



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

15.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ

Направление подготовки (специальность)
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Гидрометаллургия благородных и редких металлов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	3

Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
03.03.2021, протокол № 7

Зав. кафедрой



И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
15.03.2021 г. протокол № 5

Председатель



И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ГМДиОПИ, канд. техн. наук



Е.Ю. Дегодя

Рецензент:

Ведущий специалист горно-обогатительного направления агло-коксо-доменной

группы НТЦ ПАО «ММК», канд. техн. наук



М.А. Цыгалов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты переработки сырья» является формирование у студентов знаний об общих понятиях, закономерностях, основных уравнения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы динамики массопереноса входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Минералогия и кристаллография

Дробление, измельчение и подготовка руд к обогащению

Исследование руд на обогатимость

Процессы и аппараты переработки сырья

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Экономика предприятия

Проектирование фабрик

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Организация производства

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы динамики массопереноса» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-6	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
ОПК-6.1	Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное получение и исследование материалов и изделий из них
ОПК-6.2	Оценивает по критериям технологический процесс в профессиональной области с точки зрения безопасности и эффективности

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 14,4 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 120,9 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 2 акад. часа;

– подготовка к экзамену – 8,7 акад. часов

Форма аттестации – Экзамен, курсовой проект

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение								
1.1 Содержание дисциплины, ее задачи.	3	0,5			4,9	Чтение конспектов лекций, изучение дополнительных материалов	Самоотчет	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		0,5			4,9			
2. Различные виды переноса теплоты								
2.1 Конвективный теплообмен (физические основы). Конвективный теплообмен (разновидности). Конвективный теплообмен	3	0,5		0,5	7	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Отчет по работе Самоотчет	ОПК-6.1, ОПК-6.2
2.2 Массоперенос в материалах и процессах				0,5/0,4И	7	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Записи в конспекте лекций	ОПК-6.1, ОПК-6.2
2.3 Сложный комплексный теплообмен и теплопередача.					8	Изучение дополнительных материалов	Записи в конспекте лекций	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		0,5		1/0,4И	22			

3. Адсорбция. Основные механизмы массопереноса. Физическая и химическая адсорбция.								
3.1 Межмолекулярное взаимодействие. Изотерма адсорбции. Уравнение материального баланса адсорбции.	3	0,5		0,5	11	Самостоятельное изучение материалов	Конспект (самоотчет)	ОПК-6.1, ОПК-6.2
3.2 Кинетика адсорбции. Равновесная и неравновесная адсорбция. Адсорбенты и их свойства.		0,5		0,5	11	Самостоятельное изучение материалов	Конспект (самоотчет)	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		1		1	22			
4. Катализ. Гомогенный и гетерогенный катализ. Теоретические модели гетерогенного катализа (мультиплетная теория, теория активных ансамблей, электронная теория).								
3.1 Кинетика гетерогенного катализа. Приготовление катализаторов.	3	0,5		0,5	11	Самостоятельная работа	Отчеты по работе	ОПК-6.1, ОПК-6.2
3.2 Топохимические реакции. Понятие о топахимии. Кинетика топахимических реакций.				0,5/ИИ	11	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Записи в конспекте лекций	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		0,5		1/ИИ	22			
4. Сушка. Твердое тело как объект сушки. Равновесие фаз при сушке. Материальный баланс конвективной сушки. Тепловой баланс сушки. Принципиальные схемы процессов сушки.								
4.1 Кинетика сушки. Массоперенос при сушке.	3			1/ИИ	11	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Записи в конспекте лекций	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу				1/ИИ	11			
5. Фильтрация. Понятие о фильтрации.								
5.1 Техника фильтрации. Виды фильтров.	3	0,5		1	11	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Отчет по работе	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		0,5		1	11			

6. Экстрагирование. Кристаллизация.								
6.1 Экстрагирование твердого вещества. Способы экстрагирования и растворения веществ.	3	0,5		0,5	14	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Отчет по работе	ОПК-6.1, ОПК-6.2
6.2 Равновесие при кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Разделение смесей кристаллизацией.	3	0,5		0,5	14	Самостоятельная работа Изучение дополнительных материалов	Отчет по работе	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		1		1	28			
Итого за семестр		4		6/2,4И	120,9		Экзамен КП	
Итого по дисциплине		4		6/2,4И	120,9		Экзамен КП	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Процессы и аппараты переработки сырья» применяются традиционная и информационно-коммуникационные образовательные технологии.

Материал дисциплины последовательно излагается в соответствии с дисциплинарной логикой (информационная лекция). Материал ориентирован на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию. Используется также лекция-визуализация, при этом изложение учебного материала сопровождается презентацией, иллюстративными, графическими, аудио- и видео-материалами

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 454 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-06669-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/412204>

2. Ягодовский, В.Д. Адсорбция : учеб. пособие / В.Д. Ягодовский .— 2-е изд. (эл.) .— Москва : Лаборатория знаний, 2020 .— 219 с. : ил. — (Учебник для высшей школы) .— Деривативное эл. изд. на основе печ. аналога (М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015); Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 219 с.); Систем. требования: Adobe Reader XI; экран 10" .— ISBN 978-5-00101-656-4 .— URL: <https://rucont.ru/efd/443529>

3. Зубарев, Ю.М. Введение в инженерную деятельность. Машиностроение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Зубарев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104944> . — Загл. с экрана.

б) Дополнительная литература:

1. Видин, Ю. В. Инженерные методы расчета задач теплообмена / Видин Ю. В. – Красноярск : СФУ, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7638-2940-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763829402.htm>

2. Кожевников В.В. Курс лекций по дисциплине «Тепло-массоперенос в материалах и процессах» (электронный курс лекций) – Госуниверситет «Дубна», филиал «Угреша» (г.Дзержинский Моск. обл.). 2016.

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Компьютерный класс Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Процессы и аппараты переработки сырья» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение самостоятельных работ на практических занятиях. Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу, выполнение курсового проекта.

Примерный перечень вопросов к контрольным работам

Контрольная работа 1

1. Понятие переноса массы и энергии. Выражение для их потоков (удельных и общих). Виды носителей энергии.
2. Виды переноса теплоты. Сущность этих процессов. Понятие теплоотдачи.
3. Понятие температурного поля, изотермических поверхностей и линий. Нестационарное поле и градиент температуры.
4. Плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от температуры для различных веществ.
5. Теплопроводность однородной плоской стенки. Термическое сопротивление стенки.
6. Теплопроводность плоской многослойной стенки.
7. Теплопроводность цилиндрической стенки. Разновидности записи удельных тепловых потоков для трубы из одного материала.
8. Выражение удельного теплового потока для единицы длины многослойной трубы. Теплопроводность однородной сферической стенки.

Контрольная работа № 2

1. Нестационарная теплопроводность. Виды НУ и 3 основных рода ГУ.
2. Понятие конвективной теплоотдачи. Виды коэффициента теплообмена и их физическая сущность, размерность, влияющие факторы.
3. Силы, действующие на частицы движущейся жидкости. Режимы течения (с рисунком), пограничный слой, их физическая интерпретация.
4. Понятие и виды вязкости. Закон вязкостного трения. Коэффициент объёмного расширения жидкости (температурный).
5. Понятие и назначение теории подобия. Основные определения. Константы и критерии подобия (с примерами). Откуда они получаются?
6. Достаточное условие подобия физических явлений. Критериальные уравнения и их назначение. Определяющие и определяемые критерии.
7. Определяющие критерии подобия для конвективного теплообмена, их выражение, физический смысл и назначение.
8. Неопределяющие критерии подобия для конвективной теплоотдачи, их выражение. Физический смысл критерия Nu . Определение средних величин в теории теплообмена.
9. Ламинарный и турбулентный пограничные слои. Теплоотдача при обтекании пластины.

Контрольная работа № 3

1. Вынужденная теплоотдача в трубах (ламинарный режим).
2. Вынужденная теплоотдача в трубах (турбулентный режим).
3. Понятие и оценка начального участка гидродинамической и тепловой стабилизации в трубе. Эквивалентный (гидравлический) диаметр канала (потока).
4. Теплоотдача при наружном обтекании одиночной трубы.
5. Теплоотдача при наружном обтекании пучков труб (физическая картина и поправки).
6. Физическая картина течения и теплообмена при естественной конвекции около

- различных поверхностей, труб. Общий вид критериальных зависимостей для Nu .
7. Особенности теплоотдачи дисперсных потоков, определения и виды потоков.
 8. Понятие сложного (сопряжённого) теплообмена. Суммарный тепловой поток, варианты расчёта теплообмена.
 9. Процесс теплопередачи. Выражения для удельного и суммарного потоков тепла, термического сопротивления, коэффициента теплопередачи.

Контрольная работа № 4

1. Понятие теплообмена излучением.
2. Излучательная, поглощательная и пропускательная способности тела.
3. Понятие абсолютно чёрного тела. Закон Планка.
4. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты тела.
5. Закон Кирхгофа.
6. Случаи теплообмена излучением между телами. Экранирование.
7. Излучение газов. Селективное излучение.
8. Радиационный теплообмен между газом и серой стенкой. Закон Бугера.
9. Понятие непрозрачных, диатермических, белых, серых, полупрозрачных сред (с примерами).

Контрольная работа № 5

1. Отличие аэрогидродинамики от газодинамики. Понятие сплошности.
2. Идеальная жидкость и идеальный газ. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
3. Понятие вязкости, закон Ньютона о молекулярном трении, коэффициенты вязкости. Сила вязкого трения.
4. Понятие сжимаемости жидкости (газа), характеристики и критерии сжимаемости.
5. Понятие несжимаемой среды. Скорость звука.
6. Турбулентность как свойство жидкости, пульсационные составляющие и степень турбулентности.
7. Линии тока, элементарная струйка, трубка тока. Вихревая линия. Их уравнения. Циркуляция. Потенциальное движение жидкости.
8. Уравнение неразрывности (различные случаи). Уравнение сохранения компонента.
9. Уравнения движения вязкой сжимаемой инертной жидкости.
10. Уравнения движения идеальной жидкости. Интеграл уравнения движения для несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли, его смысл и составляющие.

Контрольная работа № 6

1. Гидравлические сопротивления (потери). Коэффициенты местного сопротивления и сопротивления трения.
2. Потери на трение. Формула Дарси-Вейсбаха.
3. Коэффициент сопротивления трения для ламинарного и турбулентного течения в трубе.
4. Внешнее обтекание тел. Коэффициент лобового сопротивления, примеры.
5. Турбулентная струя; схема, основные параметры.
6. Основные понятия гидрогазостатики.
7. Перенос массы, диффузия (основные понятия). Первый и второй закон диффузии (Фика).
8. Коэффициенты диффузии и массоотдачи. Числа Шмидта, Льюиса.
9. Понятие турбулентной диффузии и диффузионного пограничного слоя.
10. Оценка толщин пограничного слоя по модели Нернста-Лэнгмюра. Подобие теплового и диффузионного пограничных слоёв.

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Направление процессов переноса; потоки массы и энергии.
2. Различные виды переноса теплоты.
3. Теплоотдача и теплопередача.
4. Поле и градиент температуры.
5. Закон Фурье; коэффициент теплопроводности.
6. Теплопроводность плоской однородной стенки.
7. Теплопроводность плоской многослойной стенки.
8. Нестационарная теплопроводность.
9. Общее понятие и виды, закон Ньютона и коэффициент конвективного теплообмена.
10. Основные понятия теории и критерии подобия.
11. Ламинарный и турбулентный режимы течения.
12. Теплоотдача при вынужденной и свободной конвекции.
13. Теплоотдача при внутреннем и наружном обтекании труб.
14. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.
15. Коэффициент теплоотдачи излучением. Степень черноты. Экранирование излучения.
16. Диффузионные процессы. Коэффициенты диффузии и массоотдачи.
17. Понятие и параметры вязкости и сжимаемости жидкости.
18. Уравнение неразрывности потока в целом и компонента.
19. Уравнения движения вязкой жидкости.
20. Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли.
21. Гидравлические сопротивления.
22. Турбулентная струя (схема, основные параметры).
23. Физическая и химическая адсорбция.
24. Виды межмолекулярного взаимодействия.
25. Изотерма адсорбции.
26. Уравнение материального баланса адсорбции.
27. Кинетические закономерности адсорбционных процессов.
28. Равновесная и неравновесная адсорбция.
29. Адсорбенты и их свойства.
30. Гомогенный и гетерогенный катализ.
31. Теоретические модели гетерогенного катализа (мультиплетная теория, теория активных ансамблей)
32. Теоретические модели гетерогенного катализа (электронная теория).
33. Кинетические закономерности гетерогенного катализа.
34. Приготовление катализаторов.
35. Фазовое равновесие при сушке.
36. Материальный баланс конвективной сушки.
37. Тепловой баланс сушки.
38. Принципиальные схемы процессов сушки.
39. Кинетические закономерности процесса сушки.
40. Массоперенос при сушке.
41. Понятие о фильтровании. Закономерности фильтровальных процессов.
42. Техника фильтрования.
43. Фильтрующие материалы. Виды фильтров.
44. Растворение и экстрагирование твердого вещества.
45. Способы экстрагирования.
46. Устройство и принцип действия экстракторов.
47. Равновесие при кристаллизации.
48. Материальный и тепловой балансы кристаллизации.
49. Кинетические закономерности процесса кристаллизации.

Примерные темы курсовых проектов

1. Расчет теплопередачи через многослойную стенку; исследование влияния материала и толщины теплоизоляции.
2. Расчет параметров нагретой прямооточной турбулентной струи.
3. Расчет эффективности экранирования теплового излучения.
4. Расчет теплоотдачи в трубопроводе при различных режимах течения разных теплоносителей.
5. Основные законы, особенности и сравнительный расчет теплообмена излучением для простых случаев тел и сред.
6. Сравнительное расчетное исследование теплообменников с шахматным и коридорным расположением труб.
7. Гидравлический расчет напорного трубопровода.
8. Расчетное исследование влияния переменной теплопроводности материалов и величины теплового потока на температурное поле в трехслойной стенке.
9. Влияние внутреннего тепловыделения и коэффициента теплопроводности на температурном поле в двухслойном пакете материалов.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ОПК-6 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии		
ОПК-6.1	Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное получение и исследование материалов и изделий из них	<p>Контрольная работа Вариант № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие переноса массы и энергии. Выражение для их потоков (удельных и общих). Виды носителей энергии. 2. Виды переноса теплоты. Сущность этих процессов. Понятие теплоотдачи. 3. Понятие температурного поля, изотермических поверхностей и линий. Нестационарное поле и градиент температуры. 4. Плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от температуры для различных веществ. 5. Теплопроводность однородной плоской стенки. Термическое сопротивление стенки. 6. Теплопроводность плоской многослойной стенки. 7. Теплопроводность цилиндрической стенки. Разновидности записи удельных тепловых потоков для трубы из одного материала. 8. Выражение удельного теплового потока для единицы длины многослойной трубы. Теплопроводность однородной сферической стенки.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ОПК-6.2	Оценивает по критериям технологический процесс в профессиональной области с точки зрения безопасности и эффективности	<p>Вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Закономерности фильтровальных процессов. Фильтрующие материалы. 2. Устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения. 3. Устройство и принцип действия кристаллизаторов. <p>Практическая работа</p> <p>Задачи на тему:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Критериальные уравнения массоотдачи. 2. Экспериментальная проверка уравнения массопроводности. 3. Продолжительность сушки. Расчет сушильных установок. <p>Индивидуальная самостоятельная работа</p> <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Диффузионный пограничный слой и уравнение массоотдачи. 2. Адсорберы. Устройство и принцип действия. Расчет адсорберов. 3. Десорбция и ионный обмен.

