

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.06.2022 18:17:44
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« ____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ДИНАМИКА СОРБЦИИ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Технология сорбентов и процессов газо- и водоочистки на их основе

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		ст.науч. сотр. Федоров Ю.С.
Доцент		доцент Григорьева Л.В.

Рабочая программа дисциплины «Динамика сорбции» обсуждена на заседании кафедры
Химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники
протокол от «12» апреля 2021 № 6
Заведующий кафедрой

В.В. Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии
протокол от «20» апреля 2016 № 19

Председатель

М.В. Рутто

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	07
4.2. Занятия лекционного типа	07
4.3. Занятия семинарского типа	08
4.3.1. Семинары, практические занятия	08
4.3.2. Лабораторные занятия	09
4.4. Самостоятельная работа	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	12
10.2. Программное обеспечение	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	12
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-2 Способен понимать основные физико-химические закономерности сорбционных процессов</p>	<p>ПК-2.2 Знание основных теоретических положений и математического описания протекания сорбционных процессов</p>	<p>Знать: математические модели динамики адсорбции, уравнение материального и теплового баланса, динамика равновесной изотермической адсорбции в отсутствие продольной диффузии (ЗН-1);</p> <p>Уметь: использовать уравнения Вильсона и Вилке для описания динамики равновесной изотермической адсорбции с учетом формы изотермы сорбции, рассчитывать степень использования адсорбционной емкости слоя, определять «центр тяжести» сорбционной волны (У-1);</p> <p>Владеть: навыком анализа распределения концентрации компонентов и температуры при нагреве и охлаждении зернистого слоя, навыком применения уравнения Шилова для различных сорбентов, построения графической зависимости времени защитного действия от высоты слоя адсорбента (Н-1).</p>
	<p>ПК-2.3 Знание влияния различных факторов на протекание сорбционных процессов</p>	<p>Знать: различие и ключевые особенности кинетики и динамики сорбции, особенности кинетических кривых, понятия степени отработки емкости зерна сорбента, эффективного диффузионного коэффициента (ЗН-2);</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>Уметь: использовать параметры скорости фильтрования, размеров зерна, величину потери времени защитного действия для расчетов времени защитного действия (У-2);</p> <p>Владеть: навыком подбора и анализа информации по влиянию параметров на проведение сорбционного процесса в динамическом режиме (Н-2).</p>
	<p>ПК-2.4 Прогноз протекания сорбционных процессов очистки и разделения газовых и жидких сред</p>	<p>Знать: виды внутреннего массопереноса, понятия удерживающей способности сорбента, избирательной и вытеснительной сорбции, хроматографического эффекта (З-3);</p> <p>Уметь: строить выходные кривые, рассчитывать динамическую емкость, определять параметры слоя, анализировать выходные кривые (У-3);</p> <p>Владеть: навыками прогнозирования протекания сорбционных процессов при многокомпонентном составе среды, подбора сорбента для очистки и разделения газовых и жидких сред (Н-3).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Динамика сорбции» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.В.04) и изучается на третьем курсе, в шестом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Физическая химия», «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Общая химическая технология».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Промышленная адсорбция, Технология средств индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	7/ 252
Контактная работа с преподавателем:	118
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	80
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	80 (40)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	98
Форма текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен/36

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Кинетика адсорбции и десорбции.	6	-	16	14	ПК-2	ПК-2.2
2	Динамика сорбции. Основные понятия. Характеристики работы слоя сорбента. Основные уравнения динамики сорбции.	6	-	18	14	ПК-2	ПК-2.2
3	Математические модели сорбционных процессов	6	-	24	14	ПК-2	ПК-2.3
4	Сорбционные процессы. Динамика сорбции в псевдооживленных (кипящих) и движущихся слоях.	6	-	12	28	ПК-2	ПК-2.3
5	Многокомпонентная адсорбция в условиях динамического потока.	8	-	10	28	ПК-2	ПК-2.4

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Кинетика адсорбции и десорбции. Кинетические кривые. Степень отработки емкости зерна сорбента. Эффективный диффузионный коэффициент. Виды внутреннего массопереноса.	4	
1	Кинетическая кривая десорбции. Удерживающая способность поглотителя. Температура быстрой десорбции. Пороговая температура десорбции. Виды десорбции.	2	
2	Динамика адсорбции. Основные понятия. Предмет изучения динамики адсорбции. Механизм формирования фронта адсорбции. Работающий слой. Кривая распределения концентраций.	4	
2	Две стадии отработки сорбционного слоя. Режим параллельного переноса. Скорость движения фронта адсорбции.	2	
3	Математические модели сорбционных процессов. Уравнения материального баланса,	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	уравнение массопереноса, уравнение теплового баланса. Классификация динамических процессов адсорбции. Динамика равновесной изотермической адсорбции. Допущения.		
4	Сорбционные процессы. Динамика сорбции в псевдооживленных (кипящих) и движущихся слоях.	2	Проблемная лекция
4	Система уравнений и ее решение. Уравнение Викке. Обрывной фронт сорбции. Уравнение Вильсона. Анализ решения системы уравнений для выпуклой, линейной, вогнутой ИА. Явления сжатия и размывания фронта адсорбции. Влияние продольного массопереноса на вид фронта адсорбции. Теория Зельдовича-Годеса. Центр тяжести сорбционной волны.	4	
5	Многокомпонентная адсорбция в условиях динамического потока. Динамика неизотермической адсорбции. Равновесная адиабатическая адсорбция. Допущения. Система основных уравнений модели и ее решение. Скорость движения тепловой волны. Решение системы уравнений для выпуклой ИА. Два режима движения тепловой волны. Температура плато. Условия реализации режима тепловой волны. Многокомпонентная адсорбция в условиях динамического потока. Конкурентный характер сорбции. Динамика адсорбции бинарной смеси. Схема распределения концентраций компонентов в элементарном слое.	6	
5	Коэффициент вытеснения. Скорость движения фронта адсорбции первого и второго компонентов смеси. Коэффициент селективности. Динамика адсорбции многокомпонентной смеси. Примеры работы сорбционных аппаратов в динамических условиях и нестационарных режимах. Четырех-, трех- и двухадсорбентные схемы. Циклограммы процессов сорбции. Динамические процессы при осушке и очистки природного газа. Особенности динамических режимов в каталитических процессах	2	

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Приме- чание
		Всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Изучение кинетики влагопоглощения на сорбентах различной природы. Подготовка сорбентов различного типа и лабораторного оборудования. Проведение экспериментов на торсионных весах. Обработка полученных результатов.	16	8	
2	Изучение динамики влагопоглощения на силикагелях и цеолитах. Подготовка сорбентов к работе. Изучение работы установки для влагопоглощения. Проведение экспериментов и обработка полученных результатов.	18	9	
3-5	Изучение динамики физической адсорбции. Изучение оборудования, проведение экспериментов и обработка полученных результатов.	46	23	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1-3	Регенерация адсорбентов в динамических условиях. Условия. Виды аппаратного оформления процессов регенерации и закономерности их протекания. Расчет десорбционной кривой по изотерме адсорбции. Построение изотермы адсорбции по десорбционной кривой.	42	Проверочная работа №1
4, 5	Роль динамики сорбции в рекуперационных процессах. Закономерности. Аппаратурное оформление. Основные параметры процесса рекуперации. Многокомпонентная адсорбция в условиях динамического потока. Конкурентный характер сорбции. Динамика адсорбции бинарной смеси.	56	Проверочная работа №2

4.5 Вариант проверочных работ

Проверочная работа № 1 – Перечислить виды аппаратурного оформления процессов регенерации и закономерности их протекания.

Проверочная работа № 2 – Продемонстрировать роль динамики сорбции в рекуперационных процессах.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Экзаменационный билет № 1

- 1 Назовите виды классификации процессов динамики сорбции по стационарности слоя, по способу осуществления десорбции, по целевому назначению и типу адсорбции.
- 2 Приведите отличия условий для обрывного и не обрывного фронта сорбции на основании уравнений Викке и Вильсона.
- 3 Продемонстрируете влияние параметров скорости потока, размеров зерен на основные коэффициенты уравнения Шилова.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Самонин, В.В. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, Е. А. Спиридонова. - Санкт-Петербург : Наука, 2021. - 531 с. - ISBN 978-5-02-040519-6
2. Сорбционная осушка газовых и жидких сред / В.В. Самонин, М.Л. Подвязников, Е.А. Спиридонова, В.Ю. Никонова. – Санкт-Петербург : Наука, 2011. - 138 с. – ISBN 978-5-02-025403-9.

3. Фенелонов, В.Б. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов: сборник задач и вопросов с ответами и решениями / В.Б. Фенелонов, М.С. Мельгунов; – Новосибирск : Издательство Новосибирского университета, 2010. - 188 с. – ISBN 978-5-94356-934-0

4. Шумяцкий, Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Шумяцкий. - Москва : Издательство Колос, 2009. - 183 с. – ISBN 978-5-9532-0656-3

б) электронные учебные издания:

1 Григорьева, Л.В. Определение защитных характеристик слоя активного угля : Практикум / Л.В. Григорьева, В.В. Далидович ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2016.- 15с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2 Григорьева, Л.В. Методика расчета установки рекуперации паров органических растворителей : методические указания/ Л.В. Григорьева, В.В. Далидович; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010.- 25 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Динамика сорбции» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования.

СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Стандартные программные продукты пакета «Apache_OpenOffice»

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 20-30 посадочных мест (проектор BenQ MX518, Ноутбук HP Compaq Presario – 2 шт, проектор Vivitek D508 DL P, проекционный экран – 2 шт., пульт для управления презентацией доски).

Для проведения лабораторных занятий используется практикум.

Помещения оснащены мебелью.

Используемое в лаборатории оборудование и материалы:

Установки «Динамика», анализатор циклогексана «ЛАЦ», анализатор газов «Магистр», весы лабораторные ВМ 213, весы ВМК 1501, весы ВМК 651, весы аналитические ВЛР-200, шкаф сушильный LOIP LF - 60/355 - GG1, печь муфельная LF – 5/11 – G1, оригинальная установка для определения времени защитного действия слоя материала по различным компонентам.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Динамика сорбции»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-2	Способен понимать основные физико-химические закономерности сорбционных процессов	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-2.2 Знание основных теоретических положений и математического описания протекания сорбционных процессов	Правильно выбирает перечень математических моделей динамики адсорбции, уравнение материального и теплового баланса, динамики равновесной изотермической адсорбции в отсутствие продольной диффузии (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-4	Перечисляет с ошибками основные составляющие уравнений кинетики и динамики сорбции с ошибками. Не уверено поясняет роль продольной диффузии на процесс сорбции.	Перечисляет основные составляющие уравнений кинетики и динамики сорбции без ошибок. Не уверено поясняет роль продольной диффузии на процесс сорбции.	Перечисляет основные составляющие уравнений материального и теплового баланса изотермической сорбции. Способен объяснить роль продольной диффузии на процесс сорбции в изотермической сорбции.
	Приводит примеры использования уравнений Вильсона и Викке для динамики равновесной изотермической адсорбции с учетом формы изотермы сорбции, рассчитывает степень использования адсорбционной емкости слоя, определяет «центр тяжести» сорбционной волны (У-1).	Правильные ответы на вопросы № 5-8	Понимает различие уравнений Вильсона и Викке для динамики равновесной изотермической адсорбции, совершает ошибки во влиянии изотермы сорбции на процесс динамики и расчете степени использования адсорбционной емкости слоя, определении «центра	Понимает особенности уравнений Вильсона и Викке для динамики равновесной изотермической адсорбции с учетом граничных условий, понимает влияние изотермы сорбции на процесс динамики. С наводящими вопросами рассчитывает степень использования адсорбционной емкости	Умеет применять уравнения Вильсона и Викке для динамики равновесной изотермической адсорбции с учетом формы изотермы сорбции к конкретным условиям процесса. Рассчитывает степень использования адсорбционной емкости слоя, определяет «центр

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			тяжести» сорбционной волны.	слоя и «центр тяжести» сорбционной волны.	тяжести» сорбционной волны
	Проводит анализ распределения концентрации компонентов и температуры при нагреве и охлаждении зернистого слоя, навыком применения уравнения Шилова для различных сорбентов, построения графической зависимости времени защитного действия от высоты слоя адсорбента (Н-1).	Правильные ответы на вопросы № 9-12	Путается в анализе распределения концентрации компонентов и температуры при нагреве и охлаждении зернистого слоя, Слабо объясняет применение уравнения Шилова для различных сорбентов, построения графической зависимости времени защитного действия от высоты слоя адсорбента	Проводит анализ распределения концентрации компонентов и температуры при нагреве и охлаждении зернистого слоя, применяет уравнения Шилова для различных сорбентов, построения графической зависимости времени защитного действия от высоты слоя адсорбента с наводящими вопросами.	Демонстрирует взаимосвязь влияние концентрации на распределение температуры по длине слоя и влияние температуры на распределение концентраций по длине зернистого слоя. Применяет уравнения Шилова для различных сорбентов, построения графической зависимости времени защитного действия от высоты слоя адсорбента.
ПК-2.3 Знание влияния различных факторов на протекание сорбционных процессов	Правильно перечисляет различие и ключевые особенности кинетики и динамики сорбции. Объясняет характер кинетических кривых. Объясняет значение степени отработки емкости	Правильные ответы на вопросы № 13-16	Перечисляет различие ключевых особенности кинетики и динамики сорбции. С ошибками объясняет эффективный диффузионный	Перечисляет различие и ключевые особенности кинетики и динамики сорбции. Объясняет характер кинетических кривых и значение степени	Правильно перечисляет различие и ключевые особенности кинетики и динамики сорбции. Правильно объясняет характер кинетических кривых, значение

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	зерна сорбента. Поясняет эффективный диффузионный коэффициент (ЗН-2).		коэффициент и значение степени отработки емкости зерна сорбента.	отработки емкости зерна сорбента. С наводящими вопросами Неуверенно поясняет эффективный диффузионный коэффициент.	степени отработки емкости зерна сорбента и эффективный диффузионный коэффициент.
	Определяет параметры скорости фильтрования, размеры зерна, величину потери времени защитного действия для расчетов времени защитного действия (У-2).	Правильные ответы на вопросы № 16-19	Путается с соотношением размеров зерна и параметров скорости фильтрования.	Определяет соотношение размеров зерна и параметров скорости фильтрования на величину потери времени защитного действия.	Демонстрирует расчет величины потери времени защитного действия в зависимости от размеров зерна и скорости фильтрования.
	Владеет навыком подбора и анализа информации по влиянию параметров на проведение сорбционного процесса в динамическом режиме (Н-2).	Правильные ответы на вопросы № 20-25	Путается с анализом информации по влиянию параметров на проведение сорбционного процесса в динамическом режиме.	Демонстрирует с ошибками подбор и анализ информации по влиянию параметров на проведение сорбционного процесса в динамическом режиме.	Хорошо разбирается в анализе информации по влиянию параметров на проведение сорбционного процесса в динамическом режиме.
ПК-2.4 Прогноз протекания сорбционных процессов	Перечисляет виды внутреннего массопереноса, знает понятие удерживающей способности поглотителя, знает	Правильные ответы на вопросы № 26 - 29	Перечисляет с ошибками виды внутреннего массопереноса, понимает определения	Перечисляет виды внутреннего массопереноса, объясняет удерживающую	Уверенно перечисляет виды внутреннего массопереноса, знает понятия удерживающей способности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
очистки и разделения газовых и жидких сред	определение температуры быстрой десорбции и пороговой температуры десорбции (ЗН-3);		удерживающей способности сорбента и температуры быстрой десорбции и пороговую температуру десорбции.	способность сорбента, а также температуру быстрой десорбции и пороговую температуру десорбции с наводящими вопросами.	поглотителя, температуры быстрой десорбции и пороговую температуру десорбции.
	Умеет строить выходные кривые, рассчитывать динамическую емкость, определять параметры слоя, анализировать выходные кривые (У-3);	Правильные ответы на вопросы № 30 - 35	Слабо понимает построение степени использования адсорбционной емкости слоя и расчет динамической емкости, определяет с ошибками параметры слоя, слабо анализирует выходные кривые.	Поясняет расчёт степени использования адсорбционной емкости слоя, рассчитывает динамическую емкость и определяет параметры слоя с наводящими вопросами, не уверено анализирует выходные кривые.	Правильно демонстрирует расчёт степени использования адсорбционной емкости слоя, уверено рассчитывает динамическую емкость и определяет параметры слоя с наводящими вопросами, самостоятельно анализирует выходные кривые.
	Владеет навыками прогнозирования протекания сорбционных процессов при многокомпонентном составе среды, подбора сорбента для очистки и разделения	Правильные ответы на вопросы № 36-40	Слабо понимает прогнозирование протекания сорбционных процессов при многокомпонентном	Демонстрирует прогнозирование протекания сорбционных процессов при многокомпонентном	Демонстрирует хорошие навыки прогнозирования протекания сорбционных процессов при

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	газовых и жидких сред (Н-3).		составе среды, не уверено поясняет подбор сорбента для очистки и разделения газовых и жидких сред.	составе среды, не уверено поясняет подбор сорбента для очистки и разделения газовых и жидких сред с наводящими вопросами.	многокомпонентном составе среды, подбора сорбента для очистки и разделения газовых и жидких сред.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:

- 1 Назовите виды классификации процессов динамики сорбции по стационарности слоя, по способу осуществления десорбции, по целевому назначению и типу адсорбции.
- 2 Перечислите основные уравнения динамики сорбции.
- 3 Перечислите составляющие уравнения теплового баланса и уравнения передачи тепла.
- 4 Назовите особенности динамики равновесной изотермической адсорбции в отсутствие продольной диффузии.
- 5 Приведите примеры начальных и граничных условий для динамика равновесной изотермической сорбции.
- 6 Приведите отличия условий для обрывной и необрывной фронт сорбции для уравнений Викке и Вильсона.
- 7 Продемонстрируйте виды изотермы адсорбции и их влияние на форму фронта сорбции.
- 8 Приведите примеры условий динамики равновесной изотермической сорбции для решения системы уравнений с учетом коэффициента продольного переноса.
- 9 Обоснуйте различия динамики неизотермической сорбции и изотермической сорбции. Приведите примеры для равновесной адиабатической сорбция.
- 10 Проведите анализ системы уравнений и граничные условия, скорости движения изотермической сорбционной и тепловой волны.
- 11 Проведите анализ условий реализации режима одиночной и комбинированной тепловой волны для динамики неизотермической сорбции.
- 12 Сделайте выводы по особенности распределения концентрации компонентов и температуры по длине сорбционной колонки при нагреве и охлаждении зернистого слоя.
- 13 Назовите предмет изучения кинетики сорбции, основные понятия, отличие кинетики сорбции от динамики сорбции.
- 14 Дайте определения кинетике химических реакций и кинетика сорбции, кинетике гомогенных и гетерогенных реакций, кинетике адсорбции.
- 15 Приведите примеры установок для определения кинетики адсорбции. Дайте определения степени отработки адсорбционной емкости, эффективному коэффициенту диффузии.
- 16 Поясните виды кинетических кривых и связь с коэффициентом диффузии и формой гранул сорбента.
- 17 Объясните связь величины потери времени защитного действия с историей возникновения, а также современные способы интерпретации.
- 18 Проведите анализ влияния скорости фильтрования на величину потери времени защитного действия.
- 19 Объясните влияние размеров зерна на величину потери времени защитного действия.
- 20 Продемонстрируйте связь основных параметров и влияющие на проведение сорбционного процесса.
- 21 Продемонстрируйте влияние связь видов переноса вещества в пористом теле и объемной диффузии с учетом законов Фика.
- 22 Проведите анализ механизма формирования фронта сорбции с учетом скорости движения по длине сорбционной колонки.
- 23 Проведите выбор схемы установки с учетом температурного режима десорбционной части установки.

24 Составьте циклограмму трехзонной схемы процесса для сорбции бинарной смеси с учетом скоростей движения фронта сорбции лучше и хуже сорбируемых компонентов.

25 Покажите пример расчета кривой распределения концентраций для разных стадий отработки сорбционного слоя в режиме параллельного переноса.

26 Дайте определения динамической адсорбционной способности слоя. Расскажите о методике определения выходной кривой.

27 Дайте определения удерживающей способности поглотителя, температуре быстрой десорбции и пороговой температуре десорбции.

28 Назовите методики расчета основных динамических характеристик сорбента: динамической величины сорбции, степени использования сорбционной емкости слоя, времени защитного действия слоя.

29 Назовите механизм формирования фронта сорбции.

30 Объясните влияние скорости движения фронта адсорбции на степень недоиспользования сорбционной емкости работающего слоя.

31 Поясните смысл терминов «полноты использования адсорбционной емкости слоя, центра тяжести» сорбционной волны.

32 Объясните принцип адсорбции в движущемся слое, расход адсорбента в колонне, скорость перемещения фронта сорбции и особенности расчета зоны массообмена.

33 Покажите особенности применения процессов сорбции в движущихся слоях на примере установки для разделения смеси природного газа.

34 Объясните особенности отработки сорбционной емкости слоем сорбента, потери времени защитного действия слоя и особенности работы слоя в условиях малых, средних и высоких концентраций адсорбтива.

35 Поясните расчет степени использования адсорбционной емкости слоя и «центра тяжести» сорбционной волны.

36 Понятие «проскок» и рабочая динамическая емкость. Расчет количества поглощенного вещества.

37 Продемонстрируйте связь коэффициента защитного действия слоя со скоростью движения фронта сорбции.

38 Продемонстрируйте влияние параметров скорости потока, размеров зерен на основные коэффициенты уравнения Шилова.

39 Определите высоту работающего слоя на основании уравнения Шилова.

40 Проведите расчет потери защитного действия по данным экспериментальных результатов для разных сорбентов и скорости потока.

4. Варианты проверочных работ

Проверочная работа №1.

Вариант 1. Регенерация адсорбентов в динамических условиях.

Вариант 2. Виды аппаратного оформления процессов регенерации и закономерности их протекания.

Вариант 3. Расчет десорбционной кривой по изотерме адсорбции. Построение изотермы адсорбции по десорбционной кривой.

Вариант 4. Роль динамики сорбции в рекуперационных процессах. Аппаратурное оформление.

Вариант 5. PSA-процессы. Закономерности. Требования к сорбенту. Примеры.

Проверочная работа №2.

Вариант 1. Роль динамики сорбции в рекуперационных процессах.

PSA-процессы. Закономерности. Требования к сорбенту. Примеры.

Вариант 2. Закономерности. Аппаратурное оформление. Основные параметры процесса рекуперации.

Вариант 3. PSA-процессы. Закономерности. Требования к сорбенту. Примеры.

Вариант 4. Четырех-, трех- и двухадсорбентные схемы. Циклограммы процессов сорбции.

Вариант 5. Динамика адсорбции многокомпонентной смеси.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).