

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 10.09.2023 11:07:14  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6a9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Процессы и аппараты химической технологии

Закреплена за подразделением Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль

Квалификация	<b>Бакалавр</b>	
Форма обучения	<b>заочная</b>	
Общая трудоемкость	<b>7 ЗЕТ</b>	
Часов по учебному плану	252	Формы контроля на курсах: экзамен 3 зачет 3 курсовой проект 3
в том числе:		
аудиторные занятия	24	
самостоятельная работа	215	
часов на контроль	13	

### Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	3		Итого	
	уп	рп		
Лекции	12	12	12	12
Практические	12	12	12	12
Итого ауд.	24	24	24	24
Контактная работа	24	24	24	24
Сам. работа	215	215	215	215
Часы на контроль	13	13	13	13
Итого	252	252	252	252

Программу составил(и):

*Доцент, Алексеев Д.И.*

Рабочая программа

**Процессы и аппараты химической технологии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата) (приказ от 25.12.2017 г. № № 857 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, 18.03.01\_18\_ХимТехнология\_Пр1\_заоч\_2020.plz.xml , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.05.2020, протокол № 10/зг

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.05.2020, протокол № 10/зг

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 24.06.2021 г., №11

Руководитель подразделения к.ф.-м.н., доцент Гюнтер Д.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель: изучить теоретические основы химической технологии и аппаратурного оформления химических производств.
1.2	
1.3	Задачи:
1.4	- изучить основные принципы построения химической технологии для осуществления производственного цикла.
1.5	- изучить теорию основных процессов химической технологии;
1.6	- изучить конструктивное исполнение типовой химической аппаратуры;
1.7	- научить применять методы расчета типовых аппаратов химических производств.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Прикладная механика	
2.1.2	Теплотехника	
2.1.3	Физика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Государственная итоговая аттестация	
2.2.2	Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4	
2.2.3	Метрология, стандартизация и сертификация	
2.2.4	Системы управления химико-технологическими процессами	
2.2.5	Физико-химические основы нефтяных дисперсных систем	
2.2.6	Химические реакторы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3.4: Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3.4-31 основы гидродинамики
<b>УК-8.1: умение проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю образовательной программы, выбирать и применять соответствующие методики проектирования и разработки, включая передовые методы и технологии</b>
<b>Знать:</b>
УК-8.1-31 основные этапы расчёта сопротивления в трубопроводах и выбор насоса
<b>ПК-1.1: Способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1.1-31 основные параметры работы насоса
<b>ПК-1.8: Готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1.8-31 основные типы и конструкции насосов, основные типоразмеры труб
<b>УК-8.1: умение проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю образовательной программы, выбирать и применять соответствующие методики проектирования и разработки, включая передовые методы и технологии</b>
<b>Уметь:</b>
УК-8.1-У1 рассчитать сопротивления в трубопроводе

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ								
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение</b>							
1.1	Введение. Основное уравнение гидростатики. Механика жидкостей и газов. Гидродинамика. Основные характеристики потока. Ламинарные и турбулентные течения /Лек/	3	1		Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.9 Э1			
1.2	Техника безопасности и противопожарные меры /Ср/	3	6		Л1.1Л2.2 Л2.12Л3.1 Э1			
1.3	История и основные этапы развития коксохимической технологии /Ср/	3	8		Л1.2Л2.3 Л2.12Л3.6 Э1			
	<b>Раздел 2. Механика жидкостей и газов.</b>							
2.1	Истечение жидкостей и газов. Определение режимов течения вязкой жидкости. Измерение вязкости жидкостей /Лек/	3	1		Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.9 Л2.12Л3.3 Л3.5 Л3.6 Э1			
2.2	Подготовка и оформление практических работ, проработка конспекта лекций /Ср/	3	10		Л1.1 Л1.6 Л1.7Л3.3 Л3.6 Э1			
	<b>Раздел 3. Моделирование поведения жидкостей и газов.</b>							
3.1	Основные теории подобия и анализа размерностей. Критерии гидродинамического подобия /Лек/	3	1		Л1.2 Л1.6 Л1.7Л2.5 Л2.8 Л2.12Л3.1 Л3.4 Э1			
3.2	Обобщенное критериальное уравнение гидродинамики /Лек/	3	1		Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.1Л3.1 Л3.6 Э1			
3.3	Расчет трубопроводов для транспорта жидкостей и газов /Лек/	3	1		Л1.2 Л1.6 Л1.7Л2.5Л3.1 Л3.4 Э1			
3.4	Гравитационное осаждение шарообразных частиц. Изучение процесса фильтрования при постоянной движущей силе /Пр/	3	2		Л1.1 Л1.4Л2.6 Л2.12Л3.6 Э1			
3.5	Исследование процесса теплопередачи в теплообменнике «труба в трубе». /Ср/	3	10		Л1.2 Л1.4Л2.7Л3.4 Э1			
3.6	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	10		Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.8 Э1 Э2			
	<b>Раздел 4. Основные процессы и аппараты при работе с газами и жидкостями</b>							

4.1	Пленочные аппараты Гидравлика двухфазных потоков. Барботажные аппараты Принципы конструирования аппаратов кипящего слоя /Лек/	3	1		Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л2.2 Л2.6 Л3.3 Э1			
4.2	Определение гидравлического сопротивления при движении жидкости в трубопроводе /Пр/	3	2		Л1.1 Л1.4 Л2.5 Л2.12 Л3.1 Э1			
4.3	Подготовка и оформление практической работы, проработка конспекта лекций /Ср/	3	8		Л1.2 Л2.6 Л3.3 Л3.6 Э1			
4.4	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	10		Э2			
	<b>Раздел 5. Перемещение жидкостей и газов</b>							
5.1	Перемещение жидкостей. Насосы. Перемещение газов. Компрессоры /Лек/	3	1		Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л2.4 Л2.7 Э1			
5.2	Построение основных характеристик центробежного вентилятора /Ср/	3	8		Л1.3 Л1.4 Л2.9 Л2.12 Л3.2 Э1			
5.3	Методы расчета и выбора насоса /Ср/	3	8		Л1.2 Л1.3 Л2.10 Л3.2 Э1			
5.4	Термодинамический расчет эксгаустера /Ср/	3	8		Л1.2 Л1.3 Л2.10 Л3.2 Э1			
5.5	Расчет процесса осаждения частиц /Ср/	3	8		Л1.2 Л1.3 Л2.7 Л2.10 Л2.11 Л3.2 Э1			
5.6	Проработка конспекта лекций. Подготовка и оформление практических работ для сдачи зачета /Ср/	3	9		Л1.6 Л1.7 Л2.7 Л2.12 Л3.2 Э1			
5.7	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	10		Э2			
	<b>Раздел 6. Методы разделения многофазных систем</b>							
6.1	Фильтрация и центрифугирование Гидромеханические процессы /Лек/	3	1		Л1.1 Л1.2 Л1.6 Л1.7 Л2.2 Э1			
6.2	Исследование равновесия «Жидкость-пар» бинарной смеси /Пр/	3	2		Л1.3 Л1.4 Л2.3 Л2.12 Л3.6 Э1	виртуальный тьюториал		
6.3	Методы выбора центрифуг для разделения трехкомпонентных смесей /Ср/	3	8		Л1.1 Л2.4 Л3.6 Э1			
6.4	Материальный баланс абсорбера /Ср/	3	8		Л1.2 Л2.5 Л3.6 Э1			

6.5	Проработка конспекта лекций. /Ср/	3	8		Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.6 Л2.12Л3.5 Э1			
	<b>Раздел 7. Основы тепло-массопередачи</b>							
7.1	Основы теории теплопередачи. Основы массопередачи /Лек/	3	1		Л1.1 Л1.6 Л1.7Л2.2Л3. 4 Э1			
7.2	Определение массообменных характеристик абсорбера. /Пр/	3	2		Л1.3 Л1.4Л2.4Л3. 1 Э1	коучинг		
7.3	Применение законов Генри и Рауля при расчете сорбционных процессов /Пр/	3	2		Л1.1Л2.5Л3. 4 Э1	коучинг		
7.4	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	8		Л1.2 Л1.6 Л1.7Л2.6 Э2			
	<b>Раздел 8. Методы расчета тепло – и массообменных аппаратов</b>							
8.1	Процессы и способы разделения смесей /Лек/	3	1		Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.6 Э1			
8.2	Разделение бинарной смеси на ректификационной колонне. Изучение кинетики сушки зернистых материалов /Пр/	3	2		Л1.1 Л1.4Л2.5Л3. 6 Э1			
8.3	Определение потребного числа тарелок скруббера /Ср/	3	8		Л1.2Л2.7Л3. 2 Э1			
8.4	Определение потребного числа тарелок ректификационной колонны /Ср/	3	8		Л1.3Л2.8Л3. 1 Э1			
8.5	Определение расхода воздуха и тепла на сушку /Ср/	3	8		Л1.1Л2.9Л3. 1			
8.6	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	10		Л1.2Л2.7Л3. 1 Л3.5 Э2			
	<b>Раздел 9. Современные направления в процессах и аппаратах химической технологии</b>							
9.1	Нестационарные и циклические процессы /Лек/	3	2		Л1.1 Л1.6 Л1.7Л2.4 Э1			
9.2	Проработка конспекта лекций. Современные направления развития коксохимической промышленности и аппаратов коксохимических производств. /Ср/	3	12		Л1.2Л2.3Л3. 3 Э1			
9.3	Изучение материала в LMS Canvas /Ср/	3	12		Э2			

9.4	Подготовка к экзамену в LMS Canvas /Ср/	3	12		Э2			
9.5	Проведение экзамена /Экзамен/	3	13		Э2			

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)**

Перечень вопросов, выносимых на экзамен (часть 1) (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

- 1) Методы составления уравнений балансов массы, количества движения и энергии.
- 2) Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики, его применение в расчетах.
- 3) Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
- 4) Основные характеристики потока. Уравнение неразрывности потока.
- 5) Уравнения Навье-Стокса.
- 6) Уравнения движения Эйлера.
- 7) Уравнение Бернулли.
- 8) Полный гидродинамический напор. Измерение расходов и скоростей движения жидкостей и газов.
- 9) Ламинарные и турбулентные течения. Структура турбулентного потока. Модель Прандтля.
- 10) Основы теории пограничного слоя. Теория изотропной турбулентности Колмогорова.
- 11) Критерии гидродинамического подобия. Обобщенное критериальное уравнение гидродинамики.
- 12) Закон сопротивления при движении однофазного потока. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Коэффициент трения.
- 13) Уравнение Кольбука и Уайта. Местные сопротивления.
- 14) Расчет трубопроводов для транспорта жидкостей и газов.
- 15) Пленочное течение жидкостей. Профиль скоростей в пленке. Расчет средней скорости течения и толщины пленки. Пленочные аппараты.
- 16) Барботажный слой: структура, основные характеристики (газосодержание, удельная поверхность контакта фаз и др.). Гидравлическое сопротивление барботажных аппаратов.
- 17) Характеристики неподвижного зернистого слоя (эквивалентный диаметр частиц, порозность, удельная поверхность и др.). Гидравлическое сопротивление слоя. Структура потоков в слое.
- 18) Структура и характеристики псевдооживленного слоя. Организованный псевдооживленный слой. Гидравлическое сопротивление. Принципы конструирования аппаратов кипящего слоя.
- 19) Пневно- и гидротранспорт, схемы установок и их расчет.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен (часть 2) (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

- 1) Какие процессы называются массообменными?
- 2) Какие общие признаки массообменных процессов?
- 3) Какие величины входят в основное уравнение массопередачи?
- 4) Что изображает и какой вид имеет равновесная и рабочая линия процесса массообмена?
- 5) В каких единицах может выражаться движущая сила массообменных процессов?
- 6) Как определяется средняя движущая сила процесса, когда зависимость между равновесными концентрациями не линейная?
- 7) Как определяется средняя движущая сила процесса, когда зависимость между равновесными концентрациями линейная?
- 8) Какую размерность имеют коэффициенты массоотдачи и массопередачи?
- 9) Какую форму целесообразно дать основному уравнению массопередачи в случае, когда поверхность массообмена является геометрически неопределенной?
10. Что такое удельная поверхность контакта фаз?
- 11) Что такое ступень изменения концентрации?
- 12) Что такое высота, эквивалентная единице переноса?
- 13) Как выражаются коэффициенты массопередачи через коэффициенты массоотдачи при линейной зависимости между рабочими и равновесными концентрациями?
- 14) Какие факторы влияют на величину коэффициента массоотдачи?
- 15) Что характеризуют диффузионные критерии Фурье, Пекле, Прандтля, Нуссельта?
- 16) Что обычно определяют из критериальных уравнений конвективной диффузии?
- 17) Что такое абсорбция и каково ее значение в химической промышленности?
- 18) Каков характер равновесия систем жидкость – газ по закону Генри? Какой вид имеет равновесная линия процесса абсорбции с учетом абсолютных и относительных концентраций?
- 19) Какие модификации имеет основное уравнение массопередачи при абсорбции?
- 20) Какие типы насадок применяются для заполнения абсорбера? Основные характеристики насадок?
- 21) Какая насадка создает наименьшее гидравлическое сопротивление по газу при работе насадочной абсорбционной колонны?
- 22) Что такое активная поверхность насадки?
- 23) Какие применяются типы распределяющих устройств для жидкости?
- 24) Какие применяются средства для равномерного смачивания насадки по всей высоте? Что произойдет, если этих средств не применять?
- 25) Что означает “работа насадочного абсорбера на режимах подвисяния? Каковы особенности такого режима?
- 26) Чем характеризуется гидродинамический режим работы скрубберов, называемый режимом эмульгирования?
- 27) Отчего происходит унос жидкости с тарелок и каково его значение для процесса?
- 28) На каких массообменных тарелках отсутствуют специальные переливные устройства?
- 29) Что называется газосодержанием барботажного слоя?
- 30) Как влияет на процесс абсорбции температура и давление в аппарате?
- 31) Что такое ректификация и каково ее значение в химической технологии?
- 32) Какие теплофизические свойства смесей жидкостей обуславливают возможность их разделения ректификацией?
- 33) Что такое равновесная кривая смеси? От чего зависит угол наклона линии фазового равновесия?



- 34) Что такое относительная летучесть компонента?
- 35) Что такое азеотропные смеси?
- 36) Что такое флегма и флегмовое число?
- 37) Как строятся рабочие линии процесса ректификации?
- 38) Как влияет флегмовое число на движущую силу массообмена и размеры колонны ректификации?
- 39) Как определяется минимальное флегмовое число?
- 40) От чего зависит рабочее флегмовое число?
- 41) Какие два режима работы возможны при периодической ректификации?
- 42) Как устроены и работают ситчатая и колпачковая тарелки?
- 43) Что такое простая перегонка без дефлегматора и с дефлегматором?
- 44) Что такое перегонка в токе водяного пара?
- 45) Что такое молекулярная дистилляция и в каких случаях она применяется?
- 46) Что такое экстракция и каково ее значение в химической технологии?
- 47) О чем говорит закон распределения вещества? Что такое коэффициент распределения и от чего он зависит?
- 48) Каковы основные требования к экстрагенту?
- 49) Что такое изотермы экстракции?
- 50) Аналогом какого параметра процесса ректификации является коэффициент распределения?
- 51) Каковы недостатки многоступенчатой экстракции при перекрестном токе?
- 52) Как устроены и работают полые колонные экстракторы с диспергированием одного из компонентов?
- 53) Что такое равновесная влажность материала?
- 54) Как составляются балансы влаги в высушиваемом материале и в высушиваемом газе.
- 55) Из каких элементов состоит газовая (воздушная) сушильная установка?
- 56) Из каких слагаемых состоит тепловой баланс воздушной сушки?
- 57) Как найти на диаграмме Рамзина для воздуха: линии постоянных теплосодержаний, линии постоянных температур, линии постоянной относительной влажности, линии парциальных давлений?
- 58) Какое различие между абсолютной и относительной влажностью воздуха?
- 59) Как на диаграмме Рамзина изображается нагревание или охлаждение воздуха; смешение потоков воздуха, имеющих различные параметры?
- 60) Как строится процесс воздушной сушки на диаграмме Рамзина?
- 61) Чем отличается рабочая линия теоретической сушки от действительной и как она строится?
- 62) Какие факторы и как влияют на скорость сушки?
- 63) Каков порядок технологического расчета газовой (воздушной) сушки? В частности, как определяется количество удаляемой из материала влаги, количество высушиваемого газа (воздуха), геометрические размеры сушилок?
- 64) Что такое положительная и отрицательная растворимость? Приведите примеры.
- 65) Какие растворы называются насыщенными и пересыщенными?
- 66) Факторы, влияющие на скорость кристаллизации?
- 67) Как условия кристаллизации влияют на свойства кристаллов?
- 68) Какой из способов кристаллизации является изотермическим?
- 69) Какой способ кристаллизации является изогидрическим?
- 70) От чего зависит производительность вальцовых кристаллизаторов? Какова допустимая скорость вращения барабана?

## 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Варианты контрольных работ (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

- 1) Известно, что динамический коэффициент вязкости хлорбензола при 20 С равен 0,9 сП, а при 50 С – составляет 06 сП. Найти, пользуясь правилом линейности динамический коэффициент вязкости хлорбензола при 70 градусах.  
 2) Определить режим течения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе» при следующих условиях:

внутренняя стенка имеет диаметр 25 X 2 мм,  
 наружная 51 X 2,5 мм,  
 массовый расход жидкости 3730 кг/ч,  
 плотность жидкости 1150 кг/ куб.м,  
 динамический коэффициент вязкости  $1,2 \cdot 10^{-3}$  Па\*с.

Номер варианта (n) задания далее – последняя цифра зачетной книжки студента.

Демонстрационный вариант контрольной работы №1

- 1) Динамический коэффициент вязкости некоторой жидкости составляет:

при  $t=34+n$  градусах  $(0,554+n/5)$ Па\*с  
 $t=28+n$  градусах  $(0,934+n/5)$ Па\*с  
 $t=25$  градусах  $(1,42+n/5)$ Па\*с  
 $t=20$  градусах  $(2,09+n/5)$  Пас\*с.

Определить динамический коэффициент вязкости этой жидкости при  $t=(14+n/3)$ градусах.

- 2) Теплообменник изготовлен из стальных труб диаметром 76 X 3 мм. По трубам проходит газ под атмосферным давлением. Требуется найти необходимый диаметр труб при работе с тем же газом, но под давлением  $(n/2+0,5)$ кгс/см<sup>2</sup>, если требуется скорость газа сохранить прежней, при том же массовом расходе газа и том же числе труб.

Демонстрационный вариант домашней контрольной №2

- 1)  $(2+10 \cdot n/2)$ т/ч нитробензола при 20 градусах перекачиваются насосом из бака с атмосферным давлением в реактор, где поддерживается избыточное давление 0,01 Мпа. Трубопровод выполнен из стальных труб диаметром 89 X 4 мм с незначительной коррозией. Длина всего трубопровода  $(45+n)$  м. На трубопроводе установлена диафрагма ( $d_o=51,3$  мм), две задвижки и четыре отвода под углом 90 градусов с радиусом изгиба 160 мм. Высота подъема жидкости 15 м. Найти мощность, потребляемую насосом, приняв общий к.п.д. равным  $(0,65+n/2)$ .

- 2) Как изменится производительность отстойника, если температуру водной суспензии изменить с  $(n+10)$  до  $(n+50)$  градусов. Критерий  $Re < 0,2$ .

- 3) Стенка печи состоит из двух слоев: огнеупорного кирпича (толщ. 500 мм) и строительного кирпича (толщ. 250 мм). Температура внутри печи  $(1000+60 \cdot n)$  градусов. Температура окружающего пространства  $(20+n)$  градусов.

Определить:

а) потери теплоты с 1 м<sup>2</sup> поверхности стенки;

б) температуру на границе между огнеупорным кирпичом и строительным.

Коэффициент теплоотдачи от печных газов к стенке равен 34,8 Вт/(м<sup>2</sup> К), коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху равен 16,2 Вт/(м<sup>2</sup> К), коэффициент теплопроводности огнеупорного кирпича равен 1,16 Вт/(мК), коэффициент теплопроводности строительного кирпича равен 0,58 Вт/(м К).

Контрольная работа №1 (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

В скруббер поступает V газовой смеси, считая при атмосферном давлении и при рабочей температуре. В скруббер подается L поглотителя (воды). Начальное содержание поглощаемого вещества А в газе ун, конечное – ук. Давление в скруббере Рабс, температура t. В скруббер загружено Gткерамических колец с размерами В. Коэффициент смоченности насадки ψ. Определить коэффициент массопередачи. Данные для расчета принять по таблице.

Таблица – Исходные данные

n	V, м3/ч	L, м3/ч	А доли	ун, доли	ук, об.	Рабс МПа	t, С	Gт, т	В, мм	ψ
0	3600	470	аммиак	0,35	0,003	1,0	10	25	15x15x2	0,3
1	4000	450	ацети-	0,27	0,007	2,0	12	31	25x25x3	0,7
			лен							
2	6000	770	этилен	0,24	0,004	2,3	15	26	25x25x3	0,7
3	5500	590	серово-	0,32	0,002	2,5	13	24	35x35x4	0,8
			дород							
4	4500	600	метан	0,30	0,006	1,8	14	28	35x35x	0,7
				2,5						
5	5000	700	этан	0,26	0,005	2,4	17	34	35x35x4	0,65
6	5500	720	хлор	0,24	0,006	1,5	16	33	35x35x4	0,75
7	6000	540	окись	0,25	0,003	3,6	10	27	25x25x3	0,7
			углерода							
8	3900	590	кисло-	0,60	0,004	4,1	12	22	15x15x2	0,9
			род							
9	4000	550	азот	0,33	0,006	2,2	14	30	15x15x2	0,9

Контрольная работа №2 (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

В насадочном абсорбере производится поглощение компонента А из газовой смеси под избыточным давлением Ризб. Температура в абсорбере  $t$ , фиктивная скорость газа –  $w$ , средняя молярная масса газа  $MГ$ , кг/кмоль. Абсорбер заполнен насадкой В с размерами С. Определить коэффициент массоотдачи для газовой фазы, если абсорбер работает в пленочном режиме.

Данные для расчета принять по таблице.

Таблица – Исходные данные к работе 2

n	А	w, МПа	Ризб, кг/кмоль	МГ, С	t, мм	С,	В
0	N2	0,41	0	26	25	15x15x2	кольца керамические
1	NH3	0,39	0,18	44	24	25x25x3	кольца керамические
2	H2	0,44	0,25	15	22	25x25x3	кольца керамические
3	SO2	0,31	0,31	26	14	35x35x4	кольца керамические
4	O2	0,5	1,1	22	16	35x35x4	кольца керамические
5	HCl	0,33	0,53	26	26	42,6	кокс кусковой
6	CO2	0,42	0,71	26	30	40,8	кокс кусковой
7	H2	0,31	0,11	20	12	28,1	кокс кусковой
8	SO2	0,33	0,32	27	26	43,3	кокс кусковой
9	NH3	0,44	0,56	20	25	28,6	кокс кусковой

Курсовой проект (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

Курсовой проект является заключительным этапом обучения студентов по дисциплине ПиАХТ и выполняется после сдачи экзаменов по курсу.

Курсовое проектирование имеет своей целью обучить студентов основам технологического и конструктивного расчетов химической аппаратуры.

В процессе курсового проектирования студент должен овладеть методикой технико-экономического обоснования и выбора типовой аппаратуры, теорией и практикой выполнения расчетов и проектирования аппаратов.

Темой курсового проекта является расчет и проектирование типовой химической аппаратуры, например, выпарных установок, сушильных аппаратов, массообменных колонн. Тема проекта должна предусматривать расчеты по нескольким важнейшим разделам курса, включая гидравлические, тепловые расчеты и расчеты по теплообмену.

На основании расчетов студентом определяются основные режимные параметры и геометрические характеристики аппарата. Затем выполняются эскизы аппарата, прорабатывается компоновка и возможные варианты расположения узлов.

После выбора оптимального варианта конструкции студент приступает к разработке чертежей аппарата.

Результаты расчета вместе с графиками, рисунками и необходимыми вспомогательными материалами оформляются в виде пояснительной записки.

Темы курсовой работы:

1. Проектирование выпарного аппарата в условиях цеха улавливания КХП.
2. Проектирование массообменного скруббера в условиях цеха улавливания КХП.
3. Проектирование и расчет первичного газового холодильника машинно - конденсационного отделения КХП.
4. Проектирование и расчет конечного газового холодильника машинно - конденсационного отделения КХП.
5. Расчет теплообменного оборудования цикла конечного охлаждения коксового газа.
6. Расчет дистилляционной колонны для схемы получения бензола марки БС-1.

#### ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

Тема: «Расчёт оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки»

Гидравлический и тепловой расчет оборудования участка подогрева исходной смеси ректификационной установки.

Задачи:

1. Расчет гидравлических сопротивлений в трубопроводе и выбор центробежного насоса.
2. Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева исходной смеси.

Исходные данные:

Смесь: метанол - толуол

Массовая доля НКК  $x_{НКК} = 0,50$

Расход смеси  $G = 27000$  кг/ч

Начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 150$  °С

Конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 150$  °С

Начальная температура смеси  $t_{2н} = 25$  °С

Конечная температура смеси  $t_{2к} = 65$  °С

Давление водяного пара  $P_{вп} = 480000$  Па

Геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)  
Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра математики и естествознания

БИЛЕТ К ЭКЗАМЕНУ № 0

Дисциплина: «Процессы и аппараты химической технологии»  
Направление: 18.03.01 «Процессы и аппараты химической технологии»  
Форма обучения: заочная  
Форма проведения экзамена: устная

1) Как определяется средняя движущая сила процесса, когда зависимость между равновесными концентрациями линейная?  
2) Винтовые насосы

3) Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева смеси по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

Составил: к.т.н., доцент кафедры МиЕ  
Зав. кафедрой МиЕ

А.В.Саблин

А.В. Швалёва

Задания для текущего контроля знаний (ПК-1.1\_31, ПК-1.8\_31, ПК-3.4\_31, УК-8.1\_31, УК-8.1\_У1)

1. Расчет ориентировочного диаметра трубопровода и выбор стандартного диаметра трубопровода по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

2. Расчет скорости движения жидкости и определение режима ее движения по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

3. Расчет коэффициента гидравлического сопротивления по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

4. Расчет коэффициентов местных сопротивлений по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 20$  м.

5. Расчет полной потери напора в трубопроводе по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 20$  м.

6. Расчет стандартного кожухотрубного аппарата для процесса нагрева смеси по следующим исходным данным: исходная смесь хлороформ - уксусная кислота; массовая доля НК хнк = 0,26; расход смеси  $G = 23300$  кг/ч; начальная температура водяного пара  $t_{1н} = 160$  °С; конечная температура водяного пара  $t_{1к} = 160$  °С; начальная температура смеси  $t_{2н} = 30$  °С; конечная температура смеси  $t_{2к} = 61$  °С; давление водяного пара  $R_{вп} = 480000$  Па; геометрическая высота подъема  $h_{геом} = 21$  м.

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в устной форме

- оценка «отлично» выставляется студенту, если четко сформулирован ответ на вопрос билета, ясно излагаются основные понятия и теоретические основы; логически соединены в единое повествование термины, понятия, теоретические обобщения, относящиеся к раскрываемой теме; если без ошибок выполнено практическое задание;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если частично сформулирован ответ на вопрос билета, излагаются основные понятия и теоретические основы; недостаточно логично соединены в единое повествование термины, понятия, теоретические обобщения, относящиеся к раскрываемой теме; если без ошибок выполнено практическое задание;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если отсутствует четко сформулированный ответ на поставленный вопрос и ясное изложение темы; отсутствует логическое соединение в единое повествование теоретические обобщения; ответ формулируется на примерах бытового уровня; практическое задание выполнено с недочетами.

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в дистанционной форме в LMS Canvas

90 ≤ Процент верных ответов ≤ 100 - отлично

75 ≤ Процент верных ответов < 90 - хорошо

60 ≤ Процент верных ответов < 75 – удовлетворительно

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Курсовая работа считается выполненной успешно, если при её оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении защиты в форме устного опроса критериями оценки являются

«Отлично»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.

«Хорошо»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

«Удовлетворительно»: Работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

«Неудовлетворительно»: Работа не содержит расчетную базу, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях, имеет значительные ошибки в расчетах. При защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Оценка результатов экзамена осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Экзамен считается пройденным успешно, если при его проведении получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении экзамена в письменной форме критериями оценки являются

«Отлично»: Оба вопроса билета изложены полно (в рамках программы курса или лекционного курса) и точно. Способность самостоятельно мыслить, ясно и последовательно излагать содержание ответа, умение обобщать материал, делать выводы. Правильные ответы на дополнительные (проверочные) вопросы в рамках билета. Подробное изложение основных положений ответа в Листе устного опроса.

«Хорошо»: Оба вопроса или один из них в целом раскрыты, но изложены недостаточно полно (не менее, чем на 80 – 90 %), либо в ответе содержатся неточности (в именах, хронологии, в названии термина при понимании его сути и т.д.). Наличие достаточно подробных записей в Листе устного опроса.

«Удовлетворительно»: Изложение каждого вопроса в не менее, чем на 60 %, грубые ошибки в периодизациях, классификациях, трактовке основных понятий и т.д. Незнание одного из вопросов может быть компенсировано другим вопросом (на усмотрение преподавателя) при соответствующей записи в Листе устного опроса. Непоследовательное изложение материала, неумение делать выводы.

«Неудовлетворительно»: Отсутствие записей в Листе устного опроса, отказ от ответа, подмена одного вопроса другим, наличие шпаргалки. Изложение вопросов менее, чем на 60 %. Незнание основных понятий и положений темы. Неспособность связно изложить материал.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	А.Г. Касаткин	Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов		М., Альянс, 2014,
Л1.2	К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков	Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие		М., Альянс, 2013,

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.3	И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампиди, В.Г.Иванов, Э.В.Чиркунов, под ред.Х.Э. Харлампиди	Общая химическая технология. Методология проектирования химико - технологических процессов: Учебник		СПб, Лань, 2014,
Л1.4	Алексеев В.В.	Лабораторный практикум по машинам и аппаратам химических производств : учебное пособие		Казань : Издательство КНИТУ, 2011, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258707">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258707</a> (18.11.2015)
Л1.5	А.И. Разинов, П.П. Суханов	Процессы массопереноса с участием твердой фазы=Mass transfer processes with a solid phase participation : учебное пособие		Казань : КНИТУ, 2012, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259392">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259392</a> (18.11.2015).
Л1.6	А.И. Леонтьева	Оборудование химических производств в 2 частях . Ч. 1. : учебное пособие		Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», , 2012, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277812">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277812</a> (18.11.2015).
Л1.7	А.И. Леонтьева	Оборудование химических производств в 2 частях . Ч. 2. : учебное пособие		Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», , 2012, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277813">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277813</a> (18.11.2015)

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Романков П. Г.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии ((примеры и задачи)): : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Хим. технология и биотехнология" и специальности "Хим. технология"		СПб.: Химиздат, 2010,
Л2.2	Плановский А. Н.	Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: учебник для вузов специальности "Машины и аппараты хим. пр -в"		М.: Химия, 1962,
Л2.3	Дыгнерский Ю. И.	Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов: в 2 кн.		М.: Химия, 1995,
Л2.4	Рамм, В. М.	Абсорбция газов		М.: Химия, 1976,
Л2.5	П. Г. Романков, В. Ф. Фролов.	Массообменные процессы химической технологии. Системы с дисперсной твердой фазой:		- Л.: Химия, 1990,
Л2.6	П. Г. Романков, М. И. Курочкина	Гидромеханические процессы химической технологии		Л.: Химия, 1982,
Л2.7	Кельцев Н. В.	Основы адсорбционной техники		М.: Химия, 1976,
Л2.8	Касаткин А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии: : учебник для вузов		М.: Альянс, 2014,

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.9	Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю. И. Дытнерского	Основные процессы и аппараты химической технологии: : учеб. пособие по проектированию для студентов хим.-технолог. специальностей вузов		М.: Альянс, 2007,
Л2.10	Н.А.Самойлов	Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико - технологических процессов": Учебное пособие		СПб, Лань, 2013,
Л2.11	А.М. Гумеров	Математическое моделирование химико - математических процессов: Учебное пособие		СПб, Лань, 2014,
Л2.12	В.М. Лекае, А.В. Лекае. -М.: Высш.шк.	Процессы и аппараты химической промышленности: учебник		, 1977,

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	А.В.Горохов	Определение гидравлических сопротивлений в трубопроводах: Методические указания к лабораторной работе		Магнитогорск, госю техн. ун-т им Г.И. Носова, 2013,
Л3.2	А.В.Горохов	Снятие и построение характеристик центробежного насоса: Методические указания к лабораторной работе		Магнитогорск гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова , 2013,
Л3.3	А.В.Горохов, В.В.Вейнский	Определение режима движения жидкости: Методические указания к лабораторной работе		Магнитогорск ГОУ ВПО 2МГТУ", 2009,
Л3.4	В.В.Вейнский , А.В.Горохов	Изучение процесса теплообмена в жидкостном теплообменнике: Методические указания к лабораторной работе		Магнитогорск гос.техн.ун-та им. Г.И. Носова , 2012,
Л3.5	А.В.Горохов	Изучение вязкости жидкости: Методические указания к лабораторной работе		Магнитогорск гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова , 2013,
Л3.6	В.В.Вейнский, А.В.Горохов	Изучение процесса осаждения твердых частиц в жидкости		Магнитогорск, ГОУ ВПО "МГТУ" , ,

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Российская научная электронная библиотека	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>
Э2	LMS Canvas	<a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	<a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a> - учебно-методический сайт о моделировании и исследовании систем, объектов, технических процессов и физических явлений.
И.2	<a href="http://mvtu.power.bmstu.ru">mvtu.power.bmstu.ru</a> - Статьи о возможностях ПК «МВТУ», опубликованные на сайте <a href="http://model.exponenta.ru">model.exponenta.ru</a> : «Программный комплекс "Моделирование в технических устройствах"».
И.3	<a href="http://xumuk.ru">xumuk.ru</a>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для успешного освоения дисциплины и понимания теоретического материала студентом необходимы знания, полученные в высшей школе по математике, физике, общей и неорганической химии, информатике, физической химии,

теории вероятностей и математической статистике, экологии.

Следует помнить, что лекционный материал отражает лишь наиболее значимые научные и технические решения, поэтому, для понимания материала необходимо обращаться к литературным источникам с более полным описанием изучаемой темы. Не следует ограничиваться одним учебным пособием, или выбирать самый современный учебник. Полезнее сравнивать устаревшие технологические решения с наиболее эффективными современными, отслеживая эволюцию технической и инженерной мысли. Для этих целей следует использовать как базовую литературу, так и дополнительную, указанные в рабочей программе дисциплины.

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторить ранее пройденный лекционный материал и дополнить его сведениями из актуальных на сегодняшний день источников периодической печати ведущих в отрасли журналов, таких как «Кокс и Химия», «Башкирский нефтехимический журнал», «Сталь», «Уголь», «Вестник МГТУ». При наличии, полезно использовать информационные бюллетени, выпускаемые ведущим научно-исследовательским институтом страны ФГУП ВУХИН (Восточный углехимический институт, г. Екатеринбург), а также сборники реферативных статей, патенты, находящиеся в открытом доступе.

Рассматривая какую-либо технологическую цепочку следует помнить, что успешно функционирующая технология на одном заводе может оказаться не эффективной в условиях другого. Отсюда – не бывает единственно верного и универсального технического решения. Оптимальное же решение возможно только при детальном изучении множества литературных источников и практических выводов. Таким образом только понимание предназначения и области применения каждой технологии ведет к успешному освоению курса.

В целом, дисциплина состоит не только из аудиторной части, но и включает в себя самостоятельную работу студента, призванную в первую очередь научить студента работать с литературой и проводить логический анализ, делать обобщения.

На самоподготовку выносятся следующие темы:

«История и основные этапы развития коксохимической технологии»,

«Современные направления развития коксохимической промышленности и аппаратов коксохимических производств».

Для успешной сдачи экзамена и зачета при этом необходимо объединить сведения, полученные в ходе лекционных, практических занятий и самоподготовки.

Курсовой проект является заключительным этапом обучения студентов по дисциплине ПиАХТ и выполняется после сдачи экзаменов по курсу.

Курсовое проектирование имеет своей целью обучить студентов основам технологического и конструктивного расчетов химической аппаратуры, а также расширить теоретические знания студентов, приобрести навыки по решению инженерных задач. Выполнение курсового проекта служит базой для курсовых и дипломных проектов по специальности

В процессе курсового проектирования студент должен овладеть методикой технико-экономического обоснования и выбора типовой аппаратуры, теорией и практикой выполнения расчетов и проектирования аппаратов.

Темой курсового проекта является расчет и проектирование типовой химической аппаратуры, например, выпарных установок, сушильных аппаратов, массообменных колонн. Тема проекта должна предусматривать расчеты по нескольким важнейшим разделам курса, включая гидравлические, тепловые расчеты и расчеты по тепло-массообмену.

На основании расчетов студентом определяются основные режимные параметры и геометрические характеристики аппарата. Затем выполняются эскизы аппарата, прорабатывается компоновка и возможные варианты расположения узлов. После выбора оптимального варианта конструкции студент приступает к разработке чертежей аппарата.

Результаты расчета вместе с графиками, рисунками и необходимыми вспомогательными материалами оформляются в виде пояснительной записки.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 30-35 листов рукописного текста.

В целом курсовой проект должен представлять собой законченную проектную разработку установки. За результаты расчетов ответственность несет студент – автор проекта. Преподаватель – руководитель проекта – направляет работу студента, обеспечивает систематические консультации, на которых студент получает ответы на все возникающие у него вопросы и рекомендации по основным разделам разрабатываемого проекта.

Законченный и полностью оформленный проект сдается на проверку преподавателю. После проверки и внесения исправлений проводится защита проекта. Оценивается курсовой проект с учетом качества выполнения, уровня защиты и степени самостоятельности при работе.

Графическая часть проекта состоит из чертежей на листах формата А1.

При выполнении расчетных задач и решении задач курсового проектирования

Основное содержание пояснительной записки определяется заданием на курсовой проект. Объем пояснительной записки должен быть не менее 30...40 страниц рукописного текста. Страницы записки нумеруются, включая страницы с рисунками и таблицами. На титульном листе номер страницы не указывается.

Вне зависимости от темы расчетно-пояснительная записка должна содержать: - титульный лист;

- задание на проектирование;
- оглавление;
- введение;
- описание технологической схемы установки;
- основные свойства рабочих сред;
- расчетную часть, включающую технологические расчеты и выбор оборудования;
- заключение;
- список использованной литературы.

Во введении указываются сущность, значение и области применения рассматриваемого процесса. Необходимо также привести сравнительную характеристику аппаратов для его осуществления и обосновать выбор конструкции основного аппарата.

При описании технологической схемы следует проанализировать различные ее варианты, позволяющие интенсифицировать основной процесс и повысить технико-экономические показатели. Необходимо также учитывать



требования охраны окружающей среды.

В условиях роста масштабов промышленного производства охрана окружающей среды стала одной из важнейших проблем современности, в решении которых значительная роль принадлежит процессам и аппаратам химической технологии как при разработке новых малоотходных производств, так и при разработке методов очистки сточных вод и газовых выбросов. Это достигается одновременно несколькими путями: комплексное использование сырья, замкнутые водооборотные циклы, селективность процесса, оптимизация его режима, замена отдельных стадий процессов на экологически более чистые. Технологическая схема должна оказывать возможно меньшее отрицательное воздействие на природные экосистемы, и при проведении рассматриваемого технологического процесса должны быть сведены к минимуму выбросы в атмосферу и гидросферу.

Обоснованный окончательный вариант технологической схемы следует описать конкретно. Должна быть приведена принципиальная схема установки с указанием позиций (номеров аппаратов). На схеме указываются направления потоков, значения их расходов, температуры, концентраций и других параметров.

В сводке основных свойств рабочих сред должны быть приведены химические формулы соединений, молярные массы, физико-химические и термодинамические данные, их зависимости от температуры и состава. Для определения этих данных пользуются справочной литературой. Если необходимые значения того или иного свойства находятся за пределами представленного в справочных материалах диапазона изменения физических условий (температур, давлений, концентраций), то следует прибегнуть к методам экстраполяции. При отсутствии сведений можно воспользоваться подобием физико-химических свойств, правилом линейности химико-технологических функций и другими расчетными методами. Так, для нахождения динамического коэффициента вязкости жидкости по динамическому коэффициенту вязкости эталонного вещества может быть применено правило линейности, установленное К. Ф. Павловым. При отсутствии экспериментальных данных, например, коэффициент теплопроводности жидкости можно рассчитать по эмпирической формуле, представленной в следующем источнике:

1) Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - М.: Альянс, 2005. - 576 с.

Окончательно сведения о свойствах рабочих сред необходимо представить в виде таблиц или графиков.

В технологических расчетах путем составления уравнений материального и теплового балансов определяют расходы, составы и температуры получаемых продуктов, тепловые нагрузки аппаратов, расходы теплоносителей – греющего пара, охлаждающей воды. Задачей этого раздела проекта является расчет основных размеров аппаратов (диаметра, высоты, поверхности теплопередачи и т.д.). На основании анализа литературных данных выбирается методика расчета размеров аппаратов. По уравнениям тепло- и массопередачи рассчитывают основные размеры аппаратов и затем выбирают стандартные. В этот же раздел включаются гидравлические расчеты аппаратов. Кроме основных аппаратов в установку входит вспомогательное оборудование: насосы, вентиляторы, газодувки, вакуум-насосы и т.п. Вспомогательное оборудование подбирают по нормальям, каталогам или ГОСТам с учетом конкретных условий его работы.

Закончив расчетную часть проекта, студент в заключение излагает основные результаты выполненной работы и дает анализ полученных результатов.

В списке литературы перечисляются лишь те источники, на которые имеются ссылки в расчетно-пояснительной записке. Сведения о литературном источнике должны включать: полное название, фамилию и инициалы автора, место издания, наименование издательства, год издания, число страниц. Все использованные источники приводятся в списке в порядке упоминания их в тексте и записываются следующим образом:

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. – М.: Альянс, 2005. – 753 с.

2. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - М.: Альянс, 2005. - 576 с.

3. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по курсовому проектированию /Под ред. Ю.И.Дытнерского.– М.:Химия, 1991.–272 с. Расчетно-пояснительная записка оформляется на стандартных листах бумаги формата А4 (210x297мм). На каждом листе оставляются поля: слева не менее 30 мм, справа не менее 20 мм. Сокращения слов в тексте не допускаются. Терминология должна соответствовать общепринятой в научно-технической литературе.

Расчеты в записке должны сопровождаться пояснениями. Все расчетные формулы приводятся сначала в общем виде, нумеруются, затем дается наименование обозначений и указываются размерности всех входящих в формулу величин. Численные значения величин в формулу подставляют в том порядке, в каком они в ней записаны, и приводят результат расчета. Все расчеты должны быть выполнены в международной системе единиц СИ.

Расчетно-пояснительная записка должна быть снабжена необходимыми графиками, схемами, эскизами. Все иллюстрации именуется рисунками. Рисунок нумеруют и располагают после ссылки на него. В тексте записки указываются ссылки на использованную литературу для эмпирических формул, физических констант и других справочных данных. Ссылки на литературные источники дают в квадратных скобках, указывая номер данного источника в списке литературы.

Графическая часть проекта состоит из чертежа основного аппарата. Оформление графической части проекта должно соответствовать требованиям ЕСКД, предъявляемым к выполнению технического проекта.

На чертеже должны быть даны главный вид аппарата в сечении по вертикальной оси, вид сверху (если необходимо), разрезы и сечения, дающие полное представление об устройстве данного аппарата, а также основные узлы, которые на главном виде не удастся изобразить четко. Главный вид аппарата вычерчивают только в рабочем положении и располагают его вдоль большей стороны листа. На остальной части листа располагают другие виды, сечения, разрезы. Рекомендуется общий вид аппарата вычерчивать в наибольшем из масштабов с применением при необходимости разрыва изображения.