

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.06	Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов
----------------	--

Учебный план: _____ ФГОС3++z180302-4_24-15.plx

Кафедра: 31 Охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов

Направление подготовки: _____
(специальность) 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки: _____
(специализация) Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
4	УП	12	12	183	9	6	Экзамен
	РПД	12	12	183	9	6	
Итого	УП	12	12	183	9	6	
	РПД	12	12	183	9	6	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 923

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент

Кандидат технических наук, доцент

старший преподаватель

старший преподаватель

Морева Ю.Л.

Яковлев В.А.

Васильева Е.А.

Александрова Т.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой охраны окружающей среды и
рационального использования природных ресурсов

Шанова О.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Шанова О.А.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области знаний о теоретических основах ресурсосбережения, технологии очистки сточных вод и промышленных выбросов в атмосферу.

1.2 Задачи дисциплины:

- раскрыть принципы необходимых представлений о теоретических основах ресурсосбережения;
- изучить теоретические основы очистки и обезвреживания сточных вод;
- рассмотреть теоретические основы разделения промышленных аэрозолей, улавливания и разделения газообразных примесей;
- изучить практические вопросы по выбору и обоснованию метода очистки выбросов, сбросов и технологических схем.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Общая и неорганическая химия

Экология

Физическая химия

Коллоидная химия

Основы микробиологии и природоохранных биотехнологий

Процессы и аппараты химической технологии

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен к реализации мероприятий по ресурсо- и энергосбережению процессов охраны окружающей среды, обеспечению работы природоохранных сооружений
Знать: теоретические закономерности и явления методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов
Уметь: выделять основные факторы, влияющие на область применения и эффективность методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов
Владеть: навыками практического применения традиционных, перспективных и новых методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов
ПК-4: Способен к выбору ресурсов и разработке технологических процессов и операций в области очистки выбросов, сточных вод, обращения с отходами
Знать: современные методы исследования в области ресурсосбережения, очистки и обезвреживания промышленных выбросов и сбросов
Уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования по очистке и обезвреживанию выбросов и сбросов; решать задачи по выбору и обоснованию метода очистки выбросов, сбросов и технологических схем
Владеть: методами исследования технологических процессов и природных сред; методиками оценки эффективности очистных сооружений и принятых технических решений

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)	
Раздел 1. Теоретические основы механической очистки сточных вод	4			
Тема 1. Основы процесса отстаивания Классификация примесей по их фазово-дисперсному составу (Классификация Кульского). Общее представление о методах механической очистки воды. Осаждение взвеси в неподвижной жидкости. Закон Стокса. Осаждение взвеси в потоке жидкости. Классификация отстойных сооружений. Основные параметры расчета отстойных сооружений. Способы повышения эффективности работы отстойников. Лабораторные занятия 1. Определение основных характеристик работы отстойника.		1	2	23
Тема 2. Основы процесса фильтрования Виды фильтрования. Фильтрование с образованием осадка на фильтровальной перегородке. Фильтрование с закупориванием пор фильтровальной перегородки. Виды фильтрационных аппаратов. Классификация фильтров. Технологические характеристики работы фильтров		1		15
Тема 3. Разделение под действием центробежных сил Общее представление о разделении воды под действием центробежных сил. Классификация аппаратов (гидроциклоны, центрифуги и др.). Основные технологические параметры сооружений очистки воды и обработки отходов.		0,5		16
Раздел 2. Теоретические основы физико-химической очистки воды				
Тема 4. Основы коагуляционной очистки воды Седиментационная и агрегативная устойчивость дисперсных систем. Строение и свойства двойного электрического слоя. Теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека. (ДЛФО). Концентрационная коагуляция. Правило Шульце-Гарди и закон шестой степени Дерягина. Нейтрализационная коагуляция. Роль гидролиза солей алюминия и железа в их коагулирующей способности. Применяемые коагулянты и их дозы. Гетерокоагуляция и обращение правила Шульце-Гарди. Селективная коагуляция. Лабораторные занятия 2. Определение пороговой концентрации электролита при коагуляции сульфатного лигнина.		2	2	15

Тема 5. Основы флокуляции и флотационной очистки воды Флокуляционная очистка сточных вод. Флокулянты, их классификация. Механизмы действия флокулянтов. Теория флокуляции Хили - Ла Мера. Выбор вида и дозы флокулянта. Флотационная очистка сточных вод. Теоретические основы процесса флотации. Роль смачивания и несмачивания частиц. Флотация мелких гидрофильных частиц (шламов).		0,25		10
Тема 6. Основы адсорбционного и ионообменного методов очистки воды Адсорбционные методы очистки сточных вод. Адсорбенты, их удельная поверхность. Изотермы адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха. Определение констант адсорбции. Удаление из воды СПАВ, красителей и других органических загрязняющих компонентов. Правило Траубе и его обращение. Ионообменный метод очистки воды. Классификация ионообменных материалов. Уравнение Никольского. Основные характеристики ионитов. Лабораторные занятия 3.Определение статической обменной емкости катионита в H^+ форме.		0,5	2	10
Тема 7. Основы электродиализа, ультрафильтрации и обратного осмоса Основы процесса электродиализа. Роль мембран в процессе электродиализа. Кажущийся выход по току. Ультрафильтрация и обратный осмос. Основные параметры работы аппаратов. Осмотическое давление. Удельная производительность, селективность мембран и механизмы её действия. Концентрационная поляризация.		0,5		10
Раздел 3. Теоретические основы химической очистки и обезвреживания выбросов в атмосферу				
Тема 8. Основы абсорбционного метода очистки газов Классификация методов очистки обезвреживания выбросов в атмосферу. Статика абсорбции. Кинетические закономерности физической абсорбции и хемосорбции. Модели абсорбции. Использование моделей для расчета абсорберов		1		15
Тема 9. Основы адсорбционного метода очистки газов Общие представления об адсорбции. Изотермы адсорбции и их значение. Кинетические закономерности адсорбции. Виды переноса вещества при адсорбции. Динамика адсорбции. Основные уравнения динамики адсорбции, их значение и применение для расчета адсорберов. Лабораторные занятия.4. Определение удельной поверхности адсорбента по йодному числу.		1	2	16

Тема 10. Основы термических методов обезвреживания газов Общие представления о катализаторах. Механизмы катализа. Кинетика каталитического превращения типичных загрязняющих веществ. Стадии катализа. Предельные режимы катализа. Критериальный выбор типа каталитического реактора. Высокотемпературное (не каталитическое) окисление загрязняющих веществ. Основные направления совершенствования методов очистки и обезвреживания выбросов.		1		10
Раздел 4. Теоретические основы разделения промышленных аэрозолей				
Тема 11. Промышленные аэрозоли и отходы Классификация промышленных аэрозолей и её значение на практике. Свойства промышленных аэрозолей. Дисперсный состав аэрозолей: табличный и графический способы выражения дисперсного состава. Негативное воздействие аэрозолей на окружающую среду. Лабораторные занятия 5. Определение дисперсного состава пыли. Лабораторные занятия 6. Определение характеристик твердых отходов (ВМР).		1	4	13
Тема 12. Сопротивление газообразной среды движению частиц. Сопротивление среды в стоксовской и надстоксовской областях, коэффициенты пересчета.		1,5		20
Тема 13. Разделение аэрозолей. Оседание частиц под действием силы тяжести. Разделение аэрозолей под действием сил инерции в прямолинейных и криволинейных потоках. Разделение аэрозолей при фильтрации. Разделение аэрозолей в электрическом поле. Суммарная эффективность разделения аэрозолей.		0,75		10
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		12	12	183
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		6,5
Всего контактная работа и СР по дисциплине		26,5		189,5

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-1	Имеет представление о теоретических основах по очистке и обезвреживанию выбросов и сбросов, утилизации отходов. Демонстрирует знание основных технологических параметров по очистке и обезвреживанию выбросов и сбросов, а также утилизации отходов.

ПК-4	Демонстрирует применение методик экспериментальных исследований по очистке, обезвреживанию выбросов и сбросов; Может составлять и обосновывать технологические решения или схемы по очистке и обезвреживанию выбросов и сбросов
------	--

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся дает полный, исчерпывающий ответ, показывающий всестороннее и глубокое знание основных закономерностей в области изучаемой тематики. Творческий подход и применение эрудиции в изложении учебного материала	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных зависимостей для ее решения, знание размерностей физических величин. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний закономерностей в области изучаемой тематики, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные ошибки при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных зависимостей для ее решения, знание размерностей физических величин. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме, без углубления в изучаемый материал; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере реализовать ее решение. Знает размерности физических величин
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не понимает поставленных вопросов; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать закономерности и плохо ориентируется в физических величинах. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 4	
1	Классификация примесей методы очистки сточных вод
2	Общая характеристика механических методов очистки сточных вод
3	Отстаивание взвеси в неподвижной жидкости
4	Осаждение взвеси в потоке жидкости. Расчет горизонтального отстойника
5	Пути увеличения эффективности работы отстойника
6	Фильтрация суспензии. Общая характеристика метода
7	Фильтрация суспензий с образованием осадка на фильтрующей перегородке
8	Фильтрация суспензий с закупориванием пор фильтрующей перегородки
9	Виды фильтрующих загрузок. Основные параметры работы фильтров для очистки воды.
10	Очистка воды под действием центробежных сил.
11	Строение двойного электрического слоя (ДЭС). Влияние ионов на ДЭС
12	Теория ДЛФО
13	Применяемые коагулянты и механизмы их действия
14	Возникновение заряда на частице, строение ДЭС
15	Концентрационный и нейтрализационный механизмы коагуляции примесей

16	Специфика коагуляционной очистки воды солями алюминия.
17	Гетерокоагуляция. Обращение правила Шульца – Гарди
18	Теоретические основы флокуляционной очистки воды.
19	Применяемые флокулянты, механизмы их действия.
20	Теоретические основы флотационной очистки воды.
21	Теоретические основы адсорбционной очистки воды.
22	Очистка воды от электролита с помощью ионного обмена
23	Получение деионизированной и деминерализированной воды.
24	Роль мембран в процессе диализа
25	Механизмы очистки воды при обратном осмосе
26	Классификация аэрозолей
27	Табличные и графические способы выражения дисперсного состава пыли
28	Построение дисперсного состава аэрозолей в логарифмической сетке. Понятие медианного размера частиц и стандартного отклонения.
29	Сопротивление газообразной среды движению частиц
30	Разделение аэрозолей под действием сил тяжести
31	Разделение аэрозолей под действием сил инерции из прямолинейных потоков
32	Разделение аэрозолей при фильтрации
33	Разделение аэрозолей под действием сил инерции из криволинейных потоков
34	Разделение аэрозолей в электрическом поле
35	Абсорбционные методы очистки газовых выбросов. Типы абсорберов. Физическая абсорбция и хемосорбция. Эффективность
36	Статика абсорбции. Физическая абсорбция и хемосорбция. Задача определения концентрации CO ₂ над его водным раствором (Задача №1). Значение равновесной концентрации для процесса абсорбции
37	Статика абсорбции. Задача определения предельного количества CO ₂ , которое может поглотить вода (Задача №3)
38	Статика абсорбции. Задача определения количества CO ₂ , которое может поглотить данный объем воды, с заданной концентрацией CO ₂ (Задача №2)
39	Кинетика абсорбции. Скорость массопереноса
40	Абсорбция. Определение параметров уравнения массоотдачи для разных скрубберов. Задача о пригодности данного скруббера для очистки газов данного источника.
41	Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений при абсорбции, его применение при сорбционных расчетах процессов очистки газов
42	Адсорбция. Промышленный адсорбер. Структура адсорбента
43	Статика адсорбции. Изотерма адсорбции
44	Кинетика адсорбции. Лимитирующая стадия
45	Адсорбция. Модель фронтальной отработки слоя адсорбента
46	3 модели массопереноса при адсорбции, их значение и применение для газовых выбросов
47	Каталитическое обезвреживание газовых выбросов. Активность катализаторов
48	Каталитическое обезвреживание газовых выбросов. Реакторы с неподвижным и кипящим слоем
49	Кинетика катализа. Массоперенос. Лимитирующая стадия
50	Схема каталитической очистки нитрозных газов
51	Суммарная эффективность улавливания частиц под воздействием нескольких механизмов осаждения

5.3.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрено

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Практико-ориентированные задания находятся в приложении к данной РПД

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

Обучающийся должен выполнить контрольную работу, все лабораторные работы, сдать отчеты по лабораторным работам и защитить их.

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В билете три вопроса: два вопроса теоретических и один – типовое практическое задание.

На подготовку дается не более 45 минут.

После этого студент отвечает преподавателю на вопросы билета.

Преподаватель, для уточнения глубины овладения материалом, вправе задать дополнительный вопрос по пройденному за семестр курсу

В течение семестра выполняются контрольные работы

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Ю.Л. Морева, Ю.М. Чернобережский, А.В. Лоренцсон	Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов Ч.1: учеб.пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/2019_01_14_01.pdf
Л.М. Исянов, Е.А. Васильева	Теоретические основы очистки и обезвреживания промышленных выбросов и сбросов [Текст] Ч. 3 : учеб. пособие	М-во науки и высшего образования, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/1570807708.pdf
Л.Н.Григорьев, О.А. Шанова	Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов Ч. 2: учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/2019_04_15_01.pdf
В.А. Яковлев	Основы очистки и обезвреживания выбросов: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/2019_01_22_01.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон	Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов [Текст]: методические указания для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/2018_02_15_02.pdf
Бёккер, Ю.	Хроматография. Инструментальная аналитика. Методы и хроматографии капиллярного электрофореза	Москва: Техносфера	2009	http://www.iprbookshop.ru/12749.html
Братчикова, И. Г.	Физико-химические основы инженерной экологии	Москва: Российский университет дружбы народов	2011	http://www.iprbookshop.ru/11405.html
Ветошкин А. Г.	Основы инженерной защиты окружающей среды	Москва: Инфра-Инженерия	2016	http://www.iprbookshop.ru/51730.html
Ветошкин А. Г.	Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов	Москва: Инфра-Инженерия	2016	http://www.iprbookshop.ru/51723.html

Мишуков, Б. Г., Соловьева, Е. А.	Глубокая очистка городских сточных вод	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2014	http://www.iprbookshop.ru/30006.html
Белевцев, А. Н., Белевцев, М. А., Мирошкина, Л. А.	Теоретические основы защиты окружающей среды. Охрана водного бассейна в металлургии	Москва: Издательский Дом МИСиС	2007	http://www.iprbookshop.ru/56112.html
Быков, А. П.	Инженерная экология. Часть 4. Основы экологии производства	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2014	http://www.iprbookshop.ru/44928.html
Ярышев, Н. Г., Медведев, Ю. Н., Токарев, М. И., Бурихина, А. В., Камкин, Н. Н.	Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе	Москва: Прометей	2015	http://www.iprbookshop.ru/58227.html
Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон, Ю.М. Чернобережский	Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов. Выполнение лабораторных работ: методические указания для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Ч. 1	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/1637761903.pdf

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Химия» [Электронный ресурс]. URL: http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.74.7

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scopus.com>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows 8

Microsoft Office Professional 2013

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Б-009	Спектрофотометр, рН-метр, ротационный аппарат, сушильный шкаф, электроплитка, вытяжной шкаф, муфельная печь, дистиллятор
Б-007	Лабораторный стенд - испытание барботажного абсорбера, лабораторный стенд - испытание насадочного абсорбера, лабораторный стенд - испытание пылеулавливающей установки, лабораторный стенд - контроль нормативов ПДВ
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска

A-100	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.
-------	---

Приложение

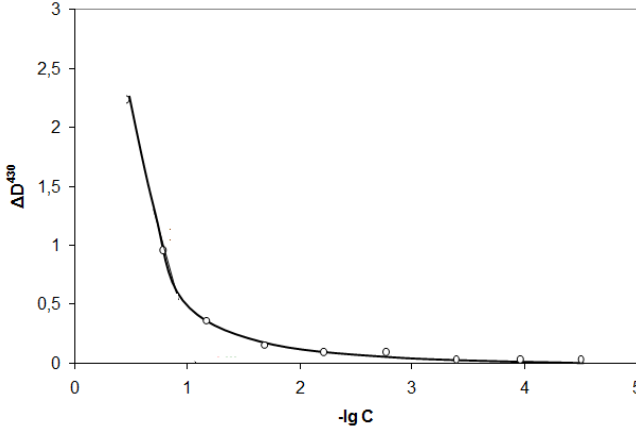
рабочей программы дисциплины __ Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов _____

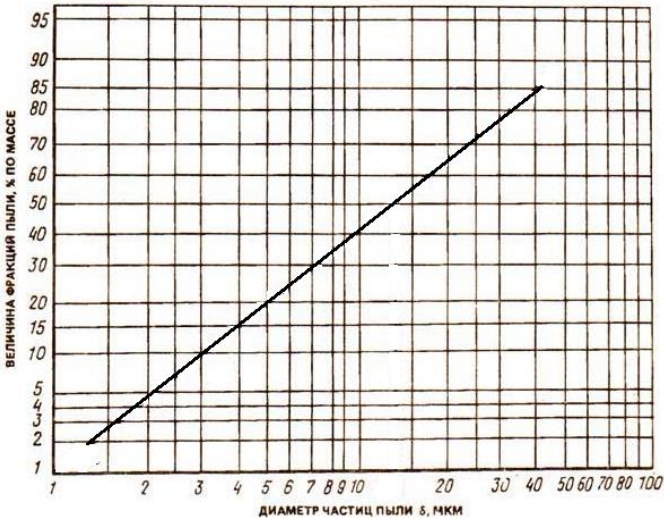
наименование дисциплины

по направлению подготовки _ 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии _____

наименование ОП (профиля): _ Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов _____

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)								
Семестр 4									
1	Определить порог коагуляции по графику  Зависимость $\Delta D^{430} = f(-\lg C_{эл})$ Ответ $C_k = 0,08 \text{ г-экв/л}$								
2	Рассчитайте, как изменится общее солесодержание воды при ее умягчении на Na-катионитовом фильтре если: <table border="1" data-bbox="338 1550 697 1807"> <tr> <td>$[Ca^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л</td><td>100</td></tr> <tr> <td>$[Mg^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л</td><td>100</td></tr> <tr> <td>$[Na^+]_{\text{нач}}$, мг/л</td><td>400</td></tr> <tr> <td>$J_{\text{конеч}}$, мг-экв/л</td><td>0,1</td></tr> </table> Ответ $\Delta P = -107,1 \text{ мг/л}$	$[Ca^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л	100	$[Mg^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л	100	$[Na^+]_{\text{нач}}$, мг/л	400	$J_{\text{конеч}}$, мг-экв/л	0,1
$[Ca^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л	100								
$[Mg^{2+}]_{\text{нач}}$, мг/л	100								
$[Na^+]_{\text{нач}}$, мг/л	400								
$J_{\text{конеч}}$, мг-экв/л	0,1								

3	Предложить схему очистки воды, содержащей <table border="1" data-bbox="338 248 686 472"> <tr><td>Взвеш. вещества</td><td>+</td></tr> <tr><td>ХПК</td><td>+</td></tr> <tr><td>БПК либо Растворенные в-ва</td><td></td></tr> <tr><td>Жесткость</td><td>+</td></tr> <tr><td>Тяж. металлы</td><td>+</td></tr> <tr><td>Отклонения pH</td><td></td></tr> </table> Ответ 1 песколовка→ 2 Коагуляция→ 3 отстаивание→ 4 фильтрование→ 5. ионный обмен	Взвеш. вещества	+	ХПК	+	БПК либо Растворенные в-ва		Жесткость	+	Тяж. металлы	+	Отклонения pH	
Взвеш. вещества	+												
ХПК	+												
БПК либо Растворенные в-ва													
Жесткость	+												
Тяж. металлы	+												
Отклонения pH													
4	По данным дисперсного состава аэрозоля на графике построить зависимость $R = f(d_{\text{ч}})$ по данным таблицы <table border="1" data-bbox="338 981 616 1171"> <tr><td>Вариант</td><td>1</td></tr> <tr><td>d_m, мкм</td><td>13</td></tr> <tr><td>σ</td><td>2,55</td></tr> </table> Ответ  Дисперсный состав пыли - вероятностно-логарифмическая координатная сетка	Вариант	1	d_m , мкм	13	σ	2,55						
Вариант	1												
d_m , мкм	13												
σ	2,55												
5	Найти $m_{\text{сх}}$, если концентрация CO в газовой фазе 0,04 % ($t = 23^\circ\text{C}$, $P = 105 \text{ Па}$), в жидкой фазе 1200 мг/м³. Ответ $m = 20740 \text{ моль/м}^3$												
6	Предложить схему очистки выбросов, содержащих												

	Летучая зола	+
	NOx	+
	SOx	+
	H2S	
	ММ, ДМС	
	Ацетон	
	Ответ 1.Батарейный циклон→ 2. адсорбер	