

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов  
« 04 » 2015 г.

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

(наименование дисциплины)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Профиль подготовки Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	4 / 144	36		36	36	экзамен (36 час)
Итого	4 / 144	36		36	36	экзамен (36 час)

## **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 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». 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-1);
- общие принципы теории подобия и основные критерии для нахождения параметров химико-технологических процессов (ПК-1);
- основные закономерности гидравлики (ПК-1);
- основы теории теплопередачи (ПК-1);
- основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз (ПК-1);
- типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчёта (ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-7).

#### 2) Уметь:

- определять характер движения жидкостей и газов (ПК-1);
- определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи (ПК-1, ПК-2);
- рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса (ПК-5, ПК-7);
- оценивать эффективность работы химико-технологических производств (ПК-2);

#### 3) Владеть:

- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования (ПК-2, ПК-5, ПК-7);
- методами определения технологических показателей процесса (ПК-1, ПК-7).

Таким образом, изучение дисциплины способствует формированию у обучающегося следующих **компетенций**:

*Профессиональных в области производственно-технологической деятельности:*

- способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду (ПК-2);

- готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду (ПК-5);

- готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств (ПК-7).

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 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		
1	Теоретические основы процессов химической технологии	3	1-3	4		2		4	4/66,7	
2	Гидромеханические процессы и аппараты	3	4-8	16		12		12	20/71,4	1-й рейтинг-контроль
3	Теплообменные процессы и аппараты	3	9-13	8		10		10	14/77,8	2-й рейтинг-контроль
4	Массообменные процессы и аппараты	3	14-18	8		12		10	14/70,0	3-й рейтинг-контроль
<b>Итого за курс:</b>				36		36		36	52/72,2	экзамен (36 час.)

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### 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. Гидромеханические процессы и аппараты**

*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. 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.*

*Лекция 6. Обтекание жидкостью твердых тел. Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение.*

*Лекция 7. Гидродинамика зернистых материалов. Сопротивление слоя зернистого материала. Режимы движения потока через зернистые материалы. Гидродинамика псевдооживленных слоев.*

*Лекция 8. Закономерности процессов фильтрации. Физическая сущность процесса. Фильтрация суспензий под действием перепада давления. Центробежное фильтрование суспензий.*

*Лекция 9. Транспортирование жидкостей. Область применения, параметры работы и классификация насосов. Поршневые насосы. Шестеренчатые насосы. Центробежные насосы.*

*Лекция 10. Сжатие и транспортирование газов. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров. Поршневые компрессоры. Винтовые компрессоры. Центробежные вентиляторы.*

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

*Лекция 11. Общая характеристика теплообменных процессов. Основные понятия и определения. Основное уравнение теплопередачи. Средняя движущая сила теплообменных процессов.*

*Лекция 12. Виды теплообменных процессов. Теплопроводность и теплопередача. Передача тепла конвекцией. Передача тепла излучением. Подобие теплообменных процессов.*

*Лекция 13. Промышленные способы подвода и отвода тепла.* Классификация теплоносителей. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

*Лекция 14. Выпаривание.* Основные понятия и определения. Однокорпусное выпаривание. Многокорпусное выпаривание.

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

*Лекция 15. Общая характеристика массообменных процессов.* Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов. Подобие массообменных процессов.

*Лекция 16. Перегонка.* Основные понятия и определения. Равновесие в системе «жидкость – пар». Простая перегонка.

*Лекция 17. Ректификация.* Ректификационные установки. Классификация и конструкция ректификационных колонн. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок.

*Лекция 18. Сушка.* Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса сушки. Кинетика сушки. Общая классификация сушилок.

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

*Лабораторное занятие 1.* Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины;

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

*Лабораторное занятие 3.* Защита лабораторной работы 1;

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

*Лабораторное занятие 5.* Проведение рейтинг – контроля № 1;

*Лабораторное занятие 6.* Лабораторная работа 3 «Уравнение Бернулли»;

*Лабораторное занятие 7.* Защита лабораторной работы 2;

*Лабораторное занятие 8.* Лабораторная работа 4 «Испытание расходомера типа трубы Вентури»;

*Лабораторное занятие 9.* Защита лабораторной работы 3;

*Лабораторное занятие 10.* Лабораторная работа 5 «Истечение жидкости из отверстий и насадок».

*Лабораторное занятие 11.* Проведение рейтинг – контроля № 2;

*Лабораторное занятие 12.* Лабораторная работа 6 «Изучение процесса теплопередачи»;

*Лабораторное занятие 13.* Защита лабораторной работы 4;

*Лабораторное занятие 14.* Лабораторная работа 7. «Исследование фракционной перегонки»;

*Лабораторное занятие 15.* Защита лабораторной работы 5;

*Лабораторное занятие 16.* Защита лабораторных работ 6 и 7;

*Лабораторное занятие 17.* Проведение рейтинг – контроля № 3;

*Лабораторное занятие 18.* Подведение итогового рейтинга.

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

#### **Рейтинг-контроль №1**

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.

#### **Рейтинг-контроль №2**

1. Сопротивление слоя зернистого материала;



2. Режимы движения потока через зернистые материалы;
3. Гидродинамика псевдооживенных слоев;
4. Физическая сущность процесса фильтрования;
5. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
6. Центробежное фильтрование суспензий;
7. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
8. Поршневые насосы;
9. Шестеренчатые насосы;
10. Центробежные насосы;
11. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
12. Поршневые компрессоры;
13. Винтовые компрессоры;
14. Центробежные вентиляторы;
15. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
16. Основное уравнение теплопередачи;
17. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
18. Теплопроводность и теплопередача;
19. Передача тепла конвекцией;
20. Передача тепла излучением;
21. Подобие теплообменных процессов;

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Классификация теплоносителей;
2. Классификация теплообменных аппаратов;
3. Кожухотрубчатые теплообменники;
4. Аппараты с двойными стенками (рубашками);
5. Основные понятия и определения выпаривания;
6. Однокорпусное выпаривание;
7. Многокорпусное выпаривание;
8. Основные понятия и определения массообменных процессов;
9. Классификация массообменных процессов;
10. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов;
11. Подобие массообменных процессов;
12. Основные понятия и определения перегонки;
13. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
14. Простая перегонка;

15. Ректификационные установки;
16. Классификация и конструкция ректификационных колонн;
17. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
18. Основные понятия и определения сушки;
19. Физическая сущность процесса сушки;
20. Кинетика сушки;
21. Общая классификация сушилок.

## **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 электронном 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. Система единиц измерения;
- 1.2. Уравнения и линии равновесия;
- 1.3. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев.

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

- 2.1. Уравнения равновесия Эйлера;
- 2.2. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
- 2.3. Уравнения движения Эйлера;
- 2.4. Уравнения движения Навье-Стокса;
- 2.5. Сообщающиеся сосуды;
- 2.6. Истечение жидкости из отверстий и резервуаров, через водослив;
- 2.7. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов;
- 2.8. Термодинамика компрессорного процесса;
- 2.9. Общие сведения о неоднородных системах.

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

- 3.1. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
- 3.2. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 3.3. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 3.4. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 3.5. Коэффициент теплоотдачи при непосредственном соприкосновении потоков.
- 3.6. Смесительные теплообменники;
- 3.7. Регенеративные теплообменники;
- 3.8. Пластинчатые теплообменники;
- 3.9. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники.
- 3.10. Распределение полезной разности температур по корпусам;
- 3.11. Выпаривание с тепловым насосом;
- 3.12. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;

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

- 4.1. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 4.2. Модели массопереноса;
- 4.3. Материальный и тепловой балансы массообменных процессов;
- 4.4. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
- 4.5. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах.

### **6.3. 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 фильтрации;
26. Фильтрация 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. 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/МРЕИ220.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 «ТЕЗА», 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).

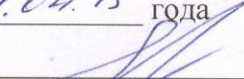
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

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 № 8 от 1.04.15 года  
Заведующий кафедрой ХТ, д.т.н., профессор  Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Протокол № 9 от 1.04.15 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 \_\_\_\_\_