

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 05 » 09 2016 г.

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

(наименование дисциплины)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 18.03.01 «Химическая технология»
Профиль подготовки Технология и переработка полимеров
Уровень высшего образования 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 | 5 / 180 | 36 | | 36 | 63 | экзамен (45 час) |
| 5 | 5 / 180 | 18 | 36 | 36 | 90 | курсовой проект, зачет |
| Итого | 10 / 360 | 54 | 36 | 72 | 153 | экзамен (45 час), курсовой проект, зачет |

Владимир 2016

ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

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

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

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

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

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

2) Уметь:

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

3) Владеть:

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

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

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

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) | |
|----------------------------|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|--------------------|-----|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | | | КП / КР |
| 1 | Теоретические основы процессов химической технологии | 4 | 1-4 | 8 | | 8 | | 14 | | 12/75,0 | |
| 2 | Основы гидравлических процессов | 4 | 5-10 | 12 | | 12 | | 21 | | 18/75,0 | 1-й рейтинг-контроль |
| 3 | Гидромеханические процессы и аппараты | 4 | 11-13 | 6 | | 6 | | 10 | | 8/66,7 | 2-й рейтинг-контроль |
| 4 | Образование и разделение неоднородных систем | 4 | 14-18 | 10 | | 10 | | 18 | | 14/70 | 3-й рейтинг-контроль |
| Итого за 4 семестр: | | | | 36 | | 36 | | 63 | | 52/72,2 | зачет, экзамен (45 час.) |
| 5 | Основы теплообменных процессов | 5 | 1-3 | 4 | 6 | 8 | | 17 | | 12/66,7 | |
| 6 | Теплообменные аппараты | 5 | 4-7 | 4 | 8 | 8 | | 19 | | 18/90,0 | 1-й рейтинг-контроль |
| 7 | Основы массообменных процессов | 5 | 8-9 | 2 | 4 | 4 | | 10 | | 6/60,0 | |
| 8 | Массообменные процессы со свободной границей раздела фаз | 5 | 10-13 | 4 | 8 | 8 | | 20 | | 18/90,0 | 2-й рейтинг-контроль |
| 9 | Массообменные процессы с участием твердой фазы | 5 | 14-18 | 4 | 10 | 8 | | 24 | | 18/81,8 | 3-й рейтинг-контроль |
| Итого за 5 семестр: | | | | 18 | 36 | 36 | | 90 | | 72/80,0 | курсовой проект, зачет |
| Итого за курс: | | | | 54 | 36 | 72 | | 153 | | 124/76,5 | экзамен (45 час.), курсовой проект, зачет |

4.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

4-й семестр

Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии

Лекция 1. Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии. Основные понятия и определения. Классификация процессов химической технологии. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.

Лекция 2. Общие закономерности процессов химической технологии. Законы сохранения веществ. Законы термодинамического равновесия. Законы переноса веществ. Локальная, конвективная и субстанциональная составляющие потока.

Лекция 3. Основы теории подобия. Моделирование химико-технологических процессов. Условия однозначности и виды подобия. Инварианты подобия. Теоремы подобия.

Раздел 2. Основы гидравлических процессов

Лекция 4. Общие сведения о гидравлике. Основные понятия и определения. Силы, действующие на жидкость. Физические свойства жидкости.

Лекция 5. Гидростатика. Уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Давление жидкости на дно и стенки сосуда.

Лекция 6. Общие сведения о гидродинамике. Основные понятия и определения. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнения движения Эйлера. Уравнения движения Навье-Стокса.

Лекция 7. Режимы движения жидкости. Гидродинамическое подобие. Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения.

Лекция 8. Расчет основных гидравлических параметров. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

Лекция 9. Обтекание жидкостью твердых тел. Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение частиц.

Лекция 10. Гидродинамика зернистых материалов. Сопротивление слоя зернистого материала. Режимы движения жидкости через зернистые материалы. Гидродинамика псевдооживленных слоев.

Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов

Лекция 11. Транспортирование жидкостей. Область применения, параметры работы и классификация насосов. Поршневые насосы. Шестеренчатые насосы. Центробежные насосы.

Лекция 12. Сжатие и транспортирование газов. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров. Поршневые компрессоры. Винтовые компрессоры. Центробежные вентиляторы.

Раздел 4. Образование и разделение неоднородных систем

Лекция 13. Общие сведения о неоднородных системах. Классификация неоднородных систем. Характеристика неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения.

Лекция 14. Гравитационное осаждение. Классификация и характеристики отстойников. Конструкция пылеосадителей. Отстойники для суспензий и эмульсий.

Лекция 15. Центробежное осаждение. Закономерности центробежного осаждения. Конструкция циклонов. Отстойное центрифугирование.

Лекция 16. Фильтрация. Основные понятия и определения. Закономерности фильтрования суспензий. Фильтры и фильтрующие центрифуги. Газовые фильтры.

Лекция 17. Мокрая газоочистка. Закономерности мокрой очистки газов. Конструкции скрубберов. Барботажные (пенные) пылеуловители.

Лекция 18. Перемешивание в жидких средах. Основные понятия и определения. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок.

5-й семестр

Раздел 5. Основы теплообменных процессов

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

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

Раздел 6. Теплообменные аппараты

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

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

Раздел 7. Основы массообменных процессов

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

Раздел 8. Массообменные процессы со свободной границей раздела фаз

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

Лекция 7. Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар». Простая перегонка. Ректификационные установки. Классификация и конструкция колонных аппаратов.

Раздел 9. Массообменные процессы с участием твердой фазы

Лекция 8. Сушка. Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки.

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

4.2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

4-й семестр

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5-й семестр

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

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

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

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

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

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

Лабораторное занятие 7. Лабораторная работа 4 «Ректификация».

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

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

4.3. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

5-й семестр

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

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

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

Практическое занятие 4. Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов;

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

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

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

Практическое занятие 8. Расчет материального баланса процесса ректификации;

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

Практическое занятие 10. Гидравлический расчет тарелок в колонных аппаратах;

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

Практическое занятие 12. Тепловой расчет установок с колонными аппаратами;

Практическое занятие 13. Расчет начальных параметров сушильного агента;

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

Практическое занятие 15. Определение основных размеров сушильного барабана;

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

Практическое занятие 17. Защита курсовых проектов;

Практическое занятие 18. Защита курсовых проектов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

2. Практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений за счет установки междисциплинарных связей, при которых изучение дисциплины строится на основе ранее приобретенных знаний и умений, а полученные навыки необходимы для дальнейшего обучения по программе 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. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов;
4. Законы сохранения субстанций;
5. Законы термодинамического равновесия;
6. Законы переноса субстанций;
7. Локальная, конвективная и субстанциональная составляющие потока;
8. Моделирование химико-технологических процессов;
9. Условия однозначности и виды подобия;
10. Инварианты подобия;
11. Теоремы подобия;
12. Основные понятия и определения гидравлики;
13. Силы, действующие на жидкость;
14. Физические свойства жидкости;
15. Уравнения равновесия Эйлера;
16. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
17. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
18. Основные понятия и определения гидродинамики;

19. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
20. Уравнения движения Эйлера;
21. Уравнения движения Навье-Стокса.

Рейтинг-контроль №2

1. Гидродинамическое подобие;
2. Характеристика ламинарного течения;
3. Характеристика турбулентного течения;
4. Уравнение Бернулли;
5. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
6. Истечение жидкости из отверстий резервуаров;
7. Гидродинамические сопротивления;
8. Гравитационное осаждение частиц;
9. Сопротивление слоя зернистого материала;
10. Режимы движения жидкости через зернистые материалы;
11. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
12. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
13. Поршневые насосы;
14. Шестеренчатые насосы;
15. Центробежные насосы;
16. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
17. Поршневые компрессоры;
18. Винтовые компрессоры;
19. Центробежные вентиляторы.

Рейтинг-контроль №3

1. Классификация неоднородных систем;
2. Характеристика неоднородных систем;
3. Материальный баланс процесса разделения;
4. Классификация и характеристики отстойников;
5. Конструкция пылеосадителей;
6. Отстойники для суспензий и эмульсий;
7. Закономерности центробежного осаждения;
8. Конструкция циклонов;
9. Отстойное центрифугирование;
10. Основные понятия и определения фильтрования;

11. Закономерности фильтрования суспензий;
12. Фильтры и фильтрующие центрифуги;
13. Газовые фильтры;
14. Закономерности мокрой очистки газов;
15. Конструкции скрубберов;
16. Барботажные (пенные) пылеуловители;
17. Основные понятия и определения перемешивания;
18. Механическое перемешивание;
19. Конструкции мешалок.

5-й семестр

Рейтинг-контроль №1

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

Рейтинг-контроль №2

1. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
2. Однокорпусное выпаривание;
3. Многокорпусное выпаривание;
4. Основные понятия и определения массообменных процессов;
5. Массоотдача и массопередача;
6. Классификация массообменных процессов;

7. Равновесие массообменных процессов;
8. Средняя движущая сила массообменных процессов;
9. Подобие массообменных процессов;
10. Основы расчета массообменных аппаратов;
11. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
12. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
13. Материальный и тепловой балансы ректификации;
14. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок.

Рейтинг-контроль №3

1. Простая перегонка и установки для ее проведения;
2. Ректификационные установки;
3. Классификация и конструкция колонных аппаратов;
4. Основные понятия и определения процесса сушки;
5. Физическая сущность процесса сушки;
6. Кинетика сушки;
7. Материальный баланс сушки;
8. Тепловой баланс сушки;
9. Общая классификация сушилок;
10. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
11. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
12. Туннельные сушилки;
13. Барабанные сушилки;
14. Сушилки с взвешенным слоем материала.

6.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

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

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

Контроль за выполнением самостоятельной работы проводится по следующим вопросам:

4-й семестр

Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии

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

Раздел 2. Основы гидравлических процессов

- 2.1. Сообщающиеся сосуды;
- 2.2. Истечение жидкости через водослив;
- 2.3. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов.

Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов

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

Раздел 4. Разделение неоднородных систем

- 4.1. Размеры циклонов и их к.п.д.;
- 4.2. Осадительные центрифуги непрерывного действия;
- 4.3. Электрическая очистка газов;
- 4.4. Пневматическое перемешивание;
- 4.5. Смесители для твердых, сыпучих и тестообразных тел.

5-й семестр

Раздел 5. Основы теплообменных процессов

- 5.1. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
- 5.2. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
- 5.3. Определение поверхности нагрева при переменных теплоемкостях и переменных коэффициентах теплопередачи;
- 5.4. Коэффициент теплоотдачи при непосредственном соприкосновении потоков.

Раздел 6. Теплообменные аппараты

- 6.1. Смесительные теплообменники;
- 6.2. Регенеративные теплообменники;
- 6.3. Пластинчатые теплообменники;
- 6.4. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники.
- 6.5. Теплообменники с оребренными трубами.
- 6.6. Спиральные теплообменники;
- 6.7. Выпаривание с тепловым насосом;
- 6.8. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
- 6.9. Пленочные выпарные аппараты.

Раздел 7. Основы массообменных процессов

- 7.1. Дифференциальные уравнения переноса массы;
- 7.2. Модели массопереноса;
- 7.3. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов.

Раздел 8. Массообменные процессы со свободной границей раздела фаз

- 8.1. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
- 8.2. Пленочные абсорберы с восходящим движением жидкости;
- 8.3. Распыливающие абсорберы;
- 8.4. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
- 8.5. Экстрагирование из жидкостей.

Раздел 9. Массообменные процессы с участием твердой фазы

- 9.1. Основные виды контактных сушилок;
- 9.2. Экстрагирование из твердых тел;
- 9.3. Методы кристаллизации.

6.3. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

5-й семестр

Варианты заданий для курсового проектирования

1) Расчёт ректификационной установки

Исходные данные для расчёта:

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

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

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

2) Расчёт барабанной сушильной установки

Исходные данные для расчёта:

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

В качестве топлива используется природный газ следующего состава:

| Вариант | Состав газа, об. % | | | | | | | |
|---------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----|----------------|
| | CH ₄ | C ₂ H ₆ | C ₃ H ₈ | C ₄ H ₁₀ | C ₅ H ₁₂ | H ₂ | CO | 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 |

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

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

3) Расчёт теплообменника (дефлегматора)

Исходные данные для расчёта:

| Параметр | Вариант | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Охлаждаемая смесь паров | бензол – толуол | этанол – вода | хлороформ – бензол | вода – ук- сусная ки- слота |
| Расход паров G_1 , т/ч | 9,6 | 7,2 | 6,4 | 5,8 |

| Параметр | Вариант | | | |
|---|---------|------|----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Массовая концентрация легколетучего компонента в паре X_0 , % | 98 | 92,5 | 89 | 94,5 |
| Начальная температура охлаждающей воды $t_{2н}$, °С | 16 | 18 | 15 | 19 |
| Конечная температура охлаждающей воды $t_{2к}$, °С | 31 | 35 | 29 | 37 |

В курсовом проекте должны быть разработаны следующие вопросы:

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

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. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов;
4. Законы сохранения субстанций;
5. Законы термодинамического равновесия;
6. Законы переноса субстанций;

7. Локальная, конвективная и субстанциональная составляющие потока;
8. Моделирование химико-технологических процессов;
9. Условия однозначности и виды подобия;
10. Инварианты подобия;
11. Теоремы подобия;
12. Основные понятия и определения гидравлики;
13. Силы, действующие на жидкость;
14. Физические свойства жидкости;
15. Уравнения равновесия Эйлера;
16. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
17. Давление жидкости на дно и стенки сосуда;
18. Основные понятия и определения гидродинамики;
19. Уравнение неразрывности (сплошности) потока;
20. Уравнения движения Эйлера;
21. Уравнения движения Навье-Стокса.
22. Гидродинамическое подобие;
23. Характеристика ламинарного течения;
24. Характеристика турбулентного течения;
25. Уравнение Бернулли;
26. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
27. Истечение жидкости из отверстий резервуаров;
28. Гидродинамические сопротивления;
29. Гравитационное осаждение частиц;
30. Сопротивление слоя зернистого материала;
31. Режимы движения жидкости через зернистые материалы;
32. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
33. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
34. Поршневые насосы;
35. Шестеренчатые насосы;
36. Центробежные насосы;
37. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
38. Поршневые компрессоры;
39. Винтовые компрессоры;
40. Центробежные вентиляторы;
41. Классификация неоднородных систем;
42. Характеристика неоднородных систем;

43. Материальный баланс процесса разделения;
44. Классификация и характеристики отстойников;
45. Конструкция пылеосадителей;
46. Отстойники для суспензий и эмульсий;
47. Закономерности центробежного осаждения;
48. Конструкция циклонов;
49. Отстойное центрифугирование;
50. Основные понятия и определения фильтрования;
51. Закономерности фильтрования суспензий;
52. Фильтры и фильтрующие центрифуги;
53. Газовые фильтры;
54. Закономерности мокрой очистки газов;
55. Конструкции скрубберов;
56. Барботажные (пенные) пылеуловители;
57. Основные понятия и определения перемешивания;
58. Механическое перемешивание;
59. Конструкции мешалок.

6.5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЁТУ

4-й семестр

1. Дайте краткую характеристику каждому из режимов течения жидкости. Какие значения критерия Рейнольдса им соответствуют?
2. Что такое критерий Рейнольдса? По какой формуле он определяется?
3. Опишите методику определения режима течения жидкости.
4. Какая величина оказывает наибольшее влияние на режим течения? Почему?
5. Какие силы преобладают при ламинарном течении жидкости?
6. Какие силы преобладают при турбулентном течении жидкости?
7. От каких параметров зависит режим течения жидкости?
8. Как определить среднюю по сечению скорость потока?
9. От каких параметров зависит потерянный напор? Какой из них, по Вашему мнению, оказывает наибольшее влияние?
10. От каких параметров зависит потерянное давление? Какой из них, по Вашему мнению, оказывает наибольшее влияние?
11. Что такое объемный расход жидкости? Как он определяется?
12. От чего зависит коэффициент трения?

13. Что является причиной возникновения потерь напора и давления?
14. Каким образом можно снизить потери напора и давления?
15. Опишите и объясните взаимосвязь между коэффициентом трения и режимами движения жидкости.
16. Что такое местные гидравлические сопротивления и как они определяются?
17. Что называют напором жидкости?
18. Напишите уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Назовите составляющие и объясните отличие.
19. В чем заключается физический смысл уравнения Бернулли?
20. В чем заключается физический смысл составляющих уравнения Бернулли?
21. Какие следствия из уравнения Бернулли Вы знаете?
22. Как измеряются статический и динамический напоры?
23. Чем объясняется скачок на графике распределения напоров?
24. Как изменяется соотношение между величинами напоров с увеличением скорости течения жидкости?
25. Написать и объяснить уравнение неразрывности (сплошности) потока.
26. Какие следствия из уравнения неразрывности (сплошности) потока Вы знаете?
27. В чем заключается отличие в уравнениях неразрывности (сплошности) потока для капельных и упругих жидкостей?
28. Почему возникает разность напоров между трубопроводом и трубой Вентури?
29. От каких параметров зависит коэффициент расхода трубы Вентури? Какой из них, по Вашему мнению, оказывает наибольшее влияние и почему?
30. Перечислите достоинства и недостатки трубы Вентури.
31. Какими способами можно увеличить расход жидкости?
32. Расскажите методику определения коэффициента расхода трубы Вентури.
33. С какими стадиями производства сочетается классификация и для каких целей проводится?
34. Что называют гранулометрическим анализом? Для каких материалов проводят гранулометрический анализ и классификацию?
35. Какое оборудование применяется для классификации материалов?
36. Дайте определения для терминов дисперсность, однородность, фракция и массовая доля.
37. Каким образом соотносятся между собой количество применяемых сит и количество получаемых в результате фракций?
38. На чем основано прохождение частиц материалов через сита? Какие существуют схемы расположения сит по величине ячеек?
39. Для каких целей строятся кривая распределения частиц по размерам?

40. Что называют плотностью распределения частиц? О чем можно судить по кривой плотности распределения?

5-й семестр

1. Основные понятия и определения теплообменных процессов;
2. Основное уравнение теплопередачи;
3. Средняя движущая сила теплообменных процессов;
4. Передача тепла теплопроводностью;
5. Теплопроводность через плоскую стенку;
6. Теплопроводность через цилиндрическую стенку;
7. Передача тепла конвекцией;
8. Передача тепла излучением;
9. Подобие теплообменных процессов;
10. Теплопередача через плоскую стенку;
11. Классификация теплоносителей;
12. Классификация теплообменных аппаратов;
13. Смесительные теплообменники;
14. Рекуперативные теплообменники;
15. Кожухотрубчатые теплообменники;
16. Аппараты с двойными стенками (рубашками);
17. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
18. Однокорпусное выпаривание;
19. Многокорпусное выпаривание;
20. Основные понятия и определения массообменных процессов;
21. Массоотдача и массопередача;
22. Классификация массообменных процессов;
23. Равновесие массообменных процессов;
24. Средняя движущая сила массообменных процессов;
25. Подобие массообменных процессов;
26. Основы расчета массообменных аппаратов;
27. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
28. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
29. Материальный и тепловой балансы ректификации;
30. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок;
31. Простая перегонка и установки для ее проведения;
32. Ректификационные установки;

33. Классификация и конструкция колонных аппаратов;
34. Основные понятия и определения процесса сушки;
35. Физическая сущность процесса сушки;
36. Кинетика сушки;
37. Материальный баланс сушки;
38. Тепловой баланс сушки;
39. Общая классификация сушилок;
40. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
41. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
42. Туннельные сушилки;
43. Барабанные сушилки;
44. Сушилки с взвешенным слоем материала.

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

а) основная литература:

1. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов – М.: АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие – М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200452.html>);
3. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);
4. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: учебное пособие для вузов - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 542 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220.html>);
5. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>).

б) дополнительная литература:

1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>);
2. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 216 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113038.html>);

3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. 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).

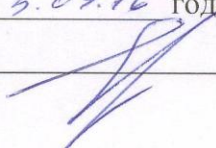
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

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 _____