

Министерство науки и высшего образования 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

« 02 » 09 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки	18.03.01 «Химическая технология»
Профиль/программа подготовки	Технология и переработка полимеров
Уровень высшего образования	бакалавриат
Форма обучения	очная

Семестр	Грудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
4	4 / 144	16		32	51	экзамен (45 ч)
5	6 / 216	18	36	36	126	зачет, КП
Итого	10 / 360	34	36	68	177	экзамен (45 ч), зачет, КП

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «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.

Задачи:

- 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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к дисциплинам базовой части.

Пререквизиты дисциплины: математика, физика, инженерная графика, начертательная геометрия, общая и неорганическая химия, прикладная механика.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-1	частичное	<i>Знать:</i> общие принципы теории подобия и основные критерии для нахождения параметров химико-технологических процессов; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчёта <i>Уметь:</i> определять характер движения жидкостей и газов; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи <i>Владеть:</i> методами определения технологических показателей процесса
ПК-4	частичное	<i>Знать:</i> основы теории переноса импульса, тепла и массы; основные закономерности гидравлики; основы теории теплопередачи; <i>Уметь:</i> рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; оценивать эффективность работы химико-технологических производств <i>Владеть:</i> методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем 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, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Теоретические основы процессов химической технологии	4	1-2	2		4	16	5 / 83,3	
2	Основы гидравлических процессов	4	3-8	6		14	21	13 / 65	1-й рейтинг-контроль
3	Перемещение жидкостей и газов	4	9-12	4		4	14	5 / 62,5	2-й рейтинг-контроль
4	Создание и разделение неоднородных систем	4	13-16	4		8		8 / 66,7	3-й рейтинг-контроль
Всего за 4 семестр:				16		32	51	31 / 64,6	экзамен (45 ч)
5	Основы теплообменных процессов	5	1-3	4	6	8	24	12 / 66,7	
6	Теплообменные аппараты	5	4-7	4	8	8	26	16 / 80	1-й рейтинг-контроль
7	Основы массообменных процессов	5	8-9	6	10	4	18	15 / 75	
8	Массообменные процессы и аппараты	5	10-18	4	12	16	58	22 / 68,8	2-й и 3-й рейтинг-контроли
Всего за 5 семестр:				18	36	36	126	65 / 72,2	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР		5			+				
Итого по дисциплине				34	36	68	177	96 / 69,6	экзамен (45 ч), зачет

Содержание лекционных занятий по дисциплине

4 семестр

Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии

Тема 1 Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии

Содержание темы: Законы сохранения субстанций. Законы термодинамического равновесия. Законы переноса субстанций. Условия однозначности и виды подобия. Инварианты подобия.

Раздел 2. Основы гидравлических процессов

Тема 2 Гидростатика и гидродинамика

Содержание темы: Основные понятия и определения гидравлики. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Основные понятия и определения гидродинамики. Уравнение неразрывности потока. Гидродинамическое подобие.

Тема 3 Основные гидравлические параметры

Содержание темы: Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

Тема 4 Обтекание жидкостью твердых тел

Содержание темы: Гидродинамические сопротивления. Закономерности гравитационного осаждения. Сопротивление слоя зернистого материала. Режимы движения потока через зернистые материалы.

Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов

Тема 5 Транспортирование жидкостей

Содержание темы: Область применения, параметры работы и классификация насосов. Поршневые насосы. Шестеренчатые насосы. Центробежные насосы.

Тема 6 Сжатие и транспортирование газов

Содержание темы: Область применения, параметры работы и классификация компрессоров. Поршневые компрессоры. Винтовые компрессоры. Центробежные вентиляторы.

Раздел 4. Создание и разделение неоднородных систем

Тема 7 Неоднородные системы и их разделение

Содержание темы: Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Гравитационное осаждение. Центробежное осаждение. Фильтрование.

Тема 8 Перемешивание

Содержание темы: Основные понятия и определения перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок.

5 семестр

Раздел 5. Основы теплообменных процессов

Тема 9 Общая характеристика теплообменных процессов

Содержание темы: Основные понятия и определения теплообменных процессов. Основное уравнение теплопередачи. Средняя движущая сила теплообменных процессов.

Тема 10 Виды теплообменных процессов

Содержание темы: Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией. Передача тепла излучением. Подobie теплообменных процессов. Теплопередача через плоскую стенку.

Раздел 6. Теплообменные аппараты

Тема 11 Промышленные способы подвода и отвода тепла

Содержание темы: Классификация теплоносителей. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

Тема 12 Выпаривание

Содержание темы: Основные понятия и определения выпаривания. Однокорпусное выпаривание. Многокорпусное выпаривание.

Раздел 7. Основы массообменных процессов

Тема 13 Общая характеристика массообменных процессов

Содержание темы: Основные понятия и определения массообменных процессов. Классификация массообменных процессов. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов. Подobie массообменных процессов.

Тема 14 Перегонка и ректификация

Содержание темы: Основные понятия и определения перегонки и ректификации. Равновесие в системе «жидкость – пар». Основные расчетные зависимости

Тема 15 Сушка

Содержание темы: Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки.

Раздел 8. Массообменные процессы и аппараты

Тема 16 Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар»

Содержание темы: Простая перегонка. Ректификационные установки. Классификация и конструкция колонных аппаратов.

Тема 17 Сушильные установки

Содержание темы: Общая классификация сушилок. Туннельные сушилки. Барабанные сушилки. Сушилки с взвешенным слоем материала.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

4 семестр

Раздел 1. Теоретические основы процессов химической технологии

Тема 1 Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии

Содержание лабораторных занятий: Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины за 4 семестр.

Раздел 2. Основы гидравлических процессов

Тема 2 Гидростатика и гидродинамика

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 1-3 «Режимы движения жидкости», «Гидравлические сопротивления», «Уравнение Бернулли».

Тема 3 Основные гидравлические параметры

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 1-3 «Режимы движения жидкости», «Гидравлические сопротивления», «Уравнение Бернулли». Проведение рейтинг-контроля 1.

Тема 4 Обтекание жидкостью твердых тел

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 1-3 «Режимы движения жидкости», «Гидравлические сопротивления», «Уравнение Бернулли».

Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов

Тема 5 Транспортирование жидкостей

Содержание лабораторных занятий: Выполнение и защита лабораторных работ 1-3 «Режимы движения жидкости», «Гидравлические сопротивления», «Уравнение Бернулли».

Тема 6 Сжатие и транспортирование газов

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 1-3 «Режимы движения жидкости», «Гидравлические сопротивления», «Уравнение Бернулли». Проведение рейтинг-контроля 2.

Раздел 4. Создание и разделение неоднородных систем

Тема 7 Неоднородные системы и их разделение

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 4-5 «Испытание расходомера типа трубы Вентури», «Ситовый анализ».

Тема 8 Перемешивание

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 4-5 «Испытание расходомера типа трубы Вентури», «Ситовый анализ». Проведение рейтинг-контроля 3.

5 семестр

Раздел 4. Основы теплообменных процессов

Тема 9 Общая характеристика теплообменных процессов

Содержание лабораторных занятий: Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины за 5 семестр.

Тема 10 Виды теплообменных процессов

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 6-8 «Изучение процесса теплопередачи», «Исследование массообмена», «Исследование фракционной перегонки».

Раздел 5. Теплообменные аппараты

Тема 11 Промышленные способы подвода и отвода тепла

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 6-8 «Изучение процесса теплопередачи», «Исследование массообмена», «Исследование фракционной перегонки». Проведение рейтинг-контроля 1.

Тема 12 Выпаривание

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 6-8 «Изучение процесса теплопередачи», «Исследование массообмена», «Исследование фракционной перегонки».

Раздел 6. Основы массообменных процессов

Тема 13 Общая характеристика массообменных процессов

Содержание лабораторных занятий: Выполнение и защита лабораторных работ 6-8 «Изучение процесса теплопередачи», «Исследование массообмена», «Исследование фракционной перегонки».

Тема 14 Перегонка и ректификация

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 6-8 «Изучение процесса теплопередачи», «Исследование массообмена», «Исследование фракционной перегонки». Проведение рейтинг-контроля 2.

Тема 15 Сушка

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 9-10 «Ректификация», «Конвективная сушка».

Раздел 7. Массообменные процессы и аппараты

Тема 16 Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар»

Содержание лабораторных занятий: Выполнение и защита лабораторных работ 9-10 «Ректификация», «Конвективная сушка».

Тема 17 Сушильные установки

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 9-10 «Ректификация», «Конвективная сушка». Проведение рейтинг-контроля 3.

Содержание практических занятий по дисциплине

5 семестр

Раздел 4. Основы теплообменных процессов

Тема 9 Общая характеристика теплообменных процессов

Содержание практических занятий: Ознакомление с требованиями к курсовому проекту, распределение тем на курсовое проектирование. Разработка технологических схем для проведения процессов химической технологии.

Тема 10 Виды теплообменных процессов

Содержание практических занятий: Расчет физических и тепловых свойств жидкостей, газов и паров. Определение гидравлических сопротивлений установок и аппаратов.

Раздел 5. Теплообменные аппараты

Тема 11 Промышленные способы подвода и отвода тепла

Содержание практических занятий: Расчет поверхности теплообмена и выбор теплообменных аппаратов.

Тема 12 Выпаривание

Содержание практических занятий: Расчет материального баланса процесса ректификации. Определение скорости пара и диаметра колонных аппаратов.

Раздел 6. Основы массообменных процессов

Тема 13 Общая характеристика массообменных процессов

Содержание практических занятий: Гидравлический расчет тарелок в колонных аппаратах. Определение флегмового числа и числа теоретических тарелок для проведения бинарной ректификации различных смесей.

Тема 14 Перегонка и ректификация

Содержание практических занятий: Тепловой расчет установок с колонными аппаратами. Расчет начальных параметров сушильного агента.

Тема 15 Сушка

Содержание практических занятий: Определение конечных параметров сушильного агента. Определение температур мокрого термометра в начале и в конце процесса сушки.

Раздел 7. Массообменные процессы и аппараты

Тема 16 Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар»

Содержание практических занятий: Определение основных размеров сушильного барабана. Расчет и выбор аппаратов для очистки отработанного сушильного агента

Тема 17 Сушильные установки

Содержание практических занятий: Защита курсовых проектов

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция* (темы 1-17);
- *Групповая дискуссия* (темы 1-17);
- *Анализ ситуаций* (темы 1-17);
- *Разбор конкретных ситуаций* (темы 1-17).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль3)

4 семестр

Рейтинг-контроль 1

1. Классификация процессов химической технологии;
2. Законы сохранения веществ;
3. Законы термодинамического равновесия;
4. Законы переноса веществ;
5. Условия однозначности и виды подобия;
6. Инварианты подобия;
7. Основные понятия и определения гидравлики;
8. Массовые силы, действующие на жидкость;
9. Объемные силы, действующие на жидкость;

10. Физические свойства жидкости;
11. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
12. Уравнения равновесия Эйлера;
13. Основные понятия и определения гидродинамики;
14. Уравнение неразрывности потока;
15. Уравнения движения Эйлера;
16. Уравнения движения Навье-Стокса;
17. Сообщающиеся сосуды;
18. Гидродинамическое подобие;
19. Характеристика ламинарного течения;
20. Характеристика турбулентного течения;
21. Уравнение Бернулли;
22. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
23. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

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. Область применения, параметры работы и классификация насосов;
7. Допустимая высота всасывания;
8. Поршневые насосы;
9. Шестеренчатые насосы;
10. Центробежные насосы;
11. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
12. Термодинамика компрессорного процесса;
13. Диаграммы T-S компрессорных процессов;
14. Конструкция сифонов и эрлифтов;
15. Поршневые компрессоры;
16. Винтовые компрессоры;
17. Центробежные вентиляторы.

Рейтинг-контроль 3

18. Классификация неоднородных систем;
19. Методы разделения неоднородных систем;
20. Гравитационное осаждение;
21. Центробежное осаждение;
22. Фильтрование;
23. Физическая сущность процесса фильтрования;
24. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
25. Центробежное фильтрование суспензий.
26. Основные понятия и определения перемешивания;
27. Механическое перемешивание;
28. 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. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
12. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
13. Классификация теплоносителей;
14. Классификация теплообменных аппаратов;
15. Смесительные теплообменники;
16. Рекуперативные теплообменники;
17. Кожухотрубчатые теплообменники;
18. Регенеративные теплообменники;
19. Пластинчатые теплообменники;
20. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники;
21. Теплообменники с оребренными трубами;
22. Спиральные теплообменники;
23. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

Рейтинг-контроль 2

1. Основные понятия и определения процесса выпаривания;
2. Однокорпусное выпаривание;
3. Многокорпусное выпаривание;
4. Распределение полезной разности температур по корпусам;
5. Выпаривание с тепловым насосом;
6. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
7. Основные понятия и определения массообменных процессов;
8. Массоотдача и массопередача;
9. Дифференциальные уравнения переноса массы;
10. Модели массопереноса;
11. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
12. Классификация массообменных процессов;
13. Равновесие массообменных процессов;
14. Средняя движущая сила массообменных процессов;
15. Подобие массообменных процессов;
16. Основы расчета массообменных аппаратов;
17. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
18. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
19. Материальный и тепловой балансы ректификации;
20. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок.

Рейтинг-контроль 3

21. Простая перегонка и установки для ее проведения;
22. Ректификационные установки;
23. Классификация и конструкция колонных аппаратов;

4. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
5. Распыливающие колонны;
6. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
7. Основные понятия и определения процесса сушки;
8. Физическая сущность процесса сушки;
9. Кинетика сушки;
10. Материальный баланс сушки;
11. Тепловой баланс сушки;
12. Общая классификация сушилок;
13. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
14. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
15. Основные виды контактных сушилок;
16. Туннельные сушилки;
17. Барабанные сушилки;
18. Сушилки с взвешенным слоем материала.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен, зачет)

4 семестр – контрольные вопросы для подготовки к экзамену

1. Классификация процессов химической технологии;
2. Законы сохранения субстанций;
3. Законы термодинамического равновесия;
4. Законы переноса субстанций;
5. Условия однозначности и виды подобия;
6. Инварианты подобия;
7. Основные понятия и определения гидравлики;
8. Массовые силы, действующие на жидкость;
9. Объемные силы, действующие на жидкость;
10. Физические свойства жидкости;
11. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля;
12. Уравнения равновесия Эйлера;
13. Основные понятия и определения гидродинамики;
14. Уравнение неразрывности потока;
15. Уравнения движения Эйлера;
16. Уравнения движения Навье-Стокса;
17. Сообщающиеся сосуды;
18. Гидродинамическое подобие;
19. Характеристика ламинарного течения;
20. Характеристика турбулентного течения;
21. Уравнение Бернулли;
22. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов;
23. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.
24. Гидродинамические сопротивления;
25. Гравитационное осаждение;
26. Сопротивление слоя зернистого материала;
27. Режимы движения потока через зернистые материалы;
28. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
29. Область применения, параметры работы и классификация насосов;

30. Допустимая высота всасывания;
31. Поршневые насосы;
32. Шестеренчатые насосы;
33. Центробежные насосы;
34. Область применения, параметры работы и классификация компрессоров;
35. Термодинамика компрессорного процесса;
36. Диаграммы T-S компрессорных процессов;
37. Конструкция сифонов и эрлифтов;
38. Поршневые компрессоры;
39. Винтовые компрессоры;
40. Центробежные вентиляторы.
41. Классификация неоднородных систем;
42. Методы разделения неоднородных систем;
43. Гравитационное осаждение;
44. Центробежное осаждение;
45. Фильтрование;
46. Физическая сущность процесса фильтрования;
47. Фильтрование суспензий под действием перепада давления;
48. Центробежное фильтрование суспензий.
49. Основные понятия и определения перемешивания;
50. Механическое перемешивание;
51. Конструкции мешалок.

5 семестр – контрольные вопросы для подготовки к зачету

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. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
12. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
13. Классификация теплоносителей;
14. Классификация теплообменных аппаратов;
15. Смесительные теплообменники;
16. Рекуперативные теплообменники;
17. Кожухотрубчатые теплообменники;
18. Регенеративные теплообменники;
19. Пластинчатые теплообменники;
20. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники;
21. Теплообменники с оребренными трубами;
22. Спиральные теплообменники;
23. Аппараты с двойными стенками (рубашками).
24. Основные понятия и определения процесса выпаривания;

25. Однокорпусное выпаривание;
26. Многокорпусное выпаривание;
27. Распределение полезной разности температур по корпусам;
28. Выпаривание с тепловым насосом;
29. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
30. Основные понятия и определения массообменных процессов;
31. Массоотдача и массопередача;
32. Дифференциальные уравнения переноса массы;
33. Модели массопереноса;
34. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
35. Классификация массообменных процессов;
36. Равновесие массообменных процессов;
37. Средняя движущая сила массообменных процессов;
38. Подобие массообменных процессов;
39. Основы расчета массообменных аппаратов;
40. Основные понятия и определения процессов перегонки и ректификации;
41. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
42. Материальный и тепловой балансы ректификации;
43. Определение рабочего флегмового числа и числа теоретических тарелок.
44. Простая перегонка и установки для ее проведения;
45. Ректификационные установки;
46. Классификация и конструкция колонных аппаратов;
47. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
48. Распыливающие колонны;
49. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
50. Основные понятия и определения процесса сушки;
51. Физическая сущность процесса сушки;
52. Кинетика сушки;
53. Материальный баланс сушки;
54. Тепловой баланс сушки;
55. Общая классификация сушилок;
56. Способы подвода тепла и классификация сушильных агентов;
57. Основные параметры сушильных агентов и их определение;
58. Основные виды контактных сушилок;
59. Туннельные сушилки;
60. Барабанные сушилки;
61. Сушилки с взвешенным слоем материала.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

4 семестр

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении вопросов, предусмотренных для самостоятельного изучения, подготовке к выполнению и защите лабораторных работ, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточным аттестациям.

Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:

1. Классификация процессов химической технологии;
2. Массовые силы, действующие на жидкость;
3. Объемные силы, действующие на жидкость;

4. Физические свойства жидкости;
5. Уравнения равновесия Эйлера;
6. Уравнения движения Эйлера;
7. Уравнения движения Навье-Стокса;
8. Сообщающиеся сосуды;
9. Гидродинамика псевдооживленных слоев;
10. Допустимая высота всасывания;
11. Термодинамика компрессорного процесса;
12. Диаграммы T-S компрессорных процессов;
13. Конструкция сифонов и эрлифтов;
14. Физическая сущность процесса фильтрации;
15. Фильтрация суспензий под действием перепада давления;
16. Центробежное фильтрование суспензий.

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентам рекомендуются следующие учебно-методические источники:

- 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>);
- 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>);

5 семестр

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении вопросов, предусмотренных для самостоятельного изучения, 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.

Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:

1. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния среды;
2. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния среды;
3. Регенеративные теплообменники;
4. Пластинчатые теплообменники;
5. Двухтрубные и змеевиковые теплообменники;
6. Теплообменники с оребренными трубами;
7. Спиральные теплообменники;
8. Распределение полезной разности температур по корпусам;
9. Выпаривание с тепловым насосом;
10. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией;
11. Дифференциальные уравнения переноса массы;
12. Модели массопереноса;
13. Взаимосвязь гидромеханических, тепло- и массообменных процессов;
14. Типы насадок, применяемые в насадочных колоннах;
15. Распыливающие колонны;
16. Типы тарелок, применяемые в тарельчатых колоннах;
17. Основные виды контактных сушилок.

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентам рекомендуются следующие учебно-методические источники:

- 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>);
- Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);
- 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>).

Темы курсовых проектов

Для выполнения курсовых проектов в 5 семестре студентам выдают темы с исходными данными, которые по согласованию с ведущим преподавателем, руководителями проекта и студентами могут быть скорректированы.

Типовые темы и исходные данные:

1) 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.

2) Расчёт теплообменника (дефлегматора)

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Охлаждаемая смесь паров	бензол – толуол	этанол – вода	хлороформ – бензол	вода – уксусная кислота
Расход паров G_1 , т/ч	9,6	7,2	6,4	5,8
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.

3) Расчёт ректификационной установки

Исходные данные для расчёта:

Параметр	Вариант			
	1	2	3	4
Разделяемая смесь	бензол – толуол	этанол – вода	метанол – вода	вода – уксусная 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

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов – М.: АСВ, 2014. - 386 с	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие – М.: Абрис, 2012. - 199 с	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978543_7200452.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	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html
4. Кудинов А.А. Теплообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с	2015		http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148
5. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html
Дополнительная литература			
1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с	2008		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html
2. Аракелян С.М. Методы вычислительной гидродинамики в расчетах движения жидкости в системах со сложной топологией: Учеб. пособие – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 99 с	2015		http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4549/1/01506.pdf
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с.	2011		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	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html
5. Тужилкин А.М. и др. Гидравлика: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 272 с	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785_930938074.html

7.2. 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.

7.3. 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

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического и лабораторного типов, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.*

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в ауд. 127б-1 «Лаборатория ПАХТ».

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

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 № 01 от 02.09.19 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 № 01 от 02.09.19 года
Председатель комиссии
Заведующий кафедрой ХТ, д.т.н., профессор _____ Ю.Т. Панов

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

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 _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

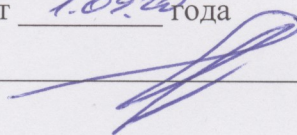
Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.20 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 _____

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 _____

Рецензия
на рабочую программу
дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»
направления 18.03.01 «Химическая технология»
доцента кафедры ХТ ВлГУ Пикалова Евгения Сергеевича

В представленной рабочей программе поставлены цели и задачи, достигаемые в результате освоения дисциплины и позволяющие студентам получить знания и навыки, необходимые для выбора методов, способов и оборудования для проведения основных процессов химической технологии, оценки эффективности технологии химических производств и поиска оптимальных и рациональных параметров проведения процессов.

Предусмотренные цели и задачи направлены на формирование у обучающихся компетенций, соответствующих ФГОС ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология» и необходимых для присвоения им квалификации бакалавр по указанному направлению.

Для достижения поставленных автором целей и формирования выбранных им компетенций предусматривается проведение лекционных и лабораторных аудиторных занятий, а также самостоятельная работа студентов, необходимая для закрепления и углубленного изучения тематического плана курса. Для дополнительного развития и оценки результатов изучения курса предусматривается курсовое проектирование.

Представленные темы занятий и темы для самостоятельного обучения являются актуальными для данной дисциплины и соответствуют современному состоянию знаний и умений в области основных закономерностей процессов и конструкции аппаратов процессов химической технологии.

Приведенные в программе образовательные технологии и оценочные средства для текущего и промежуточного контроля позволяют в полной мере оценивать получаемые обучающимися знания и умения.

Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение являются достаточными для успешного преподавания курса.

На основании изложенного считаю, что рабочая программа автора Пикалова Е.С. соответствует требованиям ФГОС ВО и позволяет обучающимся приобрести знания и умения, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности. Таким образом данная рабочая программа может быть использована при подготовке бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология» и профилю «Технология и переработка полимеров».

Рецензент, ген. директор ООО «Альфасистемы»



Д.А. Потапов