

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)



А.А.Панфилов

2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ МАССОПЕРЕНОСА

(наименование дисциплины)

Направление подготовки	18.04.01 «Химическая технология»
Профиль/программа подготовки	Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов
Уровень высшего образования	магистратура
Форма обучения	очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	3 / 108		18	18	72	зачет с оценкой
Итого	3 / 108		18	18	72	зачет с оценкой

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Процессы и аппараты массопереноса» состоит в формировании у студентов знаний и умений в области аппаратного оформления основных массообменных процессов химической технологии, а также выбора и расчета аппаратов и установок в системах с различным фазовыми компонентным составом.

Задачи:

- получение знаний о типовых установках для проведения массообменных процессов со свободной границей раздела фаз и с участием твердой фазы;
- получение знаний о конструкции, принципе действия и особенностях типовых аппаратов для проведения массообменных процессов;
- приобретение практических навыков выбора и расчета аппаратов для массообменных процессов и основных параметров их работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

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

Пререквизиты дисциплины: математика, физика, инженерная графика, начертательная геометрия, общая и неорганическая химия, процессы и аппараты химической технологии, теоретические основы массопереноса.

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
ОК-8	частичное	<i>Знать:</i> типовые массообменные процессы химической технологии и соответствующие им аппараты <i>Уметь:</i> составлять схемы установок для проведения массообменных процессов и выбирать аппараты, входящие в эти схемы <i>Владеть:</i> методами расчета и выбора массообменных аппаратов
ОПК-3	частичное	<i>Знать:</i> преимущества и недостатки различных аппаратов для проведения массообменных процессов <i>Уметь:</i> определять и рассчитывать основные параметры работы массообменных аппаратов <i>Владеть:</i> методами определения текущих технологических показателей работы массообменных аппаратов
ПК-3	частичное	<i>Знать:</i> основные расчетные зависимости для определения размеров массообменных аппаратов и основных параметров их работы <i>Уметь:</i> рассчитывать основные размеры массообменных аппаратов <i>Владеть:</i> методами определения оптимальных технологических показателей работы массообменных аппаратов

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 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	Общие сведения о массообменных аппаратах	2	1-6		6	6	18	9 / 75	1-й рейтинг-контроль
2	Массообменные аппараты в системах со свободной границей раздела фаз	2	7-12		6	6	24	9 / 75	2-й рейтинг-контроль
3	Массообменные аппараты в системах с участием твердой фазы	2	13-18		6	6	30	9 / 75	3-й рейтинг-контроль
Всего за 2 семестр:					18	18	72	27 / 75	зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
Итого по дисциплине					18	18	72	27 / 75	зачет с оценкой

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Общие сведения о массообменных аппаратах

Тема 1 Основы расчета массообменных аппаратов

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

Тема 2 Колонные аппараты

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 1-2 «Изучение параметров процессов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз», «Исследование простой и дробной перегонки».

Тема 3 Насадки и тарелки

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 1-2 «Изучение параметров процессов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз», «Исследование простой и дробной перегонки». Проведение рейтинг-контроля 1.

Раздел 2. Массообменные аппараты в системах со свободной границей раздела фаз

Тема 4 Абсорбционные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 1-2 «Изучение параметров процессов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз», «Исследование простой и дробной перегонки».

Тема 5 Перегонные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 1-2 «Изучение параметров процессов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз», «Исследование простой и дробной перегонки».

Тема 6 Экстракционные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Выполнение лабораторных работ 3-4 «Исследование влияния дефлегмации на степень разделения при ректификации», «Исследование массообмена в системе «газ – твердое тело». Проведение рейтинг-контроля 2.

Раздел 3. Массообменные аппараты в системах с участием твердой фазы

Тема 7 Адсорбционные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Выполнение и защита лабораторных работ 3-4 «Исследование влияния дефлегмации на степень разделения при ректификации», «Исследование массообмена в системе «газ – твердое тело».

Тема 8 Сушильные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторных работ 3-4 «Исследование влияния дефлегмации на степень разделения при ректификации», «Исследование массообмена в системе «газ – твердое тело». Выполнение лабораторной работы 5. «Исследование влияния температурного режима на процесс конвективной сушки».

Тема 9 Мембранные установки и аппараты

Содержание лабораторных занятий: Защита лабораторной работы 5. «Исследование влияния температурного режима на процесс конвективной сушки». Проведение рейтинг-контроля 3.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Общие сведения о массообменных аппаратах

Тема 1 Основы расчета массообменных аппаратов

Содержание практических занятий: Расчет и выбор насадочного абсорбера

Тема 2 Колонные аппараты

Содержание практических занятий: Расчет и выбор тарельчатой ректификационной колонны

Тема 3 Насадки и тарелки

Содержание практических занятий: Расчет и выбор распылительной экстракционной колонны

Раздел 2. Массообменные аппараты в системах со свободной границей раздела фаз

Тема 4 Абсорбционные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет рекуперационной адсорбционной установки с неподвижным слоем адсорбента.

Тема 5 Перегонные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет катионообменной колонны

Тема 6 Экстракционные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет и выбор барабанной сушилки

Раздел 3. Массообменные аппараты в системах с участием твердой фазы

Тема 7 Адсорбционные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет и выбор сушилки со взвешенным слоем

Тема 8 Сушильные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет и выбор установок для мембранного разделения

Тема 9 Мембранные установки и аппараты

Содержание практических занятий: Расчет и выбор вспомогательного оборудования для проведения массообменных процессов

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Групповая дискуссия* (темы 1-9);
- *Анализ ситуаций* (темы 1-9);
- *Разбор конкретных ситуаций* (темы 1-9).

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-контроль 3)

Рейтинг-контроль 1

1. Общие принципы расчета массообменных аппаратов;
2. Расчет диаметра массообменных аппаратов;
3. Расчет высоты массообменных аппаратов;
4. Классификация колонных аппаратов;
5. Распыливающие и пленочные колонны;
6. Насадочные колонны;
7. Тарельчатые колонны;
8. Классификация и характеристика насадок и их элементов;
9. Классификация тарелок;
10. Ситчатые тарелки;
11. Колпачковые тарелки.

Рейтинг-контроль 2

12. Промышленные абсорбенты;
13. Схемы проведения абсорбции;
14. Установка для абсорбции с регенерацией и рециркуляцией;
15. Установка для простой перегонки;
16. Аппарат для молекулярной перегонки;
17. Установка для перегонки с водяным паром;
18. Установка для ректификации бинарных смесей;
19. Установка для экстрактивной ректификации;
20. Установка для азеотропной ректификации;
21. Промышленные экстрагенты;
22. Классификация экстракторов;
23. Смесительно-отстойные экстракторы;
24. Колонные экстракторы.

Рейтинг-контроль 3

1. Промышленные адсорбенты;
2. Адсорберы с неподвижным слоем;
3. Адсорберы с псевдооживленным слоем;
4. Адсорберы с плотно движущимся слоем;
5. Общая классификация сушилок;
6. Туннельные сушилки;
7. Барабанные сушилки;
8. Сушилки с кипящим слоем;
9. Аппараты с плоскокамерными элементами;
10. Аппараты с трубчатыми мембранными элементами;
11. Аппараты с рулонными элементами;
12. Аппараты с мембранами в виде полых волокон.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет с оценкой)

контрольные вопросы для подготовки к зачету с оценкой:

1. Общие принципы расчета массообменных аппаратов;
2. Расчет диаметра массообменных аппаратов;
3. Расчет высоты массообменных аппаратов;
4. Классификация колонных аппаратов;
5. Распыливающие и пленочные колонны;
6. Насадочные колонны;
7. Тарельчатые колонны;
8. Классификация и характеристика насадок и их элементов;
9. Классификация тарелок;
10. Ситчатые тарелки;
11. Колпачковые тарелки;
12. Промышленные абсорбенты;
13. Схемы проведения абсорбции;
14. Установка для абсорбции с регенерацией и рециркуляцией;
15. Установка для простой перегонки;
16. Аппарат для молекулярной перегонки;
17. Установка для перегонки с водяным паром;
18. Установка для ректификации бинарных смесей;
19. Установка для экстрактивной ректификации;
20. Установка для азеотропной ректификации;
21. Промышленные экстрагенты;
22. Классификация экстракторов;
23. Смесительно-отстойные экстракторы;
24. Колонные экстракторы;
25. Промышленные адсорбенты;
26. Адсорберы с неподвижным слоем;
27. Адсорберы с псевдооживленным слоем;
28. Адсорберы с плотно движущимся слоем;
29. Общая классификация сушилок;
30. Туннельные сушилки;
31. Барабанные сушилки;

32. Сушилки с кипящим слоем;
33. Аппараты с плоскокамерными элементами;
34. Аппараты с трубчатыми мембранными элементами;
35. Аппараты с рулонными элементами;
36. Аппараты с мембранами в виде полых волокон.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

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, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:

1. Общие принципы расчета массообменных аппаратов;
2. Расчет диаметра массообменных аппаратов;
3. Расчет высоты массообменных аппаратов;
4. Классификация колонных аппаратов;
5. Распыливающие и пленочные колонны;
6. Насадочные колонны;
7. Тарельчатые колонны;
8. Классификация и характеристика насадок и их элементов;
9. Классификация тарелок;
10. Ситчатые тарелки;
11. Колпачковые тарелки.
12. Промышленные абсорбенты;
13. Схемы проведения абсорбции;
14. Установка для абсорбции с регенерацией и рециркуляцией;
15. Установка для простой перегонки;
16. Аппарат для молекулярной перегонки;
17. Установка для перегонки с водяным паром;
18. Установка для ректификации бинарных смесей;
19. Установка для экстрактивной ректификации;
20. Установка для азеотропной ректификации;
21. Промышленные экстрагенты;
22. Классификация экстракторов;
23. Смесительно-отстойные экстракторы;
24. Колонные экстракторы.
25. Промышленные адсорбенты;
26. Адсорберы с неподвижным слоем;
27. Адсорберы с псевдооживленным слоем;
28. Адсорберы с плотно движущимся слоем;
29. Общая классификация сушилок;
30. Туннельные сушилки;
31. Барабанные сушилки;
32. Сушилки с кипящим слоем;
33. Аппараты с плоскокамерными элементами;
34. Аппараты с трубчатыми мембранными элементами;
35. Аппараты с рулонными элементами;

36. Аппараты с мембранами в виде полых волокон.

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

- Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);
- Разинов А.И., Суханов П.П. Процессы массопереноса с участием твердой фазы: учебное пособие - Казань: издательство КНИТУ, 2012. - 96 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html>);
- Барилевич В.А. Смирнов Ю.А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818>).

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. Барилевич В.А. Смирнов Ю.А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с	2014		http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818
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. Разинов А.И., Суханов П.П. Процессы массопереноса с участием твердой фазы: учебное пособие - Казань: издательство КНИТУ, 2012. - 96 с	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html
Дополнительная литература			
1. Гремячкин В.М. Уравнения переноса массы в теории массообмена: метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / В.М. Гремячкин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 15 с	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html
2. Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с.	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html

1	2	3	4
4. Терехов В.И., Пахомов М.А. Тепломассоперенос и гидродинамика в газонакапельных потоках: монография – Новосибирск: издательство НГТУ, 2009. - 284 с			http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556665
5. Фролов В.Ф. Лекции по курсу Процессы и аппараты химической технологии. - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке)	2008		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html

7.2. Периодические издания

1. РЖ 78. Тепломассообмен, ВИНТИ РАН, г. Москва;
2. Инженерно-физический журнал, Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск;
3. Теоретические основы химической технологии, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва;
4. Химическая технология, ООО «Наука и технологии», г. Москва;
5. РЖ 19. Химия. 19И. Общие вопросы химической технологии, ООО «НТИ-Компакт», г. Москва;
6. Химия и химическая технология, Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент;
7. Известия вузов. Химия и химическая технология, Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново.

7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.itmo.by>
2. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>
3. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/paht>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

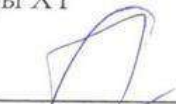
Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *практического и лабораторного типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.*

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 02.05.19 года
Заведующий кафедрой ХТ, д.т.н., профессор _____  _____ Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 18.04.01 «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 _____

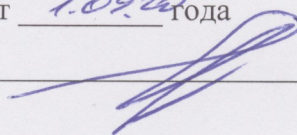
Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

**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 массопереноса»
направления 18.04.01 «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 разработки схем установок и выбора аппаратов, входящих в них, для эффективного проведения массообменных процессов химической технологии, определения основных размеров и параметров работы этих установок и аппаратов.

Предусмотренные цели и задачи направлены на формирование у обучающихся компетенций, соответствующих ФГОС ВО по направлению 18.04.01 «Химическая технология» и необходимых для присвоения им квалификации магистр по указанному направлению.

Для достижения поставленных автором целей и формирования выбранных им компетенций предусматривается проведение лабораторных и практических аудиторных занятий, а также самостоятельная работа студентов, необходимая для закрепления и углубленного изучения тематического плана курса.

Представленные темы занятий и темы для самостоятельного обучения являются актуальными для данной дисциплины и соответствуют современному состоянию знаний и умений в области типовых массообменных процессов химической технологии и применяемых для их проведения аппаратов, их особенностей, преимуществ и недостатков, основах выбора и расчета.

Приведенные в программе образовательные технологии и оценочные средства для текущего и итогового 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 магистров по направлению 18.04.01 «Химическая технология» и профилю «Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов».

Рецензент, ген. директор ООО «Альфасистемы»



Д.А. Потапов