

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 29.09.2023 17:56:49
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
«23» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ СРЕД

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология

Направленность программы магистратуры

**Химическая технология средств защиты и систем жизнеобеспечения на основе
нанопористых материалов и изделий**

Квалификация

Магистр

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
Заведующий кафедрой		профессор Самонин В.В.
Доцент		Спиридонова Е.А.

Рабочая программа дисциплины «Адсорбционно-каталитические процессы очистки газовых сред» 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 2021 № 9

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 (модуля) 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.....	08
4.3. Занятия семинарского типа.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.3.2. Лабораторные занятия.....	10
4.4. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14

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 магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-5 Способен подбирать, разрабатывать и использовать технологические решения, направленные на создание оптимальных условий проведения сорбционно-каталитических процессов в системах защиты человека и окружающей среды</p>	<p>ПК-5.3 Знание применяемых технологических подходов при проведении сорбционно-каталитической очистки газовых сред.</p>	<p>Знать: основы применения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред, области применения, спектр удаляемых веществ, их классификацию и концентрационные интервалы, основные физико-химических закономерности адсорбционных, каталитических и адсорбционно-каталитических процессов (ЗН-1);</p> <p>Уметь: обоснованно предлагать методы очистки газовых сред с использованием адсорбционно-каталитических процессов (У-1);</p> <p>Владеть: навыками подбора условий проведения адсорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред для повышения их эффективности (Н-1)</p>
	<p>ПК-5.4 Разработка технологических решений проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред.</p>	<p>Знать: особенности технологических решений при проведении сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред, требования, предъявляемые к газовым средам, нормирование качества воздуха (ЗН-2);</p> <p>Уметь: описывать технологические схемы адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред (У-2);</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>Владеть: методами оценки эффективности адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред (Н-2)</p>
<p>ПК-6 Готов подбирать и разрабатывать технологические схемы для защиты человека и окружающей среды с использованием сорбционных технологий</p>	<p>ПК-6.3 Знание конструктивных особенностей процессов и аппаратов, используемых при проведении сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред.</p>	<p>Знать: основные аппараты для проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред; области их применения; преимущества и недостатки (ЗН-3);</p> <p>Уметь: оценивать преимущества и недостатки аппаратов различных конструкций для проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред в заданных условиях их использования (У-3);</p> <p>Владеть: навыками подбора оборудования для проведения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред (Н-3)</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Адсорбционно-каталитические процессы очистки газовых сред» относится к части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.06) и изучается на 1 курсе во 2 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении общеинженерных дисциплин, а также дисциплин «Современные проблемы сорбционной техники», «Научные основы сорбционно-каталитических процессов», «Токсичные соединения и основные способы защиты от них». Полученные в процессе изучения дисциплины «Адсорбционно-каталитические процессы очистки газовых сред» знания, умения и навыки могут быть использованы при дальнейшем обучении, 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)	6/ 216
Контактная работа с преподавателем:	124
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	80
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	16 (4)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	64 (32)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	65
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (27)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Классификация вредных веществ в газовой среде. Источники загрязнений. Нормирование качества воздуха. Требования к составу газовых сред в различных областях техники. Место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред	4	4	-	5	ПК-5	ПК-5.3
2.	Удаление органических веществ из газовых сред. Адсорбционные, каталитические, адсорбционно-каталитические методы очистки. Технологические схемы процессов очистки. Рекуперация.	10	4	24	20	ПК-5 ПК-6	ПК-5.3 ПК-5.4 ПК-6.3
3.	Удаление неорганических веществ из газовых сред. Адсорбционно-каталитические методы очистки. Технологические схемы процессов.	10	4	24	20	ПК-5 ПК-6	ПК-5.3 ПК-5.4 ПК-6.3
4.	Осушка и разделение газовых сред. Методы короткоциклового безнагревной адсорбции	8	4	16	20	ПК-5 ПК-6	ПК-5.3 ПК-5.4 ПК-6.3

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Классификация вредных веществ в газовой среде. Характеристики пылегазовых загрязнителей воздуха. Основные свойства аэрозолей. Вредные газы и пары. Источники загрязнений. Нормирование качества воздуха. Показатели качества окружающей среды. Требования к составу газовых сред в различных областях техники. Классификация процессов и аппаратов очистки газовых выбросов. Методы очистки пылевоздушных выбросов. Способы очистки газовых выбросов. Абсорбция газовых примесей. Адсорбция газовых примесей. Термохимическое обезвреживание газообразных выбросов. Каталитические методы очистки газовых выбросов. Высокотемпературное обезвреживание газовых выбросов. Газоразрядный метод. Конденсация газообразных примесей. Методы сухой и мокрой биологической очистки газов. Место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред.	4	
2	Удаление органических веществ из газовых сред. Классификация органических примесей в атмосфере. Углеродные сорбенты для очистки газовых сред. Неорганические сорбенты для очистки газовых сред. Теоретические аспекты адсорбции из газовых сред. Особенности процессов динамики адсорбции одно- и многокомпонентных смесей. Адсорбционные, каталитические, адсорбционно-каталитические методы очистки. Процессы с однократно используемым адсорбентом. Циклические процессы с регенерацией адсорбента. Особенности конструкционного оформления адсорбционных, каталитических, адсорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред. Устройство и принцип действия адсорберов. Адсорбция паров органических растворителей. Технологические схемы процессов очистки. Рекуперация. Технология процесса рекуперации. Адсорбенты для рекуперации.	10	
3	Удаление неорганических веществ из газовых сред. Адсорбционно-каталитические методы очистки. Технологические схемы процессов. Особенности удаления серо- и азотсодержащих веществ из воздуха. Очистка газов от оксидов азота. Очистка газов от диоксида серы. Очистка	10	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	газов от сероводорода. Очистка углеводородных потоков от серосодержащих соединений. Очистка газовых сред от оксида и диоксида углерода. Очистка от хлора и хлорида водорода.		
4	Осушка газовых сред. Характеристика влажных газовых сред. Адсорбенты для осушки. Параметры процесса осушки. Технологические схемы установок осушки. Адсорберы для осушки. Разделение газовых сред. Методы короткоциклового безнагревной адсорбции. Создание защитных атмосфер. Выделение водорода. Разделение воздуха. Разделение углеводородов.	8	

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Адсорбционная очистка газов. Адсорбционное равновесие. Кинетические характеристики адсорбции.	4	1	
2	Устройство и принцип действия адсорберов. Принципы расчета адсорберов. Адсорберы периодического действия. Расчет адсорберов периодического действия.	4	1	метод малых групп
3	Адсорберы непрерывного действия. Расчет адсорберов непрерывного действия. Десорбция адсорбированных продуктов. Расчет десорбционных процессов	4	1	метод малых групп
4	Расчет процессов осушки и разделения газов. Процессы КБА. Оценка эффективности устройств для очистки газовых выбросов. Выбор вариантов газоочистки	4	1	метод малых групп

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	Рекуперация водяным паром летучих растворителей. Проведение цикловых процессов сорбции – десорбции на активных углях. Адсорбат – летучие органические вещества. Сравнение методов регенерации адсорбентов – термическая, вытеснительная (регенерация водяным паром), вакуумирование при повышенной температуре. Рекуперация с возвратом адсорбата в цикл. Определение степени десорбции. Определение изменения параметров пористой структуры активного угля. Влияние пористой структуры активного угля на эффективность процессов рекуперации.	24	12	
3	Влияние влажности на работу систем очистки газовых сред при адсорбции и хемосорбции паров. Проведение процесса адсорбции на примере органического адсорбата (бензол, циклогексан) и неорганического хемосорбата (аммиак). Сравнение факторов, влияющих на процесс адсорбции и хемосорбции. Определение влияния влажности на адсорбцию и хемосорбцию. Определение оптимального состава шихты (смешанная, комбинированная). Определение длины работающего слоя.	24	12	
4	Сравнение осушки методом КБА и в проточном режиме. Определение конечных концентраций в динамическом режиме за слоем осушителей различного типа. Определение оптимальных условий их применения. Проведение процессов осушки в цикловом режиме. Ознакомление с установкой КБА. Сравнение рабочих параметров установки КБА и адсорберов,	16	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечания
	работающих в непрерывном проточном режиме.		

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Классификация процессов и аппаратов очистки газовых выбросов	5	Устный опрос
2	Абсорбционная очистка газов. Классификация процессов и аппаратов очистки газовых выбросов. Абсорбенты, применяемые для очистки отходящих газов. Технология абсорбционной очистки промышленных выбросов. Конструкции и принцип действия абсорберов. Расчет адсорберов периодического действия.	20	Расчетная задача № 1
3	Конденсационная очистка газов и паров Принцип конденсационной очистки Типы и конструкции конденсаторов Расчет конденсаторов Термокаталитическая очистка газовых выбросов Термическая обработка газовых выбросов Принципы расчета установок термообезвреживания. Расчет адсорберов непрерывного действия. Расчет десорбционных процессов	20	Расчетная задача № 2
4	Очистка газовых выбросов автомобильного транспорта Характеристика выбросов двигателей внутреннего сгорания Снижение выбросов двигателей внутреннего сгорания. Нейтрализация выхлопов двигателей внутреннего сгорания. Улавливание аэрозолей, выбрасываемых дизельным двигателем.	20	Устный опрос № 3

4.5. Примеры расчетных задач

Расчетная задача № 1.

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция диэтилового эфира. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 25000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация диэтилового эфира в воздухе 0,01кг/м³; адсорбент активный уголь AP-A Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента 3 м, внутренний диаметр 1,6 м).

Расчетная задача № 2.

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров бутилацетата из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 3000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,0082 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь AP-A

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: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривает 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 два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант 1

1. Очистка углеводородных потоков от серосодержащих соединений.
2. Принципы расчета адсорберов для удаления органических веществ из газовой воздушной среды. Привести алгоритм расчета.

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

7. Перечень учебных изданий, необходимых 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. Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции/ В.В.Самонин, М.Л.Подвязников, В.Ю.Никонова [и др.] – Санкт-Петербург: «Наука», 2009. - 271 с. - ISBN 978-5-02-025346-9.
3. 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
4. Мухин, В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов: учебное пособие / В. М. Мухин, В. Н. Клушин - Москва: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2012. - 307 с. - ISBN 978-5-7237-0905-8.

5. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию/ Г.С.Борисов, В.П.Брыков, Ю.И.Дытнерский [и др.]; Под ред. Ю.И.Дытнерского. –Москва: Альянс, 2015. – 496с. ISBN 978-5-903034-87-1.

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

б) электронные учебные издания:

1. Топалова, О. В. Химия окружающей среды : учебное пособие / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 160 с. - ISBN 978-5-8114-1504-5. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

2. Далидович, В.В. Расчет материального и теплового баланса рекуперационных процессов: учебное пособие/ В.В.Далидович, Л.В.Григорьева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский Государственный Технологический Институт (Технический Университет), Кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 47 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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 «Адсорбционно-каталитические процессы очистки газовых сред» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению;

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.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

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

10.2. Программное обеспечение.

Программное обеспечение практики включает необходимые программы и пакеты программ:

стандартные программные продукты пакета «Apache_ OpenOffice».

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, оснащенные мебелью, проектором BenQ MX518, ноутбуками HP Compaq Presario в количестве 2 штук, проектором Vivitek D508 DLP, проекционными экранами в количестве 2 штук, пульта для управления презентацией, досками, на 20-30 посадочных мест.

Для проведения лабораторных работ по данной дисциплине используются кондуктометр «Эксперт-002-2-6п», иономер И-500, колориметр КФК-2МП, концентратомер КН-2м, анализатор «Эксперт-001-рН-ХПК-БПК», рН-метр HI 8314, хроматограф ЛХМ-80, весы ВМК 1501, весы ВМК 651, весы аналитические ВЛР-200.

Для самостоятельной работы помещения оснащены мебелью на 10-15 посадочных мест.

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 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Адсорбционно-каталитические процессы очистки газовых сред»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-6	Готов подбирать и разрабатывать технологические схемы для защиты человека и окружающей среды с использованием сорбционных технологий	начальный

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)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
ПК-5.3 Знание применяемых технологических подходов при проведении сорбционно-каталитической очистки газовых сред.	знает основы применения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред, области применения, спектр удаляемых веществ, их классификацию и концентрационные интервалы, основные физико-химические закономерности адсорбционных, каталитических и адсорбционно-каталитических процессов (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1-22, 36-44	приводит неполную классификацию вредных веществ в газовой среде, не может перечислить достаточно свойств аэрозолей, вредных газов и паров; с ошибками приводит показатели качества газовых сред, не формулирует требования к составу газовых сред в различных областях техники; приводит краткую классификацию процессов и аппаратов для очистки газовых выбросов, рассказывает о методах очистки газовых сред; приводит примеры физико-химических закономерностей	приводит классификацию вредных веществ в газовой среде с подсказками преподавателя, перечисляет основные свойства аэрозолей, вредных газов и паров; приводит показатели качества газовых сред, с ошибками формулирует требования к составу газовых сред в различных областях техники; приводит основную классификацию процессов и аппаратов для очистки газовых выбросов, рассказывает о методах очистки газовых сред; приводит примеры физико-химических закономерностей	приводит классификацию вредных веществ в газовой среде, перечисляет основные свойства аэрозолей, вредных газов и паров; приводит показатели качества газовых сред, формулирует требования к составу газовых сред в различных областях техники; приводит подробную классификацию процессов и аппаратов для очистки газовых выбросов, рассказывает о методах очистки газовых сред; приводит примеры физико-химических закономерностей адсорбционных,

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
			адсорбционных, каталитических и адсорбционно-каталитических процессов с ошибками; с подсказками преподавателя определяет место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред	физико-химических закономерностей адсорбционных, каталитических и адсорбционно-каталитических процессов; определяет место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред	каталитических и адсорбционно-каталитических процессов; определяет место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред
	обоснованно предлагает методы очистки газовых сред с использованием адсорбционно-каталитических процессов (У-1);	Правильные ответы на вопросы экзамену № 1-22, 36-44, выполнение лабораторных работ	предлагает разнообразные методы очистки газовых сред, но не обосновывает возможность применения адсорбционно-каталитических процессов в заданных условиях; не поясняет выбор метода очистки и область его применения	предлагает разнообразные методы очистки газовых сред, но не обосновывает возможность применения адсорбционно-каталитических процессов в заданных условиях; кратко поясняет выбор метода очистки и область его применения	предлагает разнообразные методы очистки газовых сред, обосновывает возможность применения адсорбционно-каталитических процессов в заданных условиях; поясняет выбор метода очистки и область его применения
	обоснованно подбирает условия проведения	Правильные ответы на	демонстрирует навыки выбора	демонстрирует навыки выбора	демонстрирует навыки

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
	адсорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред для повышения их эффективности (Н-1);	вопросы к экзамену № 1-22, 36-44, выполнение лабораторных работ	условий проведения адсорбционно-каталитических процессов и их оптимизации при участии преподавателя; не использует приемы повышения эффективности очистки газовых сред.	условий проведения адсорбционно-каталитических процессов и их оптимизации; использует некоторые приемы повышения эффективности очистки газовых сред.	самостоятельного выбора условий проведения адсорбционно-каталитических процессов и их оптимизации; использует приемы повышения эффективности очистки газовых сред.
ПК-5.4 Разработка технологических решений проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред.	знает особенности технологических решений при проведении сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред, требования, предъявляемые к газовым средам, нормирование качества воздуха (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 18, 19, 21, 23-44	путается в основных принципах нормирования загрязнений в окружающей среде, с ошибками и подсказками преподавателя рассказывает о технологических решениях проведения сорбционно-каталитических процессов, оценивает возможности достижения требований, предъявляемых к	с ошибками перечисляет основные принципы нормирования загрязнений в окружающей среде, кратко рассказывает о технологических решениях проведения сорбционно-каталитических процессов, оценивает возможности достижения требований, предъявляемых к	перечисляет основные принципы нормирования загрязнений в окружающей среде, подробно рассказывает о технологических решениях проведения сорбционно-каталитических процессов, оценивает возможности достижения требований, предъявляемых к

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
			газовым средам, перечисляет технологии очистки от различных примесей и осушки газовых сред; с ошибками формулирует особенности предлагаемых технологий	о технологиях очистки от различных примесей и осушки газовых сред; перечисляет особенности предлагаемых технологий	технологиях очистки от различных примесей и осушки газовых сред; перечисляет особенности предлагаемых технологий
	описывает технологические схемы адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред (У-2);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 18, 19, 21, 23-44, выполнение расчетных задач	кратко описывает, но не объясняет технологические схемы адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред от различных вредных веществ органической и неорганической природы	кратко описывает и объясняет технологические схемы адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред от различных вредных веществ органической и неорганической природы	подробно описывает и объясняет технологические схемы адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред от различных вредных веществ органической и неорганической природы
	владеет методами оценки эффективности адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред (Н-2);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 18, 19, 21, 23-44, выполнение	представляет с ошибками алгоритм методов оценки эффективности очистки газовых сред; под руководством	представляет с ошибками алгоритм методов оценки эффективности очистки газовых сред; демонстрирует навыки оценки	представляет алгоритм методов оценки эффективности очистки газовых сред; демонстрирует навыки оценки

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
		лабораторных работ	преподавателя демонстрирует навыки оценки эффективности адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред	эффективности адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред	эффективности адсорбционной и адсорбционно-каталитической очистки газовых сред
ПК-6.3 Знание конструктивных особенностей процессов и аппаратов, используемых при проведении сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред.	знает основные аппараты для проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред; области их применения; преимущества и недостатки (ЗН-3);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 45-55	с подсказками преподавателя перечисляет основные типы аппаратов для проведения сорбционных и сорбционно-каталитических процессов очистки	неполно перечисляет основные типы аппаратов для проведения сорбционных и сорбционно-каталитических процессов очистки; приводит некоторые примеры; кратко рассказывает о принципах работы, их преимуществах и недостатках	перечисляет основные типы аппаратов для проведения сорбционных и сорбционно-каталитических процессов очистки; приводит примеры; рассказывает о принципах работы, их преимуществах и недостатках
	оценивает преимущества и недостатки аппаратов различных конструкций для проведения сорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред в заданных условиях их использования (У-3);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 45-55, выполнение расчетных задач	приводит, но не объясняет преимущества и недостатки аппаратов различных конструкций для проведения сорбционно-	приводит и кратко объясняет преимущества и недостатки аппаратов различных конструкций для проведения сорбционно-	приводит и подробно объясняет преимущества и недостатки аппаратов различных конструкций для проведения сорбционно-

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)	«удовлетворительно» (пороговый)
			каталитических процессов очистки газовых сред в заданных условиях их использования	каталитических процессов очистки газовых сред в заданных условиях их использования	каталитических процессов очистки газовых сред в заданных условиях их использования
	подбирает оборудование для проведения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред (Н-3).	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 45-55, выполнение расчетных задач	рассчитывает по выданному преподавателем алгоритму оборудование для проведения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред	рассчитывает по выданному преподавателем алгоритму и обоснованно подбирает оборудование для проведения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред	самостоятельно рассчитывает и обоснованно подбирает оборудование для проведения сорбционно-каталитических процессов для очистки газовых сред

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации
а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

1. Классификация вредных веществ в газовой среде. Характеристики пылегазовых загрязнителей воздуха.
2. Основные свойства аэрозолей.
3. Вредные газы и пары. Источники загрязнений.
4. Нормирование качества воздуха. Показатели качества окружающей среды.
5. Требования к составу газовых сред в различных областях техники.
6. Методы очистки пылевоздушных выбросов.
7. Способы очистки газовых выбросов.
8. Абсорбция газовых примесей.
9. Адсорбция газовых примесей.
10. Термохимическое обезвреживание газообразных выбросов. Высокотемпературное обезвреживание газовых выбросов.
11. Каталитические методы очистки газовых выбросов.
12. Газоразрядный метод. Конденсация газообразных примесей.
13. Методы сухой и мокрой биологической очистки газов. Место адсорбционно-каталитических технологий в процессах очистки газовых сред.
14. Углеродные сорбенты для очистки газовых сред.
15. Неорганические сорбенты для очистки газовых сред.
16. Теоретические аспекты адсорбции из газовых сред.
17. Особенности процессов динамики адсорбции одно- и многокомпонентных смесей.
18. Адсорбционные, каталитические, адсорбционно-каталитические методы очистки. Процессы с однократно используемым адсорбентом.
19. Адсорбционные, каталитические, адсорбционно-каталитические методы очистки. Циклические процессы с регенерацией адсорбента
20. Адсорбция паров органических растворителей. Технологические схемы процессов очистки.
21. Рекуперация водяным паром летучих растворителей.
22. Удаление неорганических веществ из газовых сред. Адсорбционно-каталитические методы очистки.
23. Технологические схемы процессов очистки воздуха от органических веществ.
24. Технологические схемы процессов очистки воздуха от органических веществ.
25. Технологические схемы комбинированной очистки воздуха от органических веществ.
26. Особенности очистки газов от ароматических веществ. Сорбционные технологии.
27. Особенности очистки газов от углеводородов. Сорбционные технологии.
28. Особенности очистки газов от продуктов разложения полимерных материалов. Сорбционные технологии.
29. Особенности очистки газов от оксидов азота. Сорбционные технологии.
30. Особенности очистки газов от диоксида серы. Сорбционные технологии.
31. Особенности очистки газов от сероводорода. Сорбционные технологии.
32. Особенности очистки углеводородных потоков от серосодержащих соединений. Сорбционные технологии.
33. Особенности очистки газовых сред от оксида углерода. Сорбционные технологии.

34. Особенности очистки газовых сред от диоксида углерода. Сорбционные технологии.
35. Особенности очистки газовых сред от хлора и хлорида водорода. Сорбционные технологии.
36. Методы осушки газовых сред. Характеристика влажных газовых сред.
37. Адсорбенты для осушки.
38. Сорбционные технологии осушки. Технологические схемы установок осушки.
39. Разделение газовых сред с использованием сорбционных технологий.
40. Методы короткоциклового безнагревной адсорбции.
41. Создание защитных атмосфер с использованием сорбционных технологий.
42. Выделение водорода методом КБА.
43. Разделение воздуха методом КБА.
44. Разделение углеводов с использованием сорбционных технологий.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:

45. Особенности конструкционного оформления адсорбционных, каталитических, адсорбционно-каталитических процессов очистки газовых сред.
46. Устройство и принцип действия адсорберов.
47. Адсорберы для осушки.
48. Принципы расчета адсорберов.
49. Адсорберы периодического действия.
50. Алгоритм расчета адсорберов периодического действия
51. Адсорберы непрерывного действия.
52. Алгоритм расчета адсорберов непрерывного действия.
53. Расчет процессов осушки и разделения газов. Процессы КБА.
54. Оценка эффективности устройств для очистки газовых выбросов. Выбор вариантов газоочистки
55. Алгоритм расчета процессов рекуперации водяным паром летучих растворителей.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

4. Варианты расчетных задач

Расчетная задача № 1.

Вариант 1

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция диэтилового эфира. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 25000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация диэтилового эфира в воздухе 0,01кг/м³; адсорбент активный уголь AP-A Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента 3 м, внутренний диаметр 1,6 м).

Вариант 2

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция бензола. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 25000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация бензола в воздухе 0,01 кг/м³; адсорбент

активный уголь AP-A Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента 3 м, внутренний диаметр 1,6 м).

Вариант 3

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция диэтилового эфира. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 15000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация диэтилового эфира в воздухе 0,01кг/м³; адсорбент активный уголь AP-A Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента 3 м, внутренний диаметр 1,6 м).

Вариант 4

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция диэтилового эфира. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 25000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация диэтилового эфира в воздухе 0,01кг/м³; адсорбент активный уголь АГ-5. Тип аппарата – адсорбер (диаметр слоя адсорбента 1,6 м).

Вариант 5

Расчет адсорберов периодического действия.

Адсорбция диэтилового эфира. Рассчитать адсорбер периодического действия с неподвижным зернистым слоем адсорбента. Расход парогазовой смеси 25000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация диэтилового эфира в воздухе 0,1 кг/м³; адсорбент активный уголь AP-A Тип аппарата – кольцевой адсорбер (наружный диаметр слоя адсорбента 3 м, внутренний диаметр 1,6 м).

Расчетная задача № 2.

Вариант-1

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров уксусной кислоты из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 3000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,0082 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь AP-A

Вариант-2

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров четыреххлористого углерода из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 3000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,0082 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь AP-A

Вариант-3

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров уксусной кислоты из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 2500 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,0082 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь AP-A

Вариант-4

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров уксусной кислоты из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 3000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,0082 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь АГ-5

Вариант-5

Расчет адсорберов непрерывного действия

Рассчитать непрерывнодействующую адсорбционную установку для улавливания паров уксусной кислоты из воздуха в колонне с движущимся слоем активного угля при следующих условиях. Расход парогазовой смеси 3000 м³/ч; температура смеси 20 °С; исходная концентрация 0,02 кг/м³; коэффициент диффузии при 0 °С 5,7·10⁻⁶ м²/с. Адсорбент активный уголь АР-А

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО 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»). При этом оценка за экзамен соотносится с уровнем сформированности компетенции.