

**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 20 16 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 (ускоренное обучение на базе ВПО)

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	9 / 324	4	10	10	273	курсовой проект, экзамен (27 час)
Итого	9 / 324	4	10	10	273	курсовой проект, экзамен (27 час)

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 9 зачетных единиц, 324 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу сту- дентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной ра- боты, с приме- нием интер- активных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успе- ваемости (по неделям се- местра), форма промежу- точной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Теоретичес- кие основы процессов химичес- кой техно- логии	3	1-3					48	-		
2	Гидромеха- нические процессы и аппараты	3	4-8	2	4	6		80	10/83,3		
3	Теплооб- менные процессы и аппараты	3	9- -13		2			68	2/100,0		
4	Массооб- менные процессы и аппараты	3	14- -18	2	4	4		77	8/80,0		
<b>Итого за курс:</b>				4	10	10		273	КП	20/83,3	курсовой проект, экзамен (27 час)

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты

*Лекция 1. Основные гидравлические параметры.* Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.

##### Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты

*Лекция 2. Общая характеристика массообменных процессов и аппаратов.* Классификация массообменных процессов. Ректификационные установки. Классификация и конструкция ректификационных колонн. Общая классификация сушилок.

#### 4.2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

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

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

*Лабораторное занятие 3.* Защита лабораторных работ 1 и 2;

*Лабораторное занятие 4.* Лабораторная работа 3 «Конвективная сушка»;

*Лабораторное занятие 5.* Защита лабораторной работы 3.

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

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

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

*Практическое занятие 3.* Разработка технологических схем для проведения процессов химической технологии;

*Практическое занятие 4.* Расчет и выбор оборудования для обеспечения жидкостных и газовых потоков в установках;

*Практическое занятие 5.* 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 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 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. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

Текущий контроль знаний студентов проводится с использованием дистанционных технологий в форме тестовых заданий, по результатам выполнения и защиты лабораторных работ, а также по результатам выполнения практической работы. 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, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

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:

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

### **1.1. Основные понятия и определения ПАХТ;**

- 1.2. Классификация процессов химической технологии;
- 1.3. Система единиц измерения;
- 1.4. Условия однозначности и виды подобия;
- 1.5. Инварианты подобия;
- 1.6. Законы сохранения субстанций;
- 1.7. Законы термодинамического равновесия;
- 1.8. Законы переноса субстанций;
- 1.9. Уравнения и линии равновесия;
- 1.10. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев.

## **Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**

- 2.1. Основные понятия и определения гидравлики;
- 2.2. Силы, действующие на жидкость;
- 2.3. Физические свойства жидкости;
- 2.4. Уравнения равновесия Эйлера;
- 2.5. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
- 2.6. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
- 2.7. Основные понятия и определения гидродинамики;
- 2.8. Уравнения движения Эйлера;
- 2.9. Уравнения движения Навье-Стокса;
- 2.10. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
- 2.11. Гидродинамическое подобие;
- 2.12. Сообщающиеся сосуды;
- 2.13. Истечение жидкости из отверстий и резервуаров, через водослив;
- 2.14. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов;
- 2.15. Гидродинамические сопротивления;
- 2.16. Общие сведения о неоднородных системах.
- 2.17. Гравитационное осаждение;
- 2.18. Сопротивление слоя зернистого материала;
- 2.19. Режимы движения потока через зернистые материалы;
- 2.20. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
- 2.21. Физическая сущность процесса фильтрации;
- 2.22. Фильтрация суспензий под действием перепада давления;
- 2.23. Центробежное фильтрование суспензий;
- 2.24. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
- 2.25. Поршневые насосы;

- 2.26. Шестеренчатые насосы;
- 2.27. Центробежные насосы;
- 2.28. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
- 2.29. Термодинамика компрессорного процесса;
- 2.30. Поршневые компрессоры;
- 2.31. Винтовые компрессоры;
- 2.32. Центробежные вентиляторы.

### **Раздел 3. Теплообменные процессы и аппараты**

- 3.1. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
- 3.2. Основное уравнение теплопередачи;
- 3.3. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
- 3.4. Теплопроводность и теплопередача;
- 3.5. Передача тепла конвекцией;
- 3.6. Передача тепла излучением;
- 3.7. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
- 3.8. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 3.9. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 3.10. Подобие теплообменных процессов;
- 3.11. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 3.12. Коэффициент теплоотдачи при непосредственном соприкосновении потоков.
- 3.13. Классификация теплоносителей;
- 3.14. Классификация теплообменных аппаратов;
- 3.15. Смесительные теплообменники;
- 3.16. Регенеративные теплообменники;
- 3.17. Кожухотрубчатые теплообменники;
- 3.18. Пластинчатые теплообменники;
- 3.19. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники.
- 3.20. Аппараты с двойными стенками (рубашками);
- 3.21. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
- 3.22. Распределение полезной разности температур по корпусам;
- 3.23. Однокорпусное выпаривание;
- 3.24. Многокорпусное выпаривание;
- 3.25. Выпаривание с тепловым насосом;
- 3.26. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;



## Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты

- 4.1. Основные понятия и определения массообменных процессов.
- 4.2. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов;
- 4.3. Подобие массообменных процессов;
- 4.4. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 4.5. Модели массопереноса;
- 4.6. Материальный и тепловой балансы массообменных процессов;
- 4.7. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
- 4.8. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
- 4.9. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
- 4.10. Простая перегонка;
- 4.11. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
- 4.12. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах.
- 4.13. Основные понятия и определения процесса сушки;
- 4.14. Физическая сущность процесса сушки;
- 4.15. Кинетика сушки;
- 4.16. Барабанные сушилки.

## 6.3. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### 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  $W_{\text{нач}}$ , конечное -  $W_{\text{кон}}$ . В качестве сушильного агента используются топочные газы с температурой на входе в сушилку  $t_{\text{нач}}$  и температурой на выходе  $t_{\text{кон}}$ . 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
$d_{\text{ч}}$ , мм	1,4	1,8	0,8	0,9	0,3	1,5	2	0,65	1,2	0,4
$W_{\text{нач}}$ , %	22	24	18	16	10	28	35	26	30	14
$W_{\text{кон}}$ , %	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

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{нач}, ^\circ\text{C}$	400	550	420	350	275	300	325	450	250	475
$t_{кон}, ^\circ\text{C}$	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. %							
	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{H}_2$	$\text{CO}$	$\text{N}_2$
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

1. Основные понятия и определения ПАХТ;
2. Классификация процессов химической технологии;
3. Условия однозначности и виды подобия;
4. Инварианты подобия;
5. Законы сохранения субстанций;
6. Законы термодинамического равновесия;
7. Законы переноса субстанций;
8. Основные понятия и определения гидравлики;
9. Массовые (объемные) силы, действующие на жидкость;
10. Поверхностные силы, действующие на жидкость;
11. Физические свойства жидкости;
12. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
13. Основные понятия и определения гидродинамики;
14. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
15. Гидродинамическое подобие;
16. Характеристика ламинарного течения;
17. Характеристика турбулентного течения;
18. Уравнение Бернулли;
19. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
20. Гидродинамические сопротивления;
21. Гравитационное осаждение;
22. Сопротивление слоя зернистого материала;
23. Режимы движения потока через зернистые материалы;
24. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
25. Физическая сущность процесса фильтрования;
26. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
27. Центробежное фильтрование суспензий;
28. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
29. Поршневые насосы;
30. Шестеренчатые насосы;
31. Центробежные насосы;
32. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
33. Поршневые компрессоры;

34. Винтовые компрессоры;
35. Центробежные вентиляторы;
36. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
37. Основное уравнение теплопередачи;
38. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
39. Теплопроводность и теплопередача;
40. Передача тепла конвекцией;
41. Передача тепла излучением;
42. Подобие теплообменных процессов;
43. Классификация теплоносителей;
44. Классификация теплообменных аппаратов;
45. Кожухотрубчатые теплообменники;
46. Аппараты с двойными стенками (рубашками);
47. Основные понятия и определения выпаривания;
48. Однокорпусное выпаривание;
49. Многокорпусное выпаривание;
50. Основные понятия и определения массообменных процессов;
51. Классификация массообменных процессов;
52. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов;
53. Подобие массообменных процессов;
54. Основные понятия и определения перегонки;
55. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
56. Простая перегонка;
57. Ректификационные установки;
58. Классификация и конструкция ректификационных колонн;
59. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
60. Основные понятия и определения сушки;
61. Физическая сущность процесса сушки;
62. Кинетика сушки;
63. Общая классификация сушилок.

## **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).

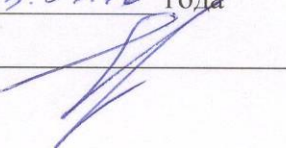
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

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 \_\_\_\_\_