Пленочные и насадочные абсорберы. Область применения.
53. Барботажные абсорберы. Область применения.
54. Распылительные абсорберы. Область применения.
55. Фазовое равновесие в системе газ- жидкость при физической абсорбции.
56. Фазовое равновесие при хемабсорбции.
57. Технологический расчет абсорберов.(диаметр, высота)
58. Процессы десорбции.
59. Гидравлическое сопротивление абсорберов.

Контрольные теоретические вопросы для собеседования (6 семестр).

1. Построение диаграммы $t(x)$ изобара?
2. Построение диаграммы $P(x)$ изотерма?
3. Построение равновесной диаграмму « $y-x$ » для процесса дистилляции?
4. Начертить схему периодической дистилляции?
5. Начертить схему непрерывной дистилляции?
6. Начертить схему аппарат молярной дистилляции?
7. Начертить схемы многократной дистилляции?
8. Начертить технологическую схему ректификации?
9. Начертить и рассказать устройство ректификационной колонны?
10. Начертить типовую схему ректификационной колонны с вспомогательным оборудованием?
11. Построить рабочую линию процесса ректификации укрепляющей части колонны двумя способами?
12. Построить рабочую линию процесса ректификации отгонной части колонны двумя способами?
13. Построить рабочую линию процесса ректификации всей колонны?

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ. (6 семестр)

Раздел 3 *Разделение неоднородных систем*

Тема: 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?

Тема: 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?
17. Чем определяются закономерности отстаивания?
18. Что представляет собой лимитирующий слой?
19. Какие зоны фиксируются в аппаратах отстаивания?
20. Зависит ли время уплотнения от формы и размеров сосуда?
21. От чего зависит время уплотнения, необходимое для получения требуемой концентрации твердой фазы в шламе?
22. От чего зависит время пребывания твердой фазы в аппарате?
23. Благодаря чему наблюдается увеличение концентрации твердой фазы в сгустителе в направлении сверху вниз?

Тема: Фильтрация при постоянном давлении.

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

Раздел 4 Массообменные процессы

Тема: 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?

Тема: Определение гидравлического сопротивления тарелок колонных аппаратов.

1. Какие типы тарелок использованы в лабораторной установке (покажите их на установке)?
2. От каких факторов зависит гидравлическое сопротивление колпачковой тарелки?
3. От каких факторов зависит гидравлическое сопротивление клапанной тарелки?
4. От каких факторов зависит гидравлическое сопротивление ситчатой тарелки?
5. Дайте пояснения полученным результатам гидравлического сопротивления тарелок (по типам).
6. На что влияет гидравлическое сопротивление тарелок в колонных аппаратах?

Тема: Изучение конструкции и работы установки АРН-2.

1. Из каких основных узлов состоит установка?
2. Поясните назначение буферной емкости.
3. Как устроен дефлегматор установки АРН-2?
4. Поясните алгоритм работы установки.
5. Как происходит загрузка нефти в установку?
6. Зачем нужен в установке вакуумный насос?
7. Где снимаются показания давлений верха и низа колонны?

Тема: 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. Объясните принцип работы насадочной колонны.
7. Назовите основные нефтяные фракции и параметры их перегонки.

Раздел 5 Механические процессы

Тема: Механические процессы.

1. Какие основные узлы включает щековая дробилка.
2. Начертите схемы щековых дробилок.
3. Объясните закон распределения фракций раздробленного материала.
4. Как происходит разделение на фракции сыпучего материала после дробления.
5. Что такое рецикл при дроблении.
6. Начертите схему размольной машины.

Экзаменационные теоретические вопросы.(6 семестр)

1. Абсорбция. Основные понятия. Область применения.
2. Схема абсорбционно-десорбционной установки. Принцип работы
3. Пленочные и насадочные абсорберы. Область применения.
4. Барботажные абсорберы. Область применения.
5. Распылительные абсорберы. Область применения.
6. Фазовое равновесие в системе газ- жидкость при физической абсорбции.
7. Фазовое равновесие при хемабсорбции.
8. Технологический расчет абсорберов.(диаметр, высота)
9. Процессы десорбции.
10. Гидравлическое сопротивление абсорберов.
11. Жидкостная экстракция. Общая характеристика процесса.
12. Экстракторы с непрерывным контактом фаз.

13. Экстракторы со ступенчатым контактом фаз.
14. Основные схемы экстракции.
15. Выбор экстрагента.
16. Расчет однократной экстракции. (при полной взаимной нерастворимости компонентов)
17. Расчет противоточной экстракции. (при полной взаимной нерастворимости компонентов)
18. Фазовое равновесие экстракции при частичной взаимной растворимости экстрагента и разбавителя.
19. Треугольные диаграммы для процессов экстракции.
20. Правило рычага в треугольных диаграммах при экстракции.
21. Однократная экстракция при частичной взаимной растворимости экстрагента и разбавителя.
22. Парциальная экстракция при частичной взаимной растворимости экстрагента и разбавителя.
23. Непрерывная противоточная экстракция при частичной взаимной растворимости экстрагента и разбавителя.
24. Определения числа ступеней при экстракции.
25. Адсорбция. Основные понятия. Область применения.
26. Адсорбенты. Свойства и их выбор.
27. Физико-химические основы адсорбционных процессов.
28. Кривые адсорбционного равновесия.
29. Адсорберы непрерывного действия с псевдоожигенным слоем сорбента.
30. Адсорберы непрерывного действия с движущимся слоем сорбента.
31. Технологический расчет адсорбционных процессов.
32. Задача проектирования (адсорбция).
33. Определение динамической емкости сорбента.
34. Расчет количества десорбируемого поглощаемого компонента.
35. Сушка материалов. Применение в химической технологии.
36. Работа и конструкция конвективных сушильных аппаратов.
37. Специальные сушильные аппараты конструкция , назначение.
38. Физико-химические основы процесса конвективной сушки.
39. Расчет по диаграмме I-x для влажного воздуха.
40. Равновесие при сушке.
41. Простая сушилка.
42. Многозональная сушилка.
43. Сушилка с частичным возвратом отработанного воздуха.
44. Кинетика процесса сушки.
45. Сущность процесса кристаллизации.
46. Особенности процесса кристаллизации.
47. Фазовое равновесие при кристаллизации. (рассмотреть случай однокомпонентной системы, бинарной и тройной смесей).
48. Кинетика процесса кристаллизации.
49. Фракционная кристаллизация.
50. Растворение и Выщелачивание , основные характеристики процессов.
51. Аппараты для процессов выщелачивания.
52. Физико-химические основы растворения твёрдых веществ.
53. Кинетика процессов растворения.
54. Схемы процессов растворения
55. Сублимация и десублимация. Основные определения. Области применения.
56. Физико-химические основы сублимации и десублимации.

57. Организация процессов сублимации и десублимации.
58. Технологический расчёт процессов сублимации.
59. Области применения умеренного охлаждения.
60. Паровая холодильная машина.
61. Компрессионная холодильная машина.
62. Рабочие тела холодильных машин, хладагенты.
63. Области применения глубокого охлаждения.
64. Аппаратура для процессов глубокого охлаждения.
65. Классификация размольных машин. Затраты энергии на измельчение.
66. Устройство и принцип работы щековых дробилок.
67. Устройство и принцип работы валковых дробилок.
68. Устройство и принцип работы барабанных мельниц.
69. Грохочение. Устройство грохотов.
70. Комбинированные процессы.
71. Назначение мембран.
72. Конструкция мембран.

