

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)

Институт архитектуры, строительства и энергетики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
С.Н. Авдеев
« 30 » « 08 » 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ МАССОПЕРЕНОСА**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность
18.04.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки
Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов**

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Процессы и аппараты массопереноса» является формирование 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 фазовым 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

Дисциплина «Процессы и аппараты массопереноса» относится к обязательной части.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК3 Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	ОПК-3.1 Знает требования для составления нормативной документации по ведению технологического процесса, требования менеджмента качества к сырью и готовой продукции ОПК-3.2 Умеет контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование, технологическую оснастку и технологическую схему производства ОПК-3.3 Владеет способами разработки технологических параметров производства полимерных материалов и композитов	Знает - преимущества и недостатки различных аппаратов для проведения массообменных процессов; основные расчетные зависимости для определения размеров и параметров работы массообменных аппаратов Умеет - составлять схемы установок для проведения массообменных процессов и выбирать аппараты, входящие в эти схемы Владеет методами расчета и выбора массообменных аппаратов и основных параметров их работы	Тестовые вопросы

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Общие сведения о массообменных аппаратах	2	1-6		6	6		9	1-й рейтинг-контроль
2	Массообменные аппараты в системах со свободной границей раздела фаз	2	7-12		6	6		9	2-й рейтинг-контроль
3	Массообменные аппараты в системах с участием твердой фазы	2	13-18		6	6		18	3-й рейтинг-контроль
Всего за 2 семестр:					18	18		36	зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине					18	18		36	зачет с оценкой

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.

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.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

1-й семестр

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

1. Промышленные абсорбенты;
2. Схемы проведения абсорбции;
3. Установка для абсорбции с регенерацией и рециркуляцией;
4. Установка для простой перегонки;
5. Аппарат для молекулярной перегонки;
6. Установка для перегонки с водяным паром;
7. Установка для ректификации бинарных смесей;
8. Установка для экстрактивной ректификации;
9. Установка для азеотропной ректификации;
10. Промышленные экстрагенты;
11. Классификация экстракторов;
12. Смесительно-отстойные экстракторы;
13. 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.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

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

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

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Поникарпов А.С., Теляков Э.Ш. Многокомпонентный массоперенос в системах газ (пар) – жидкость, монография, изд-во КНИТУ	2019	https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785788225753.html
2. Фролов В.Ф., Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии", учебное издание, Химиздат	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938083042.html
3. Мирам А.О., Техническая термодинамика. Теплообмен, учебное издание, АСВ	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html
4. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Массообменные процессы химической технологии, учеб. пособие, Химиздат	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082892.html
5. Барилевич В.А., Смирнов Ю.А., Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена, учеб. пособие, НИЦ ИНФРА-М	2014	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818
Дополнительная литература		
1. Гершанов В.Ю., Гармашов С.И., Нелинейные нестационарные эффекты в процессах массопереноса,	2014	https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785927512324.html

учебное издание, изд-во ЮФУ		
2. Романков П.Г. и др., Массообменные процессы химической технологии, учеб. пособие, Химиздат	2011	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html
3. Гришин Н.С., Экстракция в поле переменных сил. Гидродинамика, массопередача, аппараты: монография, изд-во КНИТУ	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788213330.html
4. Разинов А.И., Суханов П.П., Процессы массопереноса с участием твердой фазы, учебное пособие, изд-во КНИТУ	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html
5. Гремячкин В.М., Уравнения переноса массы в теории массообмена: метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена", изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана	2011	http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html

6.2. 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.

6.3. Интернет-ресурсы

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

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения практических занятий имеется специализированный компьютерный класс. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории по процессам и аппаратам химической технологии.

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

Рабочую программу составил Ликалов Е.С., доцент каф. ХТ

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) ООО «Альфасистемы», ген. директор, Потапов Д.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой Панов Ю.Г.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 18.04.01 «Химическая технология».

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Председатель комиссии Панов Ю.Г., зав. кафедрой ХТ

(ФИО, должность, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____