

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 05 » 09 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки Технология и переработка полимеров

Уровень высшего образования прикладной бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4 / 144	18		36	54	экзамен (36 час)
5	6 / 216	18	36	36	126	курсовой проект, зачет
Итого	10 / 360	36	36	72	180	экзамен (36 час), курсовой проект, зачет

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель курса «Процессы и аппараты химической технологии» состоит в формировании у студентов знаний и умений в области основных методов и закономерностей физико-химических процессов химической технологии, основах технологии перемещения жидкостей и газов, разделения неоднородных систем, о принципах тепло- и массообмена в системах с различным фазовым составом.

Общими задачами дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

- получение знаний о основах протекания и основных закономерностях гидродинамических, тепло- и массообменных процессов химической технологии;
- приобретение практических навыков определения параметров этих процессов и выборе оптимального оборудования для их проведения.

В результате изучения курса «Процессы и аппараты химической технологии» выпускник получает знания и навыки, необходимые для выбора методов, способов и оборудования для проведения основных процессов химической технологии, анализа эффективности технологии химических производств и поиска оптимальных и рациональных параметров проведения процессов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Данный курс относится к дисциплинам базовой части блока «Дисциплины (модули)» учебного плана подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология». Дисциплина представляет собой взаимосвязь между общенаучными, общехимическими, инженерными дисциплинами и профильными дисциплинами.

Курс основывается на общих законах физики, теоретической механики, физической и коллоидной химии. Его освоение невозможно без знаний высшей математики, физики и химии. Знание данной дисциплины необходимо для глубокого усвоения курсов специальных технологических дисциплин, а также применения знаний курсов «Физика», «Общая и неорганическая химия» и других дисциплин, в основе которых лежат такие явления, как термохимические и фазовые превращения, процессы тепло- и массообмена, а также ряд других физических и химических явлений в гомогенных и гетерогенных системах.

Знания, полученные в данном курсе, необходимы для дальнейшего обучения по профильным дисциплинам и успешного прохождения производственной и преддипломной практик.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

#### **1) Знать:**

- основы теории переноса импульса, тепла и массы (ПК-4);
- общие принципы теории подобия и основные критерии для нахождения параметров химико-технологических процессов (ПК-1, ПК-4);
- основные закономерности гидравлики (ПК-4);
- основы теории теплопередачи (ПК-4);
- основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз (ПК-4);
- типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчёта (ПК-1, ПК-4).

#### **2) Уметь:**

- определять характер движения жидкостей и газов (ПК-1);
- определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи (ПК-1);
- рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса (ПК-4);
- оценивать эффективность работы химико-технологических производств (ПК-4);

#### **3) Владеть:**

- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования (ПК-1, ПК-4);
- методами определения технологических показателей процесса (ПК-1).

Таким образом, изучение дисциплины способствует формированию у обучающегося следующих **компетенций** в области производственно-технологической деятельности:

- способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4).

### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единицы, 360 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Теоретические основы процессов химической технологии	4	1-4	4		8		16		10/83,3	
2	Основы гидравлических процессов	4	5-14	10		12		24		16/72,7	1-й и 2-й рейтинг-контроли
3	Гидромеханические процессы и аппараты	4	15-18	4		6		14		8/80,0	3-й рейтинг-контроль
<b>Итого за 4 семестр:</b>				18		36		54		34/63,0	экзамен (36 час.)
4	Основы теплообменных процессов	5	1-3	4	6	8		24		12/66,7	
5	Теплообменные аппараты	5	4-7	4	8	8		26		16/80,0	1-й рейтинг-контроль
6	Основы массообменных процессов	5	8-9	6	10	4		18		16/80,0	2-й рейтинг-контроль
7	Массообменные процессы и аппараты	5	10-18	4	12	16		58		24/75,0	3-й рейтинг-контроль
<b>Итого за 5 семестр:</b>				18	36	36		126	КП	68/75,6	курсовой проект, зачет
<b>Итого за курс:</b>				36	36	72		180	КП	102/70,8	экзамен (36 час.), курсовой проект, зачет

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### 4-й семестр

##### Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии

*Лекция 1. Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии.* Основные понятия и определения. Классификация процессов химической технологии. Условия однозначности и виды подобия. Инварианты подобия.

*Лекция 2. Общие закономерности процессов химической технологии. Законы сохранения веществ. Законы термодинамического равновесия. Законы переноса веществ.*

## **Раздел 2. Основы гидравлических процессов**

*Лекция 3. Общие сведения о гидравлике. Основные понятия и определения. Силы, действующие на жидкость. Физические свойства жидкости.*

*Лекция 4. Гидростатика и гидродинамика. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Давление жидкости на дно и стенки сосуда. Основные понятия и определения гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Гидродинамическое подобие.*

*Лекция 5. Основные гидравлические параметры. Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.*

*Лекция 6. Обтекание жидкостью твердых тел. Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение. Сопротивление слоя зернистого материала. Режимы движения потока через зернистые материалы. Гидродинамика псевдооживленных слоев.*

*Лекция 7. Закономерности процессов фильтрации. Физическая сущность процесса. Фильтрация суспензий под действием перепада давления. Центробежное фильтрование суспензий.*

## **Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов**

*Лекция 8. Транспортирование жидкостей. Область применения, параметры работы и классификация насосов. Поршневые насосы. Шестеренчатые насосы. Центробежные насосы.*

*Лекция 9. Сжатие и транспортирование газов. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса. Поршневые компрессоры. Винтовые компрессоры. Центробежные вентиляторы.*

## **5-й семестр**

## **Раздел 4. Основы теплообменных процессов**

*Лекция 1. Общая характеристика теплообменных процессов. Основные понятия и определения. Основное уравнение теплопередачи. Средняя движущая сила теплообменных процессов.*

*Лекция 2. Виды теплообменных процессов.* Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией. Передача тепла излучением. Подобие теплообменных процессов. Теплопередача через плоскую стенку.

### **Раздел 5. Теплообменные аппараты**

*Лекция 3. Промышленные способы подвода и отвода тепла.* Классификация теплоносителей. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

*Лекция 4. Выпаривание.* Основные понятия и определения. Однокорпусное выпаривание. Многокорпусное выпаривание.

### **Раздел 6. Основы массообменных процессов**

*Лекция 5. Общая характеристика массообменных процессов.* Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов. Подобие массообменных процессов.

*Лекция 6. Перегонка и ректификация.* Основные понятия и определения. Равновесие в системе «жидкость – пар». Основные расчетные зависимости

*Лекция 7. Сушка.* Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки.

### **Раздел 7. Массообменные процессы и аппараты**

*Лекция 8. Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар».* Простая перегонка. Ректификационные установки. Классификация и конструкция колонных аппаратов.

*Лекция 9. Сушильные установки.* Общая классификация сушилок. Туннельные сушилки. Барабанные сушилки. Сушилки с взвешенным слоем материала.

## **4.2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

### **4-й семестр**

*Лабораторное занятие 1.* Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины за 4-й семестр.

*Лабораторное занятие 2.* Лабораторная работа 1 «Режимы движения жидкости».

*Лабораторное занятие 3.* Защита лабораторной работы 1. Проведение рейтинг – контроля № 1.

*Лабораторное занятие 4.* Лабораторная работа 2 «Гидравлические сопротивления».

*Лабораторное занятие 5.* Лабораторная работа 3 «Уравнение Бернулли».

*Лабораторное занятие 6.* Защита лабораторных работ 2 и 3. Проведение рейтинг – контроля № 2.

*Лабораторное занятие 7.* Лабораторная работа 4 «Испытание расходомера типа трубы Вентури».

*Лабораторное занятие 8.* Лабораторная работа 5. «Ситовый анализ»

*Лабораторное занятие 9.* Защита лабораторных работ 4 и 5. Проведение рейтинг – контроля № 3.

### **5-й семестр**

*Лабораторное занятие 1.* Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины за 5-й семестр.

*Лабораторное занятие 2.* Лабораторная работа 1 «Изучение процесса теплопередачи».

*Лабораторное занятие 3.* Защита лабораторной работы 1. Проведение рейтинг – контроля № 1.

*Лабораторное занятие 4.* Лабораторная работа 2 «Исследование массообмена».

*Лабораторное занятие 5.* Лабораторная работа 3 «Исследование фракционной перегонки».

*Лабораторное занятие 6.* Защита лабораторных работ 2 и 3. Проведение рейтинг – контроля № 2.

*Лабораторное занятие 7.* Лабораторная работа 4 «Ректификация».

*Лабораторное занятие 8.* Лабораторная работа 5 «Конвективная сушка».

*Лабораторное занятие 9.* Защита лабораторных работ 4 и 5. Проведение рейтинг – контроля № 3.

### **4.3. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

*Практическое занятие 1.* Ознакомление с требованиями к курсовому проекту, распределение тем на курсовое проектирование;

*Практическое занятие 2.* Разработка технологических схем для проведения процессов химической технологии;

*Практическое занятие 3.* Расчет физических и тепловых свойств жидкостей, газов и паров;

*Практическое занятие 4.* Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов;

*Практическое занятие 5.* Расчет и выбор оборудования для обеспечения жидкостных и газовых потоков в установках;

*Практическое занятие 6.* Определение плотности теплового потока через плоские и цилиндрические стенки. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи;

*Практическое занятие 7.* Расчет поверхности теплообмена и выбор теплообменных аппаратов;

*Практическое занятие 8.* Расчет материального баланса процесса ректификации;

*Практическое занятие 9.* Определение скорости пара и диаметра колонных аппаратов;

*Практическое занятие 10.* Гидравлический расчет тарелок в колонных аппаратах;

*Практическое занятие 11.* Определение флегмового числа и числа теоретических тарелок для проведения бинарной ректификации различных смесей;

*Практическое занятие 12.* Тепловой расчет установок с колонными аппаратами;

*Практическое занятие 13.* Расчет начальных параметров сушильного агента;

*Практическое занятие 14.* Определение конечных параметров сушильного агента. Определение температур мокрого термометра в начале и в конце процесса сушки;

*Практическое занятие 15.* Определение основных размеров сушильного барабана;

*Практическое занятие 16.* Расчет и выбор аппаратов для очистки отработанного сушильного агента;

*Практическое занятие 17.* Защита курсовых проектов;

*Практическое занятие 18.* Защита курсовых проектов.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Реализация компетентного подхода в рамках преподавания дисциплины реализуется при помощи следующих образовательных технологий:

1. Информационно-развивающие технологии, направленные на создание необходимой для успешного изучения курса базы знаний. Заключаются в использовании мультимедийных технологий при чтении лекционного курса, что обеспечивает наглядность и удобство усвоения информации. Кроме того, предполагается изучение части курса в виде самостоятельной работы с применением информационных технологий.

2. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе подго-



товки. Также эти технологии применяются при проведении практических занятий, ориентированных на решение задач, связанных с практической деятельностью, предусмотренной программой подготовки.

3. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие навыков проблемного мышления. Заключается в постановке основных проблем тематики дисциплины на лекциях и практических занятиях, выборе тем для самостоятельного обучения и предполагает проведение открытых индивидуальных и коллективных дискуссий по совместному с преподавателем поиску оптимальных решений.

4. Личностно-ориентированные технологии, учитывающие индивидуальные особенности и способности каждого обучающегося для обеспечения успешного изучения дисциплины. Заключаются в индивидуальных беседах со студентами во время занятий, проверки и защиты индивидуальных заданий (задач и реферата), использовании балльно-рейтинговой системы оценки знаний обучающихся.

Большая часть занятий и образовательных технологий происходит в интерактивной форме, заключающемся в обмене информацией между преподавателем и студентами, совместному поиску путей решения практических задач и проблем, а также в возможности более детального совместного рассмотрения и актуализации вопросов, представляющих наибольший интерес для обучающихся в рамках тематики занятий.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЮ**

#### **4-й семестр**

#### **Рейтинг-контроль №1**

1. Основные понятия и определения ПАХТ;
2. Классификация процессов химической технологии;
3. Условия однозначности и виды подобия;
4. Инварианты подобия;
5. Теоремы подобия;
6. Законы сохранения субстанций;
7. Законы термодинамического равновесия;
8. Законы переноса субстанций.
9. Основные понятия и определения гидравлики;
10. Массовые силы, действующие на жидкость;

11. Объемные силы, действующие на жидкость;
12. Физические свойства жидкости.

### **Рейтинг-контроль №2**

1. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
2. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
3. Основные понятия и определения;
4. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
5. Гидродинамическое подобие;
6. Характеристика ламинарного течения;
7. Характеристика турбулентного течения;
8. Уравнение Бернулли;
9. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
10. Истечение жидкости из отверстий резервуаров;
11. Гидродинамические сопротивления;
12. Гравитационное осаждение частиц;
13. Сопротивление слоя зернистого материала;
14. Режимы движения потока через зернистые материалы;
15. Гидродинамика псевдооживленных слоев.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Физическая сущность процесса;
2. Фильтрация суспензий под действием перепада давления;
3. Центробежное фильтрование суспензий;
4. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
5. Поршневые насосы;
6. Шестеренчатые насосы;
7. Центробежные насосы;
8. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
9. Термодинамика компрессорного процесса;
10. Поршневые компрессоры;
11. Винтовые компрессоры;
12. Центробежные вентиляторы.

### **5-й семестр**

#### **Рейтинг-контроль №1**

1. Основные понятия и определения теплообменных процессов;

2. Основное уравнение теплопередачи;
3. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
4. Передача тепла теплопроводностью;
5. Теплопроводность через плоскую стенку;
6. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
7. Передача тепла конвекцией;
8. Передача тепла излучением;
9. Подобие теплообменных процессов;
10. Теплопередача через плоскую стенку;
11. Классификация теплоносителей;
12. Классификация теплообменных аппаратов;
13. Смесительные теплообменники;
14. Рекуперативные теплообменники;
15. Кожухотрубчатые теплообменники;
16. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

### **Рейтинг-контроль №2**

1. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
2. Однокорпусное выпаривание;
3. Многокорпусное выпаривание;
4. Основные понятия и определения массообменных процессов;
5. Массоотдача и массопередача;
6. Классификация массообменных процессов;
7. Равновесие массообменных процессов;
8. Средняя движущая сила массообменных процессов;
9. Подобие массообменных процессов;
10. Основы расчета массообменных аппаратов;
11. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
12. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
13. Материальный и тепловой балансы ректификации;
14. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Простая перегонка и установки для ее проведения;
2. Ректификационные установки;
3. Классификация и конструкция колонных аппаратов;

4. Основные понятия и определения процесса сушки;
5. Физическая сущность процесса сушки;
6. Кинетика сушки;
7. Материальный баланс сушки;
8. Тепловой баланс сушки;
9. Общая классификация сушилок;
10. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
11. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
12. Туннельные сушилки;
13. Барабанные сушилки;
14. Сушилки с взвешенным слоем материала.

## **6.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа студентов заключается в самостоятельном изучении вопросов, входящих в состав теоретического курса дисциплины, подготовке к выполнению и защите лабораторных работ, обработке экспериментальных данных, подготовке к практическим занятиям и решению задач на них, в разработке курсовых проектов и подготовке к их защите, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточным аттестациям.

Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебной литературой, доступной в библиотеке и электронным зале ВлГУ, Интернет-ресурсами, а также учебно-методическими комплексами, доступными на кафедре «Химические технологии».

Контроль за выполнением самостоятельной работы проводится по следующим вопросам:

### **4-й семестр**

#### **Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии**

- 1.1. Система единиц измерения;
- 1.2. Уравнения и линии равновесия;
- 1.3. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев;
- 1.4. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов;
- 1.5. Принципы моделирования химико-технологических процессов.

#### **Раздел 2. Основы гидравлических процессов**

- 2.1. Уравнения равновесия Эйлера;

- 2.2. Уравнения движения Эйлера;
- 2.3. Уравнения движения Навье-Стокса;
- 2.4. Сообщающиеся сосуды;
- 2.5. Истечение жидкости через водослив;
- 2.6. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов;
- 2.7. Общие сведения о неоднородных системах.

### **Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов**

- 3.1. Допустимая высота всасывания;
- 3.2. Диаграммы T-S компрессорных процессов;
- 3.3. Конструкция сифонов и эрлифтов.

## **5-й семестр**

### **Раздел 4. Основы теплообменных процессов**

- 4.1. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
- 4.2. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 4.3. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 4.4. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 4.5. Коэффициент теплоотдачи при непосредственном соприкосновении потоков.

### **Раздел 5. Теплообменные аппараты**

- 5.1. Смесительные теплообменники;
- 5.2. Регенеративные теплообменники;
- 5.3. Пластинчатые теплообменники;
- 5.4. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники.
- 5.5. Теплообменники с оребренными трубами.
- 5.6. Спиральные теплообменники;
- 5.7. Распределение полезной разности температур по корпусам;
- 5.8. Выпаривание с тепловым насосом;
- 5.9. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
- 5.10. Пленочные выпарные аппараты.

### **Раздел 6. Основы массообменных процессов**

- 6.1. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 6.2. Модели массопереноса;

### 6.3. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов.

## Раздел 7. Массообменные процессы и аппараты

- 7.1. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
- 7.2. Распыливающие колонны;
- 7.3. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
- 7.4. Основные виды контактных сушилок.

### 6.3. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 5-й семестр

#### Варианты заданий для курсового проектирования

##### 1) Расчёт барабанной сушильной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Производительность по высушенному материалу $G_1$ , т/ч	0,9	1,3	1,6	1,9
Высушиваемый материал	песок	глина	мел	доломит
Диаметр частиц материала $d$ , мм	1,4	1,8	0,8	0,9
Начальное влагосодержание материала $W_{нач}$ , %	22	24	18	16
Конечное влагосодержание материала $W_{кон}$ , %	1	9	5	0,5
Начальное влагосодержание воздуха $x_0$ , г/кг	9	11	7	12
Начальная температура сушильного агента $t_{нач}$ , °C	400	550	420	350
Конечная температура сушильного агента $t_{кон}$ , °C	120	100	110	90

В качестве топлива используется природный газ следующего состава:

Вариант	Состав газа, об. %							
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	H <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>
1	93	3,4	0,8	0,6	0,3	0,1	0,8	1
2	94	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,5
3	91,6	1,6	0,8	0,4	0,2	0,6	3,3	1,5
4	96,4	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	1,2	1,1

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Параметры топочных газов, подаваемые в сушильный барабан;
- Параметры отработанных газов. Расход сушильного агента;
- Основные размеры сушильного барабана;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: циклон, мокрый пылеуловитель, вентилятор.

## 2) Расчёт теплообменника (дефлегматора)

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Охлаждаемая смесь паров	бензол – толуол	этанол – вода	хлороформ – бензол	вода – ук- сусная ки- слота
Расход паров $G_1$ , т/ч	9,6	7,2	6,4	5,8
Массовая концентрация легколетучего компонента в паре $X_0$ , %	98	92,5	89	94,5
Начальная температура охлаждающей воды $t_{2н}$ , °С	16	18	15	19
Конечная температура охлаждающей воды $t_{2к}$ , °С	31	35	29	37

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Свойства конденсируемой паровой смеси и конденсата;
- Свойства охлаждающей воды при средней температуре;
- Основные размеры теплообменника;
- Гидравлическое сопротивление теплообменника;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: насос.

## 3) Расчёт ректификационной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Разделяемая смесь	бензол – толуол	этанол – вода	метанол – вода	вода – ук- сусная кислота

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Производительность $G_1$ , т/ч	38	36	34	32
Массовая концентрация легколетучего компонента в исходной смеси $X_F$ , %	32	28	38	35
Массовая концентрация легколетучего компонента в дистилляте $X_D$ , %	98,7	97,9	96,4	98,2
Массовая концентрация легколетучего компонента в кубовом остатке $X_W$ , %	4	6	5	9
Давление греющего пара $p_0$ , ата	2,7	3,5	2,5	3,2
Начальная температура исходной смеси $t_{нач}$ , °С	18	22	24	19
Конечная температура дистиллята и кубового остатка $t_{кон}$ , °С	25	28	30	26
Начальная температура охлаждающей воды $t_{н.в.}$ , °С	20	18	19	22
Конечная температура охлаждающей воды $t_{к.в.}$ , °С	40	37	38	38

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Материальный баланс процесса;
- Скорость пара и диаметр колонны;
- Гидравлический расчёт тарелок;
- Определение числа тарелок и высоты колонны;
- Тепловой расчёт установки
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: подогреватель исходной смеси, куб-испаритель, дефлегматор, холодильник дистиллята, холодильник кубового остатка

### Требования к курсовому проекту

По результатам выполнения курсового проекта и в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД оформляется пояснительная записка объемом 30 – 50 стр. и выполняются чертежи на листах формата А1. На чертежах должны быть представлены технологическая схема установки и общий вид проектируемого аппарата (сборочный чертеж или чертеж общего вида).



## Защита курсового проекта

Курсовой проект считается выполненным, если он соответствует варианту задания, предъявляемым требованиям и подписан руководителем проекта. Защита курсового проекта осуществляется перед комиссией, состав которой утверждается на кафедре.

### 6.4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

#### 4-й семестр

1. Основные понятия и определения ПАХТ;
2. Классификация процессов химической технологии;
3. Условия однозначности и виды подобия;
4. Инварианты подобия;
5. Теоремы подобия;
6. Законы сохранения субстанций;
7. Законы термодинамического равновесия;
8. Законы переноса субстанций.
9. Основные понятия и определения гидравлики;
10. Массовые силы, действующие на жидкость;
11. Объемные силы, действующие на жидкость;
12. Физические свойства жидкости.
13. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
14. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
15. Основные понятия и определения;
16. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
17. Гидродинамическое подобие;
18. Характеристика ламинарного течения;
19. Характеристика турбулентного течения;
20. Уравнение Бернулли;
21. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
22. Истечение жидкости из отверстий резервуаров;
23. Гидродинамические сопротивления;
24. Гравитационное осаждение частиц;
25. Сопротивление слоя зернистого материала;
26. Режимы движения потока через зернистые материалы;
27. Гидродинамика псевдооживленных слоев.
28. Физическая сущность процесса;

29. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
30. Центробежное фильтрование суспензий;
31. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
32. Поршневые насосы;
33. Шестеренчатые насосы;
34. Центробежные насосы;
35. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
36. Термодинамика компрессорного процесса;
37. Поршневые компрессоры;
38. Винтовые компрессоры;
39. Центробежные вентиляторы.

## **6.5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЁТУ**

### **5-й семестр**

1. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
2. Основное уравнение теплопередачи;
3. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
4. Передача тепла теплопроводностью;
5. Теплопроводность через плоскую стенку;
6. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
7. Передача тепла конвекцией;
8. Передача тепла излучением;
9. Подобие теплообменных процессов;
10. Теплопередача через плоскую стенку;
11. Классификация теплоносителей;
12. Классификация теплообменных аппаратов;
13. Смесительные теплообменники;
14. Рекуперативные теплообменники;
15. Кожухотрубчатые теплообменники;
16. Аппараты с двойными стенками (рубашками);
17. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
18. Однокорпусное выпаривание;
19. Многокорпусное выпаривание;
20. Основные понятия и определения массообменных процессов;
21. Массоотдача и массопередача;

22. Классификация массообменных процессов;
23. Равновесие массообменных процессов;
24. Средняя движущая сила массообменных процессов;
25. Подобие массообменных процессов;
26. Основы расчета массообменных аппаратов;
27. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
28. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
29. Материальный и тепловой балансы ректификации;
30. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
31. Простая перегонка и установки для ее проведения;
32. Ректификационные установки;
33. Классификация и конструкция колонных аппаратов;
34. Основные понятия и определения процесса сушки;
35. Физическая сущность процесса сушки;
36. Кинетика сушки;
37. Материальный баланс сушки;
38. Тепловой баланс сушки;
39. Общая классификация сушилок;
40. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
41. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
42. Туннельные сушилки;
43. Барабанные сушилки;
44. Сушилки с взвешенным слоем материала.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов – М.: АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие – М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200452.html>);
3. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

4. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);

5. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>).

#### **б) дополнительная литература:**

1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>);

2. Аракелян С.М. Методы вычислительной гидродинамики в расчетах движения жидкости в системах со сложной топологией: Учеб. пособие – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 99 с (наличие в библиотеке ВлГУ и доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4549/1/01506.pdf>);

3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>);

4. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

5. Тужилкин А.М. и др. Гидравлика: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 272 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938074.html>).

#### **в) периодические издания:**

1. Теоретические основы химической технологии, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва;

2. Химическая технология, ООО «Наука и технологии», г. Москва;

3. РЖ 19. Химия. 19И. Общие вопросы химической технологии, ООО «НТИ-Компакт», г. Москва;

4. Химия и химическая технология, Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент;

5. Известия вузов. Химия и химическая технология, Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново;

6. Химическая промышленность, ООО «ГЕЗА», г. Санкт-Петербург;

7. Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия Реология, процессы и аппараты химической технологии, г. Волгоград.


**в) интернет-ресурсы:**

1. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>
2. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/paht>
3. <http://www.thesa.ru>


**8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1. наборы слайдов для прочтения лекций;
2. специализированные мультимедийные аудитории (303а-1, 305б-1, 320-1);
3. специализированная лаборатория по процессам и аппаратам (127б-1).

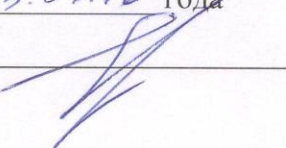
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу составил  
доцент кафедры ХТ, к.т.н.  Е.С. Пикалов

Рецензент  
(представитель работодателя)  
ген. директор ООО «Альфасистемы»  Д.А. Потапов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ  
Протокол № 1 от 5.09.16 года  
Заведующий кафедрой ХТ, д.т.н., профессор  Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 18.03.01 «Химическая технология».

Протокол № 1 от 5.09.16 года  
Председатель комиссии  Ю.Т. Панов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_