

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



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 бакалавриат  
 Форма обучения заочная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	6 / 216	8	4	8	169	экзамен (27 час)
7	4 / 144	6		8	130	курсовой проект, зачет
Итого	10 / 360	14	4	16	299	экзамен (27 час), курсовой проект, зачет

Владимир 2016

## **1. 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	6	1-4	2	2			27	2/50,0		
2	Основы гидравлических процессов	6	5-14	4	2	8		76	10/71,4		
3	Гидромеханические процессы и аппараты	6	15-18	2				66	1/50,0		
<b>Итого за 6 семестр:</b>				8	4	8		169	13/65,0	экзамен (27 час.)	
4	Основы теплообменных процессов	7	1-3					36	-		
5	Теплообменные аппараты	7	4-7	2		4		34	4/66,7		
6	Основы массообменных процессов	7	8-9	2				30	1/50,0		
7	Массообменные процессы и аппараты	7	10-18	2		4		30	4/66,7		
<b>Итого за 7 семестр:</b>				6		8		130	КП	9/64,3	курсовой проект, зачет
<b>Итого за курс:</b>				14	4	16		299	КП	22/64,7	экзамен (27 час.), курсовой проект, зачет

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### 6-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.

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

*Лекция 2. 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 3. Основные гидравлические параметры.* Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

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

*Лекция 4. Транспортирование жидкостей и газов.* Область применения, параметры работы и классификация аппаратов. Аппараты объемного действия. Аппараты динамического действия.

## **7-й семестр**

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

*Лекция 1. Промышленные способы подвода и отвода тепла.* Классификация теплоносителей. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

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

*Лекция 2. Общая характеристика массообменных процессов.* Классификация массообменных процессов. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов. Подобие массообменных процессов.

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

*Лекция 3. Массообменные аппараты и установки для процессов в различных системах.* Простая перегонка. Ректификационные установки. Классификация и конструкция колонных аппаратов. Барабанные сушилки.

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

### **6-й семестр**

*Лабораторное занятие 1.* Инструктаж по технике безопасности. Лабораторная работа 1 «Режимы движения жидкости».

*Лабораторное занятие 2.* Защита лабораторной работы 1.

*Лабораторное занятие 3.* Лабораторная работа 2 «Гидравлические сопротивления».

*Лабораторное занятие 4.* Защита лабораторной работы 2.

### **7-й семестр**

*Лабораторное занятие 1.* Инструктаж по технике безопасности. Лабораторная работа 1 «Изучение процесса теплопередачи».

*Лабораторное занятие 2.* Защита лабораторной работы 1.

*Лабораторное занятие 3.* Лабораторная работа 2 «Конвективная сушка».

*Лабораторное занятие 4.* Защита лабораторной работы 2.

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

### **6-й семестр**

*Практическое занятие 1.* Расчет физических и тепловых свойств жидкостей, газов и паров;

*Практическое занятие 2.* Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Реализация компетентностного 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 необходим для дальнейшего обучения по программе подготовки. 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 основ-

ных 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 курсового проекта).

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. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

Текущий контроль знаний студентов проводится с использованием дистанционных технологий в форме тестовых заданий в обоих семестрах, по результатам выполнения и защиты лабораторных работ, а также по результатам выполнения контрольной работы в 6-м семестре и практической работы в 7-м семестре. Задания для текущего контроля представлены на сайте дистанционного образования.

### **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:

### **6-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;
- 1.6. Законы сохранения субстанций;
- 1.5. Законы термодинамического равновесия;
- 1.6. Законы переноса субстанций.

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

- 2.1. Основные понятия и определения гидравлики;
- 2.2. Силы, действующие на жидкость;
- 2.3. Физические свойства жидкости;
- 2.4. 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. Гидродинамические сопротивления;
- 2.8. Гравитационное осаждение;
- 2.9. Сопротивление слоя зернистого материала;
- 2.10. Режимы движения потока через зернистые материалы;
- 2.11. Гидродинамика псевдооживленных слоев.
- 2.12. Общие сведения о неоднородных системах.
- 2.13. Физическая сущность процесса фильтрования;
- 2.14. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
- 2.15. Центробежное фильтрование суспензий.

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



- 3.1. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
- 3.2. Допустимая высота всасывания;
- 3.3. Поршневые насосы;
- 3.4. Шестеренчатые насосы;
- 3.5. Центробежные насосы;
- 3.6. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
- 3.7. Термодинамика компрессорного процесса;
- 3.8. Диаграммы T-S компрессорных процессов;
- 3.9. Поршневые компрессоры;
- 3.10. Винтовые компрессоры;
- 3.11. Центробежные вентиляторы;
- 3.12. Конструкция сифонов и эрлифтов.

## **7-й семестр**

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

- 4.1. Основные понятия и определения;
- 4.2. Основное уравнение теплопередачи;
- 4.3. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
- 4.4. Передача тепла теплопроводностью;
- 4.5. Передача тепла конвекцией;
- 4.6. Передача тепла излучением;
- 4.7. Подобие теплообменных процессов;
- 4.8. Теплопередача через плоскую стенку;
- 4.9. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
- 4.10. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 4.11. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 4.12. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 4.13. 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. Основные понятия и определения выпаривания;
- 5.8. Распределение полезной разности температур по корпусам;
- 5.9. Однокорпусное выпаривание;
- 5.10. Многокорпусное выпаривание;
- 5.11. Выпаривание с тепловым насосом;
- 5.12. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
- 5.13. Пленочные выпарные аппараты.

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

- 6.1. Основные понятия и определения массообменных процессов;
- 6.2. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 6.3. Модели массопереноса;
- 6.4. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
- 6.5. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
- 6.6. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
- 6.7. Основные расчетные зависимости процессов перегонки и ректификации;
- 6.8. Основные понятия и определения процесса сушки;
- 6.9. Физическая сущность процесса сушки;
- 6.10. Кинетика сушки;
- 6.11. Материальный баланс сушки;
- 6.12. Тепловой баланс сушки.

### **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. Общая классификация сушилок;
- 7.5. Основные виды контактных сушилок;
- 7.6. Туннельные сушилки;
- 7.7. Сушилки с взвешенным слоем материала.

## **6.3. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

### **7-й семестр**

#### **Варианты заданий для курсового проектирования**

Рассчитать барабанную сушильную установку для сушки дисперсного материала с эквивалентным диаметром частиц  $d_{\text{ч}}$ . Производительность установки по высушенному

материалу  $G_1$ . Начальное влагосодержание материала в расчете на сухой вес  $W_{нач}$ , конечное -  $W_{кон}$ . В качестве сушильного агента используются топочные газы с температурой на входе в сушилку  $t_{нач}$  и температурой на выходе  $t_{кон}$ . Исходный воздух имеет начальное влагосодержание  $x_0$ . Незаданные параметры выбрать самостоятельно с обоснованием выбора.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$G_1$ , т/ч	0,9	1,3	1,6	1,9	1,4	0,6	0,75	1,35	1,5	0,7
Высушиваемый материал	песок	глина	мел	доломит	шлак	песок	глина	мел	доломит	шлак
$d_ч$ , мм	1,4	1,8	0,8	0,9	0,3	1,5	2	0,65	1,2	0,4
$W_{нач}$ , %	22	24	18	16	10	28	35	26	30	14
$W_{кон}$ , %	1	9	5	0,5	0,5	2	12	4	5	1
$x_0$ , г/кг	9	11	7	12	8	10	8	11	9	8
$t_{нач}$ , °C	400	550	420	350	275	300	325	450	250	475
$t_{кон}$ , °C	120	100	110	90	100	90	110	120	100	90
Вспомогательное оборудование	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I

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
5	92	2,4	0,5	0,2	0,4	0,2	2,4	1,9
6	95,3	0,4	0,7	0,5	0,2	0,1	1,3	1,5
7	94,5	0,9	0,8	0,4	0,5	0,4	2	0,5
8	93,4	1,1	0,6	0,6	0,3	0,5	1,6	1,9
9	93,1	2,1	0,9	0,5	0,2	0,2	2,1	0,9
10	95,2	1	0,4	0,3	0,4	0,3	0,9	1,5

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 (I), мокрый пылеуловитель (II), вентилятор (III).

### **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**

### **6-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 гидродинамики;
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 фильтрации;
29. Фильтрация суспензий под действием перепада давления;
30. Центробежное фильтрация 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**

### **7-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. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: учебное пособие для вузов - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 542 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220.html>);
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. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 216 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113038.html>);
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен: 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 \_\_\_\_\_