

**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

« 01 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**  
**И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

(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)
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	курсовой проект, зачет, экзамен (36 час)

Владимир 2015

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель курса «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды» состоит в формировании у студентов знаний и умений в области основных методов и закономерностей физико-химических процессов химической технологии и защиты окружающей среды, основах технологии перемещения жидкостей и газов, очистки пыле-газовых выбросов, жидких сбросов, о принципах тепло- и массообмена в системах с различным фазовым составом.

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

- получение знаний о основах протекания и основных закономерностях гидродинамических, тепло- и массообменных процессов химической технологии;
- получение базовых знаний о физико-химических процессах, лежащих в основе очистки отходящих газов, сточных вод и утилизации твердых отходов;
- приобретение практических навыков по выбору оптимального оборудования для проведения процессов по снижению загрязнения окружающей среды.

В результате изучения курса «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды» выпускник получает знания и навыки, необходимые для выбора методов, способов и оборудования для проведения основных процессов химической технологии, очистки промышленных выбросов и создания малоотходных технологий, 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, общеинженерными дисциплинами, общеэкологическими 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);
- принципы физического моделирования химико-технологических процессов (ПК-1);
- основные уравнения движения жидкостей (ПК-1);
- основы теории теплопередачи (ПК-1);
- основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз (ПК-1);
- основные процессы химической технологии и защиты окружающей среды, соответствующие аппараты и методы их расчёта (ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-7);
- общие принципы рационального природопользования и защиты окружающей среды (ПК-5);
- методы оценки эффективности химико-технологических производств и их воздействия на окружающую среду (ПК-5).

#### **2) Уметь:**

- определять характер движения жидкостей и газов (ПК-1);
- определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи (ПК-1, ПК-2);
- определять источники и виды загрязнений химико-технологических производств, оценивать степень их опасности для окружающей среды (ПК-5);
- производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учётом реализации задач защиты окружающей среды (ПК-5, ПК-7);

#### **3) Владеть:**

- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования (ПК-2, ПК-5, ПК-7);
- методами расчета параметров и выбора аппаратуры для очистки промышленных выбросов от различного типа и концентрации загрязнителей (ПК-5, ПК-7);

- методами анализа эффективности работы и экологической безопасности химико-технологических производств (ПК-2);

- 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 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		
1	Теоретические основы и гидравлические процессы	4	1-10	10		20		24	4/66,7	1-й рейтинг-контроль
2	Тепло- и массообменные процессы	4	11-18	8		16		30	20/71,4	2-й и 3-й рейтинг-контроли
<b>Итого за 4 семестр:</b>				18		36		54	52/72,2	экзамен (36 час.)

№ 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 примене- нием инте- раактивных 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 защиты окружаю- щей среды	5	1-4	4	6	6		22		12/75,0	
2	Механи- ческие и физичес- кие методы очистки от загрязне- ний	5	5- -10	6	14	14		30		26/76,4	1-й и 2-й рей- тинг- контроли
3	Физико- химичес- кие методы очистки от загрязне- ний	5	11- -18	8	16	16		38		28/70,0	3-й рейтинг- контроль
<b>Итого за 5 семестр:</b>				18	36	36		126		66/73,3	курсовой проект, зачет,
<b>Итого за курс:</b>				36	36	72		180		108/75,0	экзамен (36 час.), курсовой проект, зачет

#### 4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### 4-й семестр

##### Раздел 1. Теоретические основы и гидравлические процессы

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

*Лекция 2. Общие сведения о гидравлике.* Основные понятия и определения. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Гидродинамическое подобие.

*Лекция 3. Основные гидравлические параметры.* Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.

*Лекция 4. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики.* Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение. Гидродинамика зернистых слоев. Физическая сущность фильтрования.

*Лекция 5. Транспортирование жидкостей и газов.* Область применения, параметры работы и классификация аппаратов. Аппараты объемного действия. Аппараты динамического действия.

## **Раздел 2. Тепло- и массообменные процессы**

*Лекция 6. Теплообменные процессы и аппараты.* Основные понятия и определения. Основные расчетные зависимости. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

*Лекция 7. Общая характеристика массообменных процессов.* Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Равновесие массообменных процессов. Подобие тепло- и массообменных процессов.

*Лекция 8. Перегонка и ректификация.* Основные понятия и определения. Равновесие в системе «жидкость – пар». Основные расчетные зависимости. Применяемые аппараты и установки.

*Лекция 9. Сушка.* Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки. Классификация сушильных аппаратов.

## **5-й семестр**

### **Раздел 3. Теоретические основы защиты окружающей среды**

*Лекция 1. Технология защиты окружающей среды.* Основные понятия и определения. Источники и виды загрязнений. Нормирование уровня загрязнений.

*Лекция 2. Общие принципы методов защиты окружающей среды.* Классификация методов защиты окружающей среды. Интенсификация процессов очистки. Первичная обработка сточных вод.

### **Раздел 4. Механические и физические методы очистки от загрязнений**

*Лекция 3. Гравитационное и инерционное осаждение.* Пылеосадители. Назначение и классификация отстойников. Песколовки и первичные отстойники. Тонкослойные отстойники. Отстойники для разделения суспензий и эмульсий.

*Лекция 4. Центробежное осаждение и фильтрация.* Циклоны и гидроциклоны. Отстойные и фильтрующие центрифуги. Газовые фильтры. Туманоуловители. Водяные фильтры.

*Лекция 5. Методы физической очистки.* Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов. Барботажные (пенные) пылеуловители. Электрическая очистка газов. Электрофильтры.

## **Раздел 5. Физико-химические методы очистки от загрязнений**

*Лекция 6. Сорбционные методы очистки.* Основные понятия абсорбции и адсорбции. Классификация и конструкция абсорберов. Абсорбционные установки. Классификация и конструкция адсорберов.

*Лекция 7. Термохимические методы утилизации газов.* Каталитическая очистка газов. Аппараты для каталитической очистки газов. Термическая очистка газов. Аппараты для термокаталитической очистки газов.

*Лекция 8. Ионный обмен и химическая нейтрализация сточных вод.* Основные понятия ионного обмена. Ионообменные аппараты. Химическая нейтрализация сточных вод.

*Лекция 9. Химическое окисление и биохимическая очистка сточных вод.* Химическое окисление. Общие сведения о биохимической очистке. Сооружения аэробной очистки. Сооружения анаэробной очистки.

## **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;

*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-й семестр**

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

*Лабораторное занятие 2.* Лабораторная работа 1 «Изучение процесса отстаивания сточных вод»;

*Лабораторное занятие 3.* Защита лабораторной работы 1;

*Лабораторное занятие 4.* Лабораторная работа 2 «Изучение интенсификации процесса отстаивания сточных вод»;

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

*Лабораторное занятие 6.* Лабораторная работа 3 «Изучение процесса фильтрации сточных вод»;

*Лабораторное занятие 7.* Защита лабораторной работы 2;

*Лабораторное занятие 8.* Лабораторная работа 4 «Изучение работы циклона»;

*Лабораторное занятие 9.* Защита лабораторной работы 3;

*Лабораторное занятие 10.* Лабораторная работа 5 «Изучение процесса адсорбции сточных вод».

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

*Лабораторное занятие 12.* Лабораторная работа 6 «Изучение процесса химической нейтрализации сточных вод»;

*Лабораторное занятие 13.* Защита лабораторной работы 4;

*Лабораторное занятие 14.* Лабораторная работа 7. «Изучение процесса электролиза сточных вод»;

*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.

### **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 с учетом реализации задач защиты окружающей среды;

*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.* Расчет материального баланса процесса абсорбции;

*Практическое занятие 7.* Определение средней движущей силы абсорбции;

*Практическое занятие 8.* Определение коэффициента массопередачи при абсорбции;

*Практическое занятие 9.* Изотермы адсорбции;

*Практическое занятие 10.* Коэффициент массопередачи при адсорбции;

*Практическое занятие 11.* Расчет материального баланса процесса фильтрования;

*Практическое занятие 12.* Выбор толщины слоя осадка при фильтровании. Энергетический расчет фильтров;

*Практическое занятие 13.* Определение основных показателей адсорбции: продолжительности адсорбции, выходной кривой, профиля концентрации в слое адсорбента;

*Практическое занятие 14.* Расчет материального баланса процесса адсорбции;

*Практическое занятие 15.* Определение основных размеров абсорберов и адсорберов;

*Практическое занятие 16.* Расчет и выбор вспомогательных аппаратов фильтровальных установок;

*Практическое занятие 17.* Защита курсовых проектов;

*Практическое занятие 18.* Защита курсовых проектов.

## 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 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**

#### **4-й семестр**

#### **Рейтинг-контроль №1**

1. Основные понятия и определения ПАХТ;
2. Классификация процессов химической технологии;
3. Законы сохранения субстанций;
4. Законы термодинамического равновесия;
5. Законы переноса субстанций;
6. Условия однозначности и виды подобия;
7. Инварианты подобия;
8. Основные понятия и определения гидравлики;
9. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
10. Основные понятия и определения гидродинамики;
11. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
12. Гидродинамическое подобие.
13. Характеристика ламинарного течения;
14. Характеристика турбулентного течения;
15. Уравнение Бернулли;
16. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.

#### **Рейтинг-контроль №2**

1. Гидродинамические сопротивления;
2. Гравитационное осаждение;
3. Сопротивление слоя зернистого материала;
4. Режимы движения потока через зернистые материалы;
5. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
6. Физическая сущность фильтрования;
7. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
8. Поршневые насосы;
9. Центробежные насосы;
10. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
11. Поршневые компрессоры;

12. Центробежные вентиляторы;
13. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
14. Основное уравнение теплопередачи;
15. Теплопередача через плоскую стенку;
16. Классификация теплообменных аппаратов;
17. Кожухотрубчатые теплообменники;
18. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Основные понятия и определения массообменных процессов;
2. Классификация массообменных процессов;
3. Равновесие массообменных процессов;
4. Подобие теплообменных процессов;
5. Подобие массообменных процессов;
6. Основные понятия и определения перегонки;
7. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
8. Материальный баланс простой перегонки и ректификации;
9. Простая перегонка;
10. Ректификационные установки;
11. Основные понятия и определения сушки;
12. Физическая сущность процесса сушки;
13. Кинетика сушки;
14. Материальный баланс сушки;
15. Тепловой баланс сушки;
16. Классификация сушильных аппаратов.

### **5-й семестр**

#### **Рейтинг-контроль №1**

1. Основные понятия и определения защиты окружающей среды;
2. Источники и виды загрязнений;
3. Нормирование уровня загрязнений;
4. Классификация методов защиты окружающей среды;
5. Интенсификация процессов очистки газовых выбросов;
6. Интенсификация процессов очистки сточных вод;
7. Первичная обработка сточных вод;
8. Пылеосадители;

9. Назначение и классификация отстойников;
10. Песколовки;
11. Первичные отстойники;
12. Тонкослойные отстойники;
13. Отстойники для разделения суспензий;
14. Отстойники для разделения эмульсий.

### **Рейтинг-контроль №2**

1. Циклоны и гидроциклоны;
2. Отстойные центрифуги;
3. Фильтрующие центрифуги;
4. Газовые фильтры;
5. Туманоуловители;
6. Водяные фильтры;
7. Мокрая очистка газов;
8. Конструкции скрубберов;
9. Барботажные (пенные) пылеуловители;
10. Электрическая очистка газов;
11. Электрофильтры;
12. Основные понятия абсорбции;
13. Основные понятия адсорбции;
14. Классификация и конструкция абсорберов;
15. Абсорбционные установки;
16. Классификация и конструкция адсорберов.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Каталитическая очистка газов;
2. Аппараты для каталитической очистки газов;
3. Термическая очистка газов;
4. Аппараты для термокаталитической очистки газов;
5. Основные понятия ионного обмена;
6. Ионообменные фильтры;
7. Общие принципы и аппараты для электролиза сточных вод;
8. Химическая нейтрализация сточных вод;
9. Химическое окисление сточных вод;
10. Физическая сущность биохимической очистки;

11. Сооружения аэробной очистки;
12. Сооружения анаэробной очистки.

## **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 и гидравлические процессы**

- 1.1. Законы термодинамического равновесия, сохранения и переноса субстанций;
- 1.2. Уравнения и линии равновесия;
- 1.3. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев;
- 1.4. Силы, действующие на жидкость;
- 1.5. Физические свойства жидкости;
- 1.6. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
- 1.7. Уравнения равновесия Эйлера;
- 1.8. Уравнения движения Эйлера;
- 1.9. Уравнения движения Навье-Стокса;
- 1.10. Сообщающиеся сосуды;
- 1.11. Истечение жидкости из отверстий резервуаров, через водослив;
- 1.12. Общие сведения о неоднородных системах;
- 1.13. Фильтрация суспензий под действием перепада давления;
- 1.14. Центробежное фильтрование суспензий;
- 1.15. Шестеренчатые насосы;
- 1.16. Винтовые компрессоры;

1.17. Термодинамика компрессорного процесса.

## **Раздел 2. Тепло- и массообменные процессы**

- 2.1. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
- 2.2. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 2.3. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 2.4. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 2.5. Коэффициент теплоотдачи при непосредственном соприкосновении потоков.
- 2.6. Смесительные теплообменники;
- 2.7. Регенеративные теплообменники;
- 2.8. Пластинчатые теплообменники;
- 2.9. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники.
- 2.10. Распределение полезной разности температур по корпусам;
- 2.11. Выпаривание с тепловым насосом;
- 2.12. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
- 2.13. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 2.14. Модели массопереноса;
- 2.15. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
- 2.16. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
- 2.17. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах.

## **5-й семестр**

### **Раздел 3. Теоретические основы защиты окружающей среды**

- 3.1. ПДК вредных веществ в газовых выбросах и сточных водах;
- 3.2. Нормативы допустимых физических воздействий;
- 3.3. Основные свойства аэрозолей;
- 3.4. Основные свойства водных дисперсных систем;
- 3.5. Методы защиты от энергетических воздействий.

### **Раздел 4. Механические и физические методы очистки от загрязнений**

- 4.1. Конструкция смолоуловителей;
- 4.2. Определения размеров циклонов и их к.п.д.;
- 4.3. Механизмы осаждения частиц на волокнах фильтра;
- 4.4. Флотационная очистка сточных вод.

## Раздел 5. Физико-химические методы очистки от загрязнений

- 5.1. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
- 5.2. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
- 5.3. Селективность ионитов;
- 5.4. Кинетические закономерности ионного обмена;
- 5.5. Конструкция и принцип действия электролизеров;
- 5.6. Виды аэрации и деаэрации сточных вод;
- 5.7. Биохимическая очистка сточных вод в естественных условиях.

### 6.3. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### Варианты заданий для курсового проектирования

##### 1) Расчёт насадочного абсорбера

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
Абсорбируемый компонент (абсорбтив)	аммиак	хлористый водород	аммиак	хлористый водород	аммиак
Количество газовой смеси, поступающей в установку $V$ , м <sup>3</sup> /с	5	8	6	12	12
Начальная концентрация абсорбтива в газовой смеси $y_n$ , %	6	8	4	6	8
Начальная концентрация абсорбтива в абсорбенте $x_n$ , %	0	0,22	0,18	0,14	0,2
Степень извлечения $\epsilon$	0,95	0,92	0,89	0,91	0,94
Степень насыщения $\eta$	0,75	0,74	0,76	0,84	0,82
Температура абсорбции $t_a$ , °С	25	31	37	29	34
Давление абсорбции $P_a$ , кПа	141,5	162,5	128,9	144,6	150,3
Примечание: для всех вариантов очищаемый газ – воздух, абсорбент – вода.					

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Материальный баланс процесса;
- Определение скорости газа и диаметра абсорбера;
- Определение средней движущей силы процесса;

- Определение коэффициента массопередачи;
- Определение высоты абсорбера;
- Определение гидравлического сопротивления абсорбера;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: насос для подачи абсорбента; газодувка (турбокомпрессор) для подачи газовой смеси.

Необходимо вычертить:

- Технологическая схема абсорбционной установки;
- Общий вид абсорбционной колонны (сборочный чертеж).

## 2) Расчёт адсорбционной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
Количество газовой смеси, поступающей в установку $V, \text{ м}^3/\text{с}$	6	9	11	7	12
Адсорбируемый компонент (адсорбтив)	аммиак	сероводород	диоксид углерода	пары метилового спирта	пары этилового спирта
Температура газовой смеси $t_{\text{см}}, \text{ }^\circ\text{C}$	20	24	18	22	16
Начальная концентрация адсорбтива в газовой фазе $C_{\text{н}}, \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	1,5	2,0	1,8	1,2	2,4
Проскоковая концентрация адсорбтива $C_{\text{п}}, \%$ от $C_{\text{н}}$	5	8	4	10	6
Эквивалентный диаметр гранул адсорбента, мм	1,6	2,0	1,8	2,2	1,4

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Изотерма адсорбции;
- Диаметр и высота абсорбера;
- Коэффициент массопередачи процесса адсорбции;

- Продолжительность адсорбции. Выходная кривая. Профиль концентрации в слое адсорбента;
- Материальный баланс адсорбции
- Вспомогательные стадии цикла
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: воздуходувка, циклон, фильтр

Необходимо вычертить:

- Технологическая схема адсорбционной установки;
- Общий вид адсорбционной колонны (сборочный чертеж).

### 3) Расчёт барабанного вакуум-фильтра

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
Производительность фильтра по осадку $G_{oc}$ , кг/с	2,6	3,0	2,4	2,8	2,5
Влажность осадка $w$ , масс. %	40	45	35	50	47
Содержание твердой фазы в суспензии $x$ , масс. %	20	18	25	22	30
Перепад давления при фильтровании и промывке $\Delta P$ , кПа	75	80	78	82	86
Удельное сопротивление осадка $r$ , $\cdot 10^{-3}$ Па·с/м <sup>2</sup>	4	5	6	7	8
Сопротивление фильтрующей перегородки $R_{п}$ , $\cdot 10^6$ Па·с/м	1	0,9	0,8	1,1	1,2
Динамический коэффициент вязкости фильтрата $\mu_{ф}$ , $\cdot 10^{-3}$ Па·с	0,9	0,95	0,88	0,96	0,99
Плотность твердой фазы $\rho_{т}$ , кг/м <sup>3</sup>	2500	2650	2800	2350	2900
Плотность жидкой фазы $\rho_{ф}$ , кг/м <sup>3</sup>	1000	990	970	1100	940
Температура промывной жидкости (воды) $t_{пр}$ , °С	20	18	19	22	25
Удельный расход промывной жидкости $m$ , кг/кг осадка	3,6	3,8	3,4	4,0	4,2
Угол зоны фильтрования $\varphi_{ф}$ , °	135	120	115	145	125
Частота вращения барабана $n$ , об/мин	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

- Материальный баланс процесса фильтрования;
- Выбор толщины слоя осадка;

- Энергетический расчёт;
- Расчёт и выбор вспомогательного оборудования: насос, ресивер, ловушка

Необходимо вычертить:

1. Технологическая схема фильтровальной установки;
2. Общий вид барабанного вакуум-фильтра (сборочный чертеж).

### **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. Законы сохранения субстанций;
4. Законы термодинамического равновесия;
5. Законы переноса субстанций;
6. Условия однозначности и виды подобия;
7. Инварианты подобия;
8. Основные понятия и определения гидравлики;
9. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
10. Основные понятия и определения гидродинамики;
11. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
12. Гидродинамическое подобие.
13. Характеристика ламинарного течения;
14. Характеристика турбулентного течения;

15. Уравнение Бернулли;
16. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.
17. Гидродинамические сопротивления;
18. Гравитационное осаждение;
19. Сопротивление слоя зернистого материала;
20. Режимы движения потока через зернистые материалы;
21. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
22. Физическая сущность фильтрования;
23. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
24. Поршневые насосы;
25. Центробежные насосы;
26. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
27. Поршневые компрессоры;
28. Центробежные вентиляторы;
29. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
30. Основное уравнение теплопередачи;
31. Теплопередача через плоскую стенку;
32. Классификация теплообменных аппаратов;
33. Кожухотрубчатые теплообменники;
34. Аппараты с двойными стенками (рубашками).
35. Основные понятия и определения массообменных процессов;
36. Классификация массообменных процессов;
37. Равновесие массообменных процессов;
38. Подобие теплообменных процессов;
39. Подобие массообменных процессов;
40. Основные понятия и определения перегонки;
41. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
42. Материальный баланс простой перегонки и ректификации;
43. Простая перегонка;
44. Ректификационные установки;
45. Основные понятия и определения сушки;
46. Физическая сущность процесса сушки;
47. Кинетика сушки;
48. Материальный баланс сушки;
49. Тепловой баланс сушки;
50. Классификация сушильных аппаратов.

## 6.5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

### 5-й семестр

1. Основные понятия и определения защиты окружающей среды;
2. Источники и виды загрязнений;
3. Нормирование уровня загрязнений;
4. Классификация методов защиты окружающей среды;
5. Интенсификация процессов очистки газовых выбросов;
6. Интенсификация процессов очистки сточных вод;
7. Первичная обработка сточных вод;
8. Пылеосадители;
9. Назначение и классификация отстойников;
10. Песколовки;
11. Первичные отстойники;
12. Тонкослойные отстойники;
13. Отстойники для разделения суспензий;
14. Отстойники для разделения эмульсий.
15. Циклоны и гидроциклоны;
16. Отстойные центрифуги;
17. Фильтрующие центрифуги;
18. Газовые фильтры;
19. Туманоуловители;
20. Водяные фильтры;
21. Мокрая очистка газов;
22. Конструкции скрубберов;
23. Барботажные (пенные) пылеуловители;
24. Электрическая очистка газов;
25. Электрофильтры;
26. Основные понятия абсорбции;
27. Основные понятия адсорбции;
28. Классификация и конструкция абсорберов;
29. Абсорбционные установки;
30. Классификация и конструкция адсорберов.
31. Каталитическая очистка газов;
32. Аппараты для каталитической очистки газов;
33. Термическая очистка газов;
34. Аппараты для термокatalитической очистки газов;

35. Основные понятия ионного обмена;
36. Ионообменные фильтры;
37. Общие принципы и аппараты для электролиза сточных вод;
38. Химическая нейтрализация сточных вод;
39. Химическое окисление сточных вод;
40. Физическая сущность биохимической очистки;
41. Сооружения аэробной очистки;
42. Сооружения анаэробной очистки.

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

### **а) основная литература:**

1. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);
2. 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>);
3. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ и доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);
4. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды: учеб. Пособие - М.: Абрис, 2012. - 397 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200308.html>);
5. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учеб. пособие для вузов: электронный ресурс - М.: Абрис, 2012 (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200322.html>).

### **б) дополнительная литература:**

1. 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>);
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. 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>);

4. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.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>).

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

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

5. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, Всероссийский институт научной и технической информации РАН, г. Москва

6. Вода и экология: проблемы и решения, ЗАО «Водопроект-Гипрокоммунводоканал», г. Санкт-Петербург;

7. Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, ООО «Издательский дом «ОРИОН», г. Москва;

8. Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера, АО «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха», г. Санкт-Петербург;

9. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», г. Архангельск.

#### **в) интернет-ресурсы:**

1. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>

2. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/paht>

3. <http://www.thesa.ru>

4. <http://www.ecoindustry.ru>

5. <http://ecology-education.ru>

6. <http://sprav-ekob.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 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 5.09.16 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

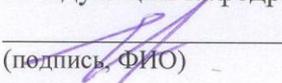
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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

Институт архитектуры строительства и энергетики

Кафедра "Химические технологии"

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 1 от 5.09.2016г.

Заведующий кафедрой  
  
Ю.Т. Панов  
(подпись, ФИО)

**Актуализация рабочей программы дисциплины**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

(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

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена:  
доцент кафедры ХТ, к.т.н.



Е.С. Пикалов

**а) основная литература:**

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);
2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);
3. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);
4. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);
5. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

**б) дополнительная литература:**

1. 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>);
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. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>);

4. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>);

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>).