

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине (модулю)
«Водоотведение и очистка сточных вод»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с профилем
"Водоснабжение и водоотведение"

Форма(ы) обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-02-23

Тула 2023 год

Разработчик(и) методических указаний

Бурдова М.Г., доцент, к.т.н., доцент
(*ФИО, должность, ученая степень, ученое звание*)



(подпись)

Лабораторные работы проводятся:

"Определение эффективности работы напорного гидроциклона", "Влияние размеров питающего и сливного патрубков гидроциклона на эффективность очистки сточных вод" – на установке «Напорный гидроциклон» (ауд. 8/201).

"Флотационная очистка сточных вод от ПАВ" - на установке «Флотационная машина» (ауд. 8/201).

"Определение количества осадка первичных отстойников КОС г. Тулы в процентном отношении от расхода сточных вод" – на базе лабораторий КОС "Тулагорводоканал".

Все остальные лабораторные – химическая лаборатория "Очистка воды" (ауд. 8/210).

При измерении расходов допускается использование ультразвукового расходомера "АКРОН-01

Форма отчетного журнала

1. Наименование дисциплины
2. Наименование лабораторной работы
3. Содержание отчета берется из указаний к конкретной лабораторной работе
4. Фамилия, инициалы студента, № группы (место для подписи).
5. Фамилия, инициалы лаборанта проводящего работу (место для подписи), (дата).
6. Фамилия, инициалы преподавателя принявшего работу (место для подписи), (дата).

7 семестр

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие требования по подготовке к лабораторным работам
2. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ
3. Лабораторная работа № 1. Определение гидравлической крупности взвешенных веществ в сточных водах
4. Лабораторная работа № 2. Влияние коагулянтов и флокулянтов на скорость осаждения взвешенных частиц производственных сточных вод
5. Лабораторная работа № 3. Определение основных характеристик осадка сточных вод
6. Лабораторная работа № 4. Определение количества осадка первичных отстойников КОС г. Тулы в процентном отношении от расхода сточных вод

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по разделу "Очистка сточных вод" имеют целью приобретение навыков постановки и проведения научной работы и глубоких знаний работы анализационных очистных сооружений.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Перед лабораторными занятиями студент обязан ознакомиться с настоящими методическими указаниями, соответствующими разделами лекций и учебников и усвоить изложенный в них материал.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по разделу "Очистка сточных вод" включены в общие правила техники безопасности при работе в лаборатории "Очистки воды". С ними студент знакомится в начале каждого семестра.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

При проведении лабораторной работы студенты приобретают навыки расчета отдельных сооружений, установления заданного режима эксплуатации. Знания, полученные в лаборатории, студенты в дальнейшем углубят в период прохождения производственной практики на действующих станциях очистки сточных вод.

1. Теоретические положения

Отстойники служат для задержания из сточных вод нерастворенных грубодисперсных примесей, представляющих собой массу частиц различных по величине, форме и массе, для хозяйственно-фекальных сточных вод преимущественно органического происхождения.

При отстаивании бытовых сточных вод осаждаются хлопьевидные частицы, изменяющие в процессе осаждения вследствие слипания свою форму, массу и размеры, а вследствие этого изменяется и скорость их выпадения. В большинстве производственных сточных вод находятся взвешенные вещества минерального происхождения, имеющие зернистую форму разного размера. Закон осаждения массы таких частиц сильно отличается от закона осаждения одиночных однородных шарообразных частиц.

Все современные отстойники, применяемые для осветления воды, являются проточными, т.е. осаждение взвеси в них происходит при непрерывном движении воды от входа к выходу. Для осаждения взвеси скорость воды в отстойниках должна быть весьма мала: она измеряется десятыми долями мм/с в вертикальных отстойниках и несколькими мм/с в горизонтальных и радиальных.

В основу технологического расчета отстойников положена гидравлическая крупность тех взвешенных частиц, для задержания которых предназначается отстойник. Скорость осаждения частицы называется гидравлической крупностью, u_0 , мм/с.

Величину u_0 определяют теоретически или экспериментально. При отстаивании сточной жидкости с частицами диаметром менее 1 мм и при условии ламинарного режима движения гидравлическая крупность u_0 может быть определена по формуле Стокса

$$u_0 = \frac{gd^2}{18\mu} (\gamma_1 - \gamma),$$

где

u_0 – гидравлическая крупность частицы, см/с;

d – диаметр частицы, мм;

γ_1 – плотность частицы, г/см³;

γ – плотность жидкости, г/см³;

μ – вязкость жидкости, м³/с;

g – ускорение силы тяжести, см/с.

Для более крупных частиц и промежуточного или турбулентного режима гидравлическую крупность определяют по формуле Реттингера

$$u_0 = K \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma}} dg, \quad (2)$$

где

K - коэффициент, зависящий от формы и шероховатости частицы.

Гидравлическую крупность по СНИП 2.04.03-85 определяют по формуле(3)

$$u_0 = \frac{1000 K_{set} H_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}},$$

где

t_{set} – продолжительность отстаивания в цилиндре со слоем воды h_1 , соответствующая заданному эффекту осветления, с; принимается по табл. 31 СНИП для основных видов взвесей;

n_2 – коэффициент, зависящий от свойств взвеси; для основных видов взвеси допускается принимать по табл. 30 СНИП;

h_1 – высота слоя отстаивания в лабораторных условиях, $h_1 = 500$ мм;

H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м;

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника.

Ни одна из имеющихся формул не учитывает действительных условий отстаивания осадения в стесненных условиях, агломерацию, изменение формы и плотности частицы в процессе ее осадения. Осаждение взвеси в потоке, движущемся с весьма малой скоростью, почти полностью лишенном транспортирующей способности, подчиняется с известным приближением закону осадения в неподвижном объеме жидкости. Это дает основание использовать для определения основных расчетных параметров отстойников (скорости осадения взвеси и продолжительности пребывания воды в отстойниках) результаты опытов, проведенных в лабораторных условиях по осадению взвеси в неподвижном объеме воды. Задача технологического моделирования процесса осадения состоит в определении в лабораторных условиях расчетных параметров отстойников, обеспечивающих заданный эффект осадения.

Методика моделирования основана на подобии кривых выпадения взвеси, получаемых при различных высотах столба исследуемой воды. Это подобие является при осадении устойчивой зернистой взвеси и приближенным – при осадении неустойчивой, коагулирующей взвеси. Благодаря подобию кривых выпадения оказывается возможным моделировать процесс осадения в лабораторных цилиндрах с небольшой высотой столба воды. При этом время, в течение которого достигается определенный эффект осадения, значительно меньше, чем при осадении в натуральных отстойниках:

$$T = t_{set} \left(\frac{H}{h_1} \right)^{n_2}, \quad (4)$$

где

T – продолжительность отстаивания при высоте отстаиваемого слоя H ;

t_{set} – продолжительность отстаивания при высоте слоя h_1 ;

n_2 – показатель степени, отражающий влияние агломерации.

Для хорошо сформированных скоагулированных хлопьев в сточных водах $n_2 = 0,5$; для сточных вод газоочисток $n_2 = 0,45$; для городских сточных вод при концентрации взвешенных веществ до 400 мг/л $n_2 = 0,25$. С увеличением начальной концентрации n_2 возрастает, при 600 мг/л $n_2 = 0,3$; для шахтных вод $n_2 = 0,35$; для шерстистой $n_2 = 0,19 \dots 0,44$ в зависимости от количества жира и СПАВ в сточной воде.

Это позволяет экономить время при проведении исследований и сравнительно быстро получить необходимые данные для расчета отстойников лабораторным путем. В случае осаждения устойчивой зернистой взвеси гидравлическую крупность определяют по формуле

$$U_0 = \frac{h_1}{t_{set}}, \quad (5)$$

где

h_1 – высота столба жидкости в цилиндре;

t_{set} – продолжительность отстаивания при высоте h_1 .

Проф. А.И.Жуков указал на влияние взвешивающей скорости потока при отстаивании (вертикальной составляющей скорости турбулентного потока). Действительная скорость осаждения частиц взвеси в отстойнике меньше величины U_0 , определенной в лабораторных условиях, и равна

$$U = U_0 - W, \quad (6)$$

Величина W зависит от скорости и глубины потока. При глубине отстойников до 2 м W можно принять по графику 2 приложения. При большой глубине и расчетной скорости до 20 мм/с

$$W = KV^n, \quad (7)$$

где K – const;

$n = f(V)$.

При $V = 5 \dots 10$ мм/с $W = 0,05$ мм/с;
 $V = 10 \dots 15$ мм/с $W = 0,1$ мм/с;
 $V = 15 \dots 20$ мм/с $W = 0,5$ мм/с.

Продолжительность отстаивания в отстойнике сточной жидкости определяется по формуле

$$T = \frac{H_{set}}{U_0 - W}, \quad (8)$$

где

T – продолжительность отстаивания при высоте H_{set} ;

H_{set} – принятая рабочая глубина проточной части отстойника;

U_0 – наименьшая скорость осаждения в спокойно стоящей воде тех фракций взвешенных веществ, которые должны быть задержаны в отстойнике;

W – взвешивающая скорость.

Кинетику процесса осаждения грубодисперсных частиц для различных сточных вод, установленную экспериментальным путем в лабораторных условиях, выражают в виде кривой, откладывая по оси ординат эффект отстаивания, а по оси абсцисс – или продолжительность отстаивания, или гидравлическую крупность. Необходимый рабочий эффект осветления \mathcal{E} определяется по формуле (9)

$$\mathcal{E} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}},$$

где

C_{en} – начальная концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости, мг/л;

C_{ex} – допустимая конечная концентрация взвешенных веществ в отстойной воде, принимаемая в соответствии с санитарными нормами или обусловленная технологическими требованиями, мг/л.

Соответствующая вычисленному эффекту продолжительность отстаивания или наименьшая гидравлическая крупность, определенная из графиков, служит исходными величинами для определения основных размеров первичных отстойников.

2. Цель работы

- 2.1. Построение кривых осаждения нерастворимых примесей для различных сточных вод.
- 2.2. Определение необходимого расчетного эффекта осветления отстойника.
- 2.3. Определение рабочих параметров отстойников.

3. Описание экспериментальной установки

Установка для проведения опытов по отстаиванию сточных вод в покое состоит из одинаковых цилиндров диаметром 80 мм.

Рабочий объем каждого цилиндра равен 1000 см^3 с высотой слоя жидкости 500 мм.

Госкомитетом по науке и технике и техническим советом стран – членов СЭВ – принято, что для сравнения результатов исследований, выполненных разными авторами, эксперименты по отстаиванию взвешенных веществ в покое должны проводиться при высоте слоя жидкости 500 мм, принимаемый за эталон. Отбор отстоянной воды из цилиндров производится сифоном в колбу.

Начальная концентрация взвешенных веществ C_{en} в сточной воде и содержание взвешенных веществ в отобранных из цилиндров пробах определяются или путем фильтрования проб через мембранный фильтр на приборе Зейтца под вакуумом, создаваемым вакуумным насосом, или на лабораторном адсорбциметре ФОК-2.

4. Методика проведения опыта

Сточной жидкостью заполняется бак емкостью 10 л, тщательно перемешивается, и наливаются цилиндры.

По истечении 5, 10, 15, 30, 45, 60 мин. соответственно из 1, 2, 3, 4, 5, 6 цилиндров сифоном очень осторожно отбирают пробу с высоты 200 мм.

Чтобы не происходило подсосывания воды из более глубоких слоев, конец сифона погружают сначала на 1 см ниже уровня жидкости в цилиндре, а затем по мере снижения этого уровня опускают все ниже, пока он не достигнет нужной глубины.

Колбы с пробами поступающей и отстоянной сточной жидкости тщательно встряхивают. Из них отбирают 50 мл и фильтруют через мембранный фильтр.

Фильтры нумеруют и координаты его заносят в журнал наблюдений.

Фильтры с осадком просушивают сначала на воздухе, а затем определяют концентрацию загрязнений на лабораторном адсорбциметре ФОК-2.

Содержание грубодисперсных примесей вычисляют по формуле

$$C_{en} = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (10)$$

где

m_2 – масса мембранного фильтра с осадком, кг;

m_1 – масса мембранного фильтра без осадка, кг;

V – объем профильтрованной анализируемой воды, мл, $V = 50$ мл.

Эффект осветления сточной жидкости в цилиндре рассчитывается по формуле (9).

Гидравлическая крупность рассчитывается по формуле

$$U_0 = \frac{h_1}{t_{сет}}, \quad (11)$$

Строятся графики зависимостей $\mathcal{E} = f(U_0)$ и $\mathcal{E} = f(t_{set})$.

Из графиков $\mathcal{E} = f(U_0)$ и $\mathcal{E} = f(t_{set})$ для рабочего эффекта осветления определяются потребное время отстаивания t и гидравлическая крупность U_0 .

Производительность горизонтального отстойника, $m^3/ч$

$$q_{set} = 3,6 K_{set} L_{set} B_{set} (U_0 - V_{tb}) \quad (12)$$

Производительность радиального и вертикального отстойников, $m^3/ч$

$$q_{set} = 2,8 K_{set} (D_{set}^2 - d_{en}^2) (U_0 - V_{tb}), \quad (13)$$

где

K_{set} – коэффициент использования объема, принимаемый по табл. 31 СНИП;

L_{set} – длина секции, отделения, м;

B_{set} – ширина секции, отделения, м;

D_{set} – диаметр отстойника, м;

d_{en} – диаметр впускного устройства, м;

U_0 – гидравлическая крупность, мм/с;

V_{tb} – турбулентная составляющая, мм/с (табл. 32 СНИП).

Количество отстойников

$$n = \frac{q_w}{q_{set}}, \quad (14)$$

где q_w – расход сточных вод, $m^3/ч$.

5. Порядок работы на фотоэлектрическом определителе концентрации

5.1. Подготовка к работе.

Установить стрелку измерительного микроамперметра в нулевое положение, вывести все декады на нуль.

Ручку "Уст. 0" установить в среднее положение.

Включить прибор в сеть переменного тока напряжением 220 В при помощи шнура со штепсельной вилкой.

Включить прибор, для чего выключатель "Сеть" на передней панели перевести в верхнее положение. При этом должна загореться сигнальная лампа.

Через 1 ч после включения прибора можно приступить к замерам.

5.2. Порядок работы.

Ручкой "Уст. 0" установить стрелку микроамперметра на нуль. Затем, нажав рычаг прижимного устройства, необходимо вложить исследуемый фильтр до упора.

Опустить рычаг. При этом стрелка прибора отклониться на какую-то величину.

Магазином выставить стрелку микроамперметра на нуль. Величина сопротивления будет соответствовать определенной концентрации взвеси в исследуемой воде.

По тарировочным кривым определить величину концентрации.

Для обеспечения точности замеров необходимо периодически, не реже чем через 30 мин работы, проверять и устанавливать нуль микроамперметра.

6. Содержание отчета

Отчет должен быть надлежащим образом оформлен и включать следующее:

- 1) таблицу наблюдений и вычислений;
- 2) определение рабочего эффекта осветления сточной жидкости в отстойнике;
- 3) графики зависимости: $\mathcal{E} = f(U_0)$ и $\mathcal{E} = f(t_{set})$;
- 4) определение рабочих параметров отстойников для различных расходов;
- 5) краткие выводы по результатам работы.

Лабораторная работа № 2

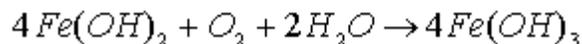
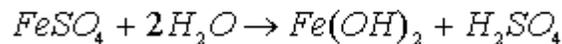
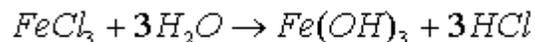
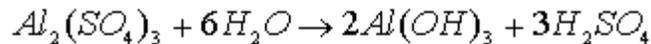
ВЛИЯНИЕ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

1. Теоретические положения

Для выделения из сточных вод легких органических взвесей или высокодисперсных минеральных примесей применяют обычно различные типы отстойников и осветлителей. Удалить взвешенные загрязнения методом отстаивания при размере частиц ниже определенного предела практически невозможно из-за увеличения необходимого времени пребывания сточных вод в очистных сооружениях [2, 3]. Так, для осаждения частиц диаметром 16 мкм при глубине отстойника 2 м потребуется 1,5 ч, а частиц диаметром до 6 мкм продолжительность отстаивания составит несколько суток.

Для интенсификации осаждения высокодисперсных взвесей и удаления из сточных вод коллоидных загрязнений применяют различные коагулянты: сульфат алюминия и двухвалентного железа, а также сульфат или хлорид трехвалентного железа.

При введении в сточную воду в качестве коагулянтов солей алюминия и железа в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок:



- *неионогенные* – полимеры, содержащие неионогенные группы: OH , $-CO$ (крахмал, оксиэтилцеллюлоза, поливиниловый спирт и др.);
- *анионные* – полимеры, содержащие анионные группы: $-COOH$, $-SO_3H$, $-OSO_3H$ (активная кремниевая кислота, КМЦ и др.);
- *катионные* – полимеры, содержащие катионные группы: $-NH_2$, $-NH$ (ВА – 402, ВА – 102, сополимеры винилпиридина, ППС и др.);
- *амфотерные* – полимеры, содержащие одновременно анионные и катионные группы: полиакриламид, белки и др. [2].

Выбор коагулирующих реагентов производится на основании изучения физико-химического состава сточных вод и экспериментальной проверки действия различных реагентов.

2. Цель работы

Изучить методику процессов коагуляции и флокуляции производственных сточных вод, определить оптимальные дозы коагулянта и флокулянта и времени полного отстаивания, сравнить технологические показатели осветления.

3. Описание экспериментальной установки

Установка состоит из 11 мерных цилиндров диаметром 50 мм. Рабочий объем каждого цилиндра равен 1 л, высота слоя жидкости 500 мм. Для отбора проб осветленной воды и ее анализа необходимы: сифон, колба, мембранный фильтр, прибор Зейтца, вакуумный насос, лабораторный определитель концентрации взвешенных веществ ФОК – 2, рН – метр, сушильный шкаф.

4. Методика проведения работы

4.1. Исследуемую производственную сточную воду анализируют по содержанию взвешенных веществ и по концентрации ионов водорода.

4.2. Заполняют цилиндры исследуемой водой до отметки 1000 мл.

4.3. Первый цилиндр с водой оставляют на 45-минутное отстаивание в качестве контрольного.

Осаждение сопровождается непрерывным увеличением размера агрегатов и соответствующим возрастанием скорости осаждения. По мере повышения концентрации осаждающихся хлопьев и облегчения их взаимного контакта наблюдается сжатие всего слоя хлопьев. При этом к хлопьям прилипают или механически захватываются сетчатой массой осаждающегося слоя и высокодисперсные частицы взвеси. Скорость осаждения агрегатов хлопьев значительно выше скорости осаждения отдельных частиц и растет с глубиной осаждения, так как степень агрегации частиц при этом повышается. Лишь после того как в процессе осаждения образуется сплошной сжатый слой, скорость осветления воды (увеличение столба осветленной жидкости над слоем) начинает уменьшаться.

Образующиеся в процессе гидролиза серную и соляную кислоты следует нейтрализовать известью или другими щелочами. В целях уменьшения расхода коагулянтов процесс коагуляции следует осуществлять в диапазоне оптимальных величин рН. Так, значения рН при оптимальных условиях коагуляции: для $Al(OH)_3$ – от 4,5 до 7; для $Fe(OH)_2$ – от 8,5 до 10,5; а для $Fe(OH)_3$ – от 4 до 6 и от 8 до 10.

При использовании коагулянтов скорость осаждения высокодисперсных взвесей достигает 0,35-0,70 мм/с [3].

Интенсификация осаждения взвесей, особенно при концентрации их несколько десятков грамм в литре кубическом, в большинстве случаев достигается введением в воду флокулянтов – водорастворимых полимеров цепеобразного строения с полярными концевыми функциональными группами. Среди таких флокулянтов наиболее распространен в РФ полиакриламид. Флокулянты могут применяться самостоятельно и в

сочетании с минеральными коагулянтами. Дозы флокулянтов принимаются обычно 0,1-10 мг/л, а в среднем 0,5-1 мг/л.

Действие флокулянтов основано на том, что концы цепеобразных полимерных макромолекул сорбируются взвешенными частицами или хлопьями гидратов окислов и связывают их в рыхлые крупные сетчатые трехмерные агрегаты, осаждающиеся со значительно большей скоростью, чем отдельные частицы взвеси. При растворении в сточных водах флокулянты могут находиться как в неионизированном, так и в ионизированном состоянии. Ионизированные флокулянты носят название растворимых полиэлектролитов.

4.4. В последующие 5 цилиндров добавляют один из предложенных преподавателем 5 %-ный рабочий раствор коагулянта: $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ и т.д. Доза коагулянта D_k в каждый цилиндр: 10, 25, 50, 75, 150 мл.

4.5. В последующем 5 цилиндров добавляют один из предложенных преподавателем 0,1%-ный рабочий раствор флокулянта: ПАА, КМЦ, ППС, В – 402 и т.д. Доза флокулянта D_f в каждый цилиндр: 1, 2, 4, 7, 10 мл.

4.6. По окончании введения коагулянта или флокулянта производится перемешивание жидкости стеклянной палочкой в течение одной минуты с частотой 15-20 об/мин.

4.7. По окончании перемешивания отмечают время: начала образования хлопьев, начала оседания хлопьев, конец оседания хлопьев. Регистрируют характер хлопьев.

4.8. Снимают кинетику осаждения частиц, для чего через интервалы времени 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 45 мин измеряют высоту осветленной жидкости.

4.9. После 10–минутного отстаивания из цилиндров с флокулянтами и после 45-минутного отстаивания из цилиндров с коагулянтами и из контрольного сифоном отбирают пробу воды объемом 200 мл из верхнего слоя, не взмучивая осадок, в предварительно заготовленные колбы.

4.10. Одиннадцать колб с пробами поступающей и осветленной воды взбалтывают, отбирают из них по 10 мл и фильтруют через предварительно пронумерованный мембранный фильтр.

4.11. Фильтры с осадком просушивают на воздухе, затем в сушильном шкафу.

4.12. На лабораторном ФОК–2 определяют величину сопротивления каждого фильтра.

4.13. По тарировочной кривой определяют величину концентрации взвешенных веществ.

5. Обработка результатов

5.1. Определить эффект очистки (%) по формуле

6. Правила оформления лабораторной работы

Отчет о лабораторной работе должен быть оформлен чернилами и включать следующее:

- схему опытной установки;
- таблицу наблюдений и вычислений;
- расчетные данные по вычислению эффекта очистки;
- графики зависимостей: $C_{\text{ex}} = f(D)$, $pH = f(D)$, $\mathcal{E} = f(D)$;
- *краткие выводы по результатам работы.*

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Основные положения

Осадки представляют собой дисперсную массу, в которой твердые частицы являются дисперсной фазой, а сточная вода с растворенными в ней электролитами и органическими веществами – дисперсной средой. При очистке сточных вод на канализационной очистной станции образуются осадки в первичных и вторичных отстойниках. Осадок из первичных отстойников представляет собой серую или желтоватую студенистую вязкую массу с кисловатым запахом. Он состоит из нерастворимых примесей в сточной воде, основную часть сухого осадка которого составляют органические вещества. Осадок из первичных отстойников именуют сырым, он содержит большое количество веществ растительного и животного происхождения, легко поддается гниению.

Осадок из вторичных отстойников после аэротенков называется активным илом, после биофильтров – биологической пленкой. Активный ил представляет собой аморфную хлопьевидную массу бурого цвета, богато населенную аэробными бактериями и другими организмами. В свежем виде ил имеет запах земли или почти его не имеет, но с течением времени подвергается процессу загнивания и сопровождается специфическим неприятным запахом.

Согласно п. 6.338 [1] осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод, должен подвергаться обработке, обеспечивающей возможность его утилизации или складирования. Необходимость дальнейшей его обработки требует знание таких характеристик, как объем W , влажность P , плотность ρ , удельный вес γ , концентрация C .

Объем осадка – одна из количественных характеристик, он зависит, главным образом, от водосодержания. Вода в осадке может быть свободной, коллоидно-связанной и гидратно-связанной. Свободная вода не связана с твердыми частицами и может быть удалена из осадка фильтрацией или отжимом. Часть свободной воды удаляется при гравитационном уплотнении осадков, при этом объем осадков значительно уменьшается.

Коллоидно-связанная влага обволакивает твердые частицы гидратной оболочкой, что препятствует их объединению в большие агрегаты за счет отрицательного заряда поверхности частицы. Удаляется из осадка с большим трудом и тем самым затрудняет обработку осадка. Однако некоторое количество коллоидно-связанной воды может быть удалено с помощью больших давлений или при коагуляции осадков химическими реагентами. При коагуляции происходит нейтрализация знака заряда частиц, вследствие чего отдельные твердые частицы освобождаются от гидратной оболочки и, соединяясь вместе, образуют хлопья. Процесс коагуляции твердых частиц с добавкой химических реагентов используется в фильтрации. Однако фильтрация позволяет лишь частично удалять коллоидно-связанную воду. Полное же ее удаление достигается сушкой при высоких температурах. Такой осадок обладает свойством необратимости как коллоида, что означает высушенный до 40-60 % влаги осадок при повторных разжижениях не разбухает и перестает образовывать коллоиды.

Гигроскопическая влага в осадке входит в химический состав частицы и не может быть удалена без изменения ее структуры. На способность осадков отдавать воду влияет

ряд факторов: влажность, степень дисперсности частиц твердой фазы, структура осадка и его химический состав. Обобщающим показателем, характеризующим способность осадков к водоотдаче, является удельное сопротивление фильтрации, т.е. сопротивление, оказываемое потоку фильтрата равномерным слоем осадка, масса которого на единице площади равна единице. Чем выше удельное сопротивление, тем труднее осадок отдает воду. Активный ил имеет значительно большее сопротивление фильтрации, чем сырой осадок. Связано это с тем, что в иле много коллоидных веществ и основную массу составляют мелкие частицы.

Влажность осадка представляет собой процентное выражение влаги в осадке к общей массе влажного осадка:

$$P = \frac{m_{\text{вл}}}{m_{\text{вл.ос}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где

$m_{\text{вл}}$ – масса влаги;

$m_{\text{вл.ос}}$ – масса влажного осадка.

Баланс массы влажного осадка может быть представлен в виде

$$m_{\text{вл.ос}} = m_{\text{сух.в}} + m_{\text{вл}}, \quad (2)$$

где $m_{\text{сух.в}}$ – масса сухого вещества.

Как видно из характеристики объема и влажности осадка, массу сухого вещества в осадке аналитически можно выразить так:

$$m = \frac{\rho W (100 - P)}{100}, \quad (3)$$

где ρ – удельный вес осадка, $\rho = 1,002 \dots 1,02 \text{ т/м}^3$.

Это значит, что для объема W_1 с влажностью P_1 масса составит

$$m = \frac{\rho W_1 (100 - P_1)}{100}, \quad (4)$$

Эта же масса m для объема W_2 с влажностью P_2

$$m = \frac{\rho W_2 (100 - P_2)}{100}, \quad (5)$$

Поскольку левые части уравнений (4) и (5) равны, то

$$W_1(100 - P_1) = W_2(100 - P_2)$$

$$\text{или } \frac{W_1}{W_2} = \frac{100 - P_2}{100 - P_1}, \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что для одного и того же количества сухого вещества осадка объемы осадка обратно пропорциональны влажности осадка. Таким образом, зная объемы осадка W_1 и W_2 и его конечную влажность P_2 , можно определить первоначальную влажность P_1 .

Плотность осадка определяется как масса единицы его объема, *мг/л*:

$$\gamma = \frac{m}{W}, \quad (7)$$

Концентрация – количество твердых частиц или растворенного вещества в единице объема, *мг/л*

$$C = \frac{100 - P}{100} \cdot \gamma, \quad (8)$$

По концентрации вещества, влажности и плотности осадка определяется количество осадка, выделяемого при отстаивании (п. 6.65 [1]):

$$Q = \frac{q_w (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P)\gamma 10^4}, \quad (9)$$

где

q_w – расход сточных вод, *м³/ч*;

C_{en} – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, *мг/л*.

2. Цель работы

Практически освоить методику измерения влажности, плотности осадка и концентрации твердых веществ в осадке.

Установить зависимость между этими величинами.

3. Порядок проведения работы

3.1. Определение массы сухого вещества осадка

Масса сухого вещества определяется по методике [3]. В предварительно высушенный до постоянной массы тигель заливают заданный преподавателем объем осадка. Наполненные тигли взвешивают, закрывают крышками и ставят на водяную баню. Периодически через 2-3 мин. удаляют влагу с крышек. Затем тигли с осадком переносят в сушильный шкаф для удаления влаги термическим путем при температуре 105 °С. По окончании высушивания тигли охлаждают в эксикаторе, взвешивают, определяют W -объем, занятый высушенным осадком.

3.2. Определение влажности осадка

Влажность осадка определяется по формуле:

$$P_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100,$$

где

m_1 – масса тигеля с влажным осадком, г;

m_2 – масса тигеля с высушенным осадком, г;

m – масса тигеля, г.

Из уравнения (6) определяем

$$P_1 = 100 - \frac{W_2}{W_1} (100 - P_2), \quad (11)$$

3.3. Определение плотности осадка

Плотность осадка определяется аналитически:

- влажного осадка

$$\gamma_1 = \frac{m_1 - m}{W_1}, \quad (12)$$

- высушенного осадка

$$\gamma_2 = \frac{m_2 - m}{W_2}, \quad (13)$$

3.4. Определение концентрации вещества

Концентрация вещества определяется аналитически

- влажного осадка

$$C_1 = \frac{100 - P_1}{100} \cdot \gamma_1, \quad (14)$$

- высушенного осадка

$$C_2 = \frac{100 - P_2}{100} \cdot \gamma_2, \quad (15)$$

4. Обработка результатов

Полученные данные заносятся в таблицу.

№ п/п	Наименование осадка	Объем, $см^3$	Масса тигля, $г$	Масса тигля с влаж- ным осадком, $г$	Масса тигля с высушен- ным осадком, $г$	Плот- ность, $г/см^3$	Конц- трация $г/л$
1	2	3	4	5	6	7	8

Характеристика осадков

Дается письменная характеристика внешнему виду осадка и анализируется изменение влажности осадка от объема, плотности осадка от объема, концентрации осадка от влажности и плотности.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКА ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ КОС г. ТУЛЫ В ПРОЦЕНТНОМ ОТНОШЕНИИ ОТ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД

1. Теоретические положения

Эффективность задержания взвеси первичными отстойниками изменяется в зависимости от ряда факторов – времени отстаивания, исходной концентрации взвешенных веществ, температуры сточных вод и конструктивных особенностей сооружения. Эффект очистки сточных вод определяется по формуле, %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100;$$

где

C_{en} – содержание взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на отстойники, мг/л;
 C_{ex} – содержание взвешенных веществ в осветленной сточной воде, мг/л.

В среднем отстойниками задерживается 40-50 % взвешенных веществ или 55-75 % оседающих веществ.

Удаляемый из отстойников осадок имеет полугустую концентрацию, обычно темно-серого цвета и содержание влаги составляет 94-96 %. Поэтому часовое количество образующегося осадка составит, $m^3/ч$:

$$Q_{mud} = \frac{q_w (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P_{mud}) \gamma \cdot 10^4},$$

где

q_w – часовой расход сточных вод, $m^3/ч$;

P_{mud} – влажность осадка, %;

γ_{mud} – плотность осадка, $г/см^3$;

$\gamma_{mud} = 1,05? 1,08 г/см^3$.

Количество осадка первичных отстойников в процентах от расхода сточных вод составит:

$$\frac{C_{en} - C_{ex}}{(100 - P_{mud}) \cdot \gamma \cdot 10^2}$$

2. Цель работы

- 2.1. Определить эффект очистки сточных вод на первичных отстойниках г. Тулы.
- 2.2. Определить количество осадка, задерживаемого первичными отстойниками в процентах от расхода сточных вод.

3. Схема первичных отстойников г. Тулы

- 1 – измерительный поток сточной воды; 2 – общий поток сточной воды;
3 – распределительное устройство; 4 – подающий трубопровод;
5 – радиальные отстойники; 6 – трубопровод осветленной воды;
7 – общий трубопровод.

4. Методика проведения эксперимента

- 4.1. По данным измерительного потока снять показания расхода сточных вод, $q_w, м^3/ч$.
- 4.2. В распределительном устройстве отобрать пробу для определения концентрации взвешенных веществ, $C_{en}, мг/л$.
- 4.3. Из трубы осветленной сточной воды отобрать пробу для определения концентрации взвешенных веществ, $C_{ex}, мг/л$.
- 4.4. Определить концентрации C_{en} и $C_{ex}, мг/л$.
- 4.5. Вычислить эффект очистки, %.

4.6. *Определить количество осадка, задерживаемого первичными отстойниками в процентах от расхода сточных вод.*

4.7. *Опыты повторить 3-4 раза.*

5. Обработка результатов измерений

Отчет должен включать следующее:

5.1. Таблицу измерений и вычислений.

5.2. Схему первичных отстойников КОС г. Тулы.

5.3. Определение эффекта очистки.

5.4. Определение процентного количества осадка первичных отстойников от расхода сточных вод.

5.5. Краткие выводы по результатам работы.

Библиографический список использованной литературы

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.

2. Яковлев С.В. и др. Очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.

3. Когановский А.М. и др. Очистка промышленных сточных вод. – Киев: Техника, 1974. – 257 с.

8 семестр

СОДЕРЖАНИЕ

Определение эффективности работы напорного гидроциклона. 4

Влияние размеров питающего и сливного патрубков гидроциклона на эффективность очистки сточных вод. 7

Определение эффективности работы радиального отстойника газоочистки доменного цеха АК Тулачермет. 9

Определение оптимальной дозы известкового молока при нейтрализации кислых сточных вод. 11

Определение оптимального времени контакта кислых стоков с нейтрализующей загрузкой при фильтровании. 13

Влияние дробной подачи катионо- и анионоактивных флокулянтов на эффективность очистки сточных вод. 15

7) Определение адсорбционной емкости активизированных углей при очистке сточных вод сорбционным методом. 17

Флотационная очистка сточных вод от ПАВ. 21

–Выбор типа растворителя при жидкостной экстракции фенола из воды. 23

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСА

Промышленные предприятия являются основными потребителями свежей воды, которая в процессе технологии производств приобретает измененный физический и химический состав, т.е. становится сточной. Умение очистить производственные стоки требует особых знаний и навыков. Приобретение таких навыков студент может приобрести в процессе проведения лабораторных работ. Поэтому целью курса является освоение студентами практических навыков в области очистки производственных стоков.

Задачами курса являются получение углубленных знаний по взаимодействию теоретических законов, конструктивных параметров и технологическими показателями очистки сточных вод.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАПОРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА

1. Теоретические положения

Гидроциклон представляет собой аппарат, в основу работы которого заложен принцип использования центробежных сил, возникающих в аппарате при прокачке через него жидкости (рис. 1).

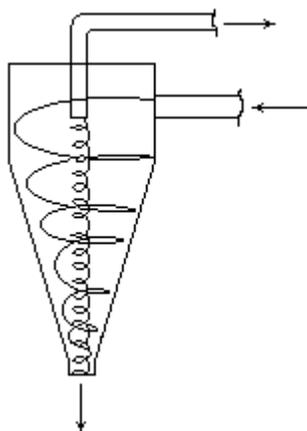


Рис. 1. Принципиальная схема гидроциклона.

Осветляемая вода, войдя в цилиндрическую часть гидроциклона, по касательной постепенно опускается вниз, и в результате составленное движение происходит по винтовым пространственным спиралям. Каждая твердая частица, участвуя в таком движении, описывает несколько тысяч оборотов в минуту вокруг центральной геометрической оси аппарата.

Появляющиеся при этом центробежные силы инерции отклоняют твердые частицы с периферии и притом тем быстрее, чем крупнее частицы. Двигаясь по внешним спиралям, твердые частицы собираются в нижней конической части аппарата, откуда и удаляются через шламовое отверстие.

Осветленная жидкость движется во внутреннем спиральном потоке, направленном снизу вверх к сливному патрубку.

Частица, находящаяся в гидроциклоне, испытывает влияние в основном двух сил: центробежной P , отбрасывающей ее к стене гидроциклона, и силы S , возникающей от действия радиального потока жидкости, увлекающей ее к оси аппарата. Центробежная сила определяется по формуле

$$P = \frac{mV_t^2}{r}, \quad (1)$$

где

m – масса частицы, г;

r – радиус вращения, см;

V_t – тангенциальная скорость, направленная перпендикулярно радиусу вращения в данной точке на горизонтальной плоскости, м/с.

Сила сопротивления среды

$$S = 3\pi\mu d u, \quad (2)$$

где

u – радиальная скорость, направленная вдоль радиуса гидроциклона, м/с;

μ – вязкость среды, $\text{м}^2/\text{с}$;

d – диаметр частиц шлама, см.

Фактически центробежные силы инерции производят в гидроциклоне такое же действие, как и сила тяжести в обычных отстойниках, но лишь с той разницей, что величина ускорения, действующего на твердые частицы и заставляющие их "падать" на стенки гидроциклона, во много раз превышают ускорение силы тяжести. Этим объясняется высокая эффективность работы гидроциклона, имеющего, как правило, относительно малые габариты.

Эффект осветления в гидроциклоне определяется по формуле

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100, \quad (3)$$

где

C_{en} – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку в гидроциклон, мг/л;

C_{ex} – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, мг/л.

Эффект осветления зависит от многих факторов – от конструктивных размеров, свойств очищаемой жидкости и технологических параметров.

Одним из основных факторов, влияющих на эффект очистки сточной жидкости в гидроциклоне, является напор, так как он определяет окружную скорость, действующую в гидроциклоне.

2. Цель работы

2.1. Определить опытным путем влияние напора на входе на эффективность работы гидроциклона.

2.2. Определить влияние напора на производительность гидроциклона.

3. Описание экспериментальной установки

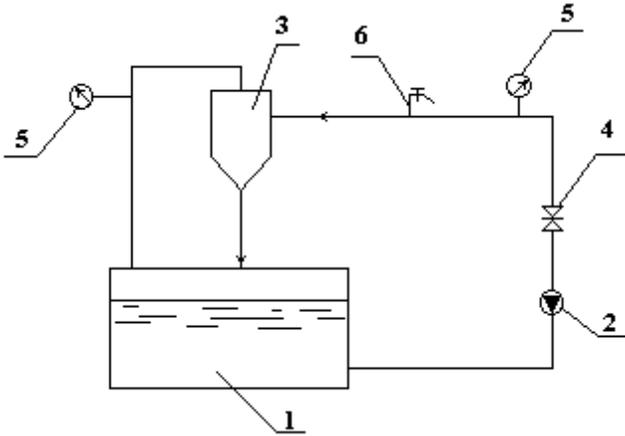


Рис. 2. Схема опытной установки.

Из емкости 1 центробежным насосом 2 осветляемая сточная жидкость подается в гидроциклон 3, в котором непосредственно происходит ее осветление. На трубопроводе между насосом 2 и гидроциклоном 3 установлены задвижки 4, манометр 5 и кран для отбора пробы входящей жидкости 6.

4. Методика проведения опыта

- 4.1. Включить центробежный насос 2 при закрытой задвижке 4.
- 4.2. Открывая задвижку 4, установить на манометре 5 давление 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 атм.
- 4.3. При каждом режиме мерным сосудом измерить расход осветленной воды и пульпы и секундомером определить время его наполнения:

$$q = \frac{W}{t}, \quad (4)$$

где

q – расход осветленной воды или пульпы;

W – объем пульпы или осветленной воды, л;
 t – время наполнения мерного сосуда, с.

Полный расход

$$Q = q_w + q_p, \quad (5)$$

- 4.4. При каждом режиме отбираются пробы поступающей и осветленной воды.
- 4.5. Окончив опыты, закрыть задвижку 4 перед гидроциклоном 3 и выключить насос 2.
- 4.6. В отобранных пробах определить содержание взвешенных веществ с помощью ФОК.
- 4.7. Вычислить эффекты осветления.
- 4.8. По вычисленным данным значения эффекта осветления и напора построить зависимость $\vartheta = f(H)$.
- 4.9. По замеренным значениям Q и H построить зависимость $Q = f(H)$.

5. Обработка результатов измерений

Отчет должен включать следующее:

- 5.1. Таблицу наблюдений и вычислений.
- 5.2. Схему установки.
- 5.3. Определение эффекта осветления в гидроциклоне.
- 5.4. Графики зависимостей $\vartheta = f(H)$, $Q = f(H)$.
- 5.5. Краткие выводы по результатам работы.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ПИТАЮЩЕГО И СЛИВНОГО ПАТРУБКОВ ГИДРОЦИКЛОНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

1. Теоретические положения

Сточная вода в напорный гидроциклон подается тангенциально и под напором, благодаря чему происходит спиральное движение всего потока, ограниченного корпусом гидроциклона. Возникающие в процессе движения центробежные и центростремительные силы приводят к разделению частиц на: тяжелые, отправляющиеся в шламовый патрубок и легкие, движущиеся к сливному патрубку.

Крупность зерен, по которой происходит разделение на шламовые частицы и осветленную воду, называется *граничной*. Между граничной крупностью, производительностью гидроциклона и его геометрическими параметрами установлена взаимосвязь, выражаемая:

$$\delta = 15,33 \frac{K_t}{d_{en}} \cdot \frac{D_{hc}^3}{g_{hc}} \quad (2.1)$$

$$g_{hc} = 9,58 \cdot 10^{-3} d_{en} \cdot d_{ex} \sqrt{g \Delta P} \quad (2.2)$$

где

δ – граничная крупность, мкм;

K_t – коэффициент использования объема, устанавливается экспериментально;

D_{hc} – диаметр гидроциклона, мм;

d_{en} – диаметр питающего патрубка, мм;

d_{ex} – диаметр сливного патрубка, мм;

g_{hc} – производительность напорного гидроциклона, м³/ч;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

ΔP – потери давления в гидроциклоне, МПа.

2. Цель работы

2.1. Определить опытным путем влияние размеров питающего и сливного патрубков на производительность гидроциклона.

2.2. Сравнение расчетной производительности с фактической производительностью.

2.3. Определение эффекта осветления сточной воды гидроциклоном.

1. Схема экспериментальной установки

См. п. 3 занятия № 1.

4. Методика проведения опыта

См. п. 4 занятия № 1.

5. Обработка результатов измерений

Отчет должен включать следующее:

5.1. Таблицу наблюдений и вычислений:

№ опыта	Диаметр питающ. патр., мм	Диаметр сливного патр., мм	Показания манометра, МПа		Расч. произв. л/ч	Фактич. произв. л/ч	Сод.в. в мг/л		Эфф. очистки	Гр. ни. кр. но. м.
			на входе	на выходе			сточ. воде	осветл. воде		

5.2. Схему установки.

5.3. Определение эффекта осветления в гидроциклоне.

5.4. Определение расчетной и фактической производительности.

5.5. Краткие выводы по результатам работы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗООЧИСТКИ ДОМЕННОГО ЦЕХА АК "ТУЛАЧЕРМЕТ"

1. Теоретические положения

В доменном производстве сточные воды поступают от охлаждения оборудования, очистки газов, гидроуборки подбункерных помещений, от различных машин и переработки шлака.

Сточные воды от очистки доменного газа образуются в количестве 6-9 л на m^3 очищаемого газа или 20-30 m^3 на 1 т чугуна. Количество взвешенных веществ в сточной воде 1-2 г/л. Содержание взвешенных веществ крупностью 0,01-0,1 мм составляет 85-90 %, а крупностью 0,01 м – 10-15 %.

Большое количество сточных вод, образующихся при газоочистке доменного производства и наличие в них более 80 % частиц крупностью более 0,01 мм указывает на целесообразность применения радиальных отстойников с организацией оборотного водоснабжения.

2. Цель работы

- 2.1. Определение эффективности очистки сточных вод.
- 2.2. Определение эффективности очистки газа по стадиям и в целом.
- 2.3. Определение гидравлической крупности радиального отстойника.
- 2.4. Определение производительности радиального отстойника $D = 30$ м при его гидравлической нагрузке $1,5 m^2/ч$.

3. Схема очистки доменного цеха

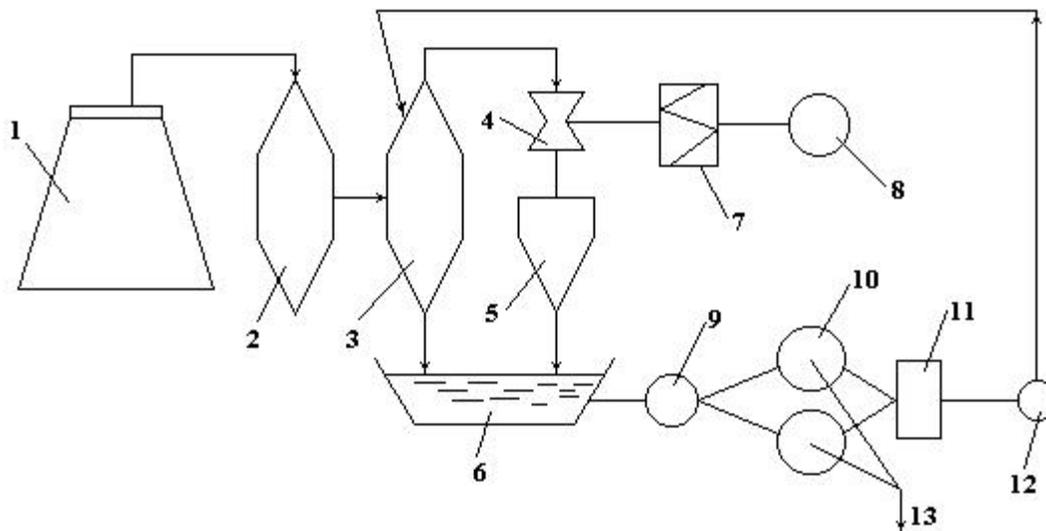


Рис. 3. Схема очистки доменного цеха.

1 – домна; 2 – пылеуловитель; 3 – скруббер; 4 – труба Вентури; 5 – резервуар; 6 – сборник сточных вод; 7 – дроссельная заслонка; 8 – газопровод; 9, 12 – насосы; 10 – радиальный отстойник; 11 – брызгальный бассейн; 13 – трубопровод осадка.

4. Методика проведения опыта

- 4.1. Провести анализ взвешенных веществ в газе перед: пылеуловителем, скруббером, трубой Вентури.
- 4.2. Сделать анализ взвешенных веществ сточных вод, поступающих на радиальные отстойники, и осветленных сточных вод.
- 4.3. Определить расход осветленных сточных вод.

5. Обработка результатов

Отчет должен включать следующее:

- 5.1. Схему очистки доменного цеха.
- 5.2. Таблицу наблюдений и вычислений.
- 5.3. Определение эффекта очистки газа и сточной воды.

5.4. Определение производительности радиального отстойника по удельной нагрузке и по гидравлической крупности.

5.5. Краткие выводы по результатам работы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗЫ ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА ПРИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

1. Теоретические положения

Сточные воды, величина pH которых ниже 6,5 или выше 8,5, перед отводом в канализацию населенного пункта подлежат нейтрализации в целях предупреждения коррозии и солеотложения водоотводящих сетей. Нейтрализацию следует осуществлять смещением кислых и щелочных сточных вод, введением реагентов или фильтрованием их через нейтрализующие материалы.

Дозу реагентов надлежит определять из условия полной нейтрализации содержащихся в сточных водах кислот или щелочей и выделения в осадок соединений тяжелых металлов по уравнению соответствующей реакции.

Расход реагента, кг, вычисляется по формуле:

$$G = \frac{100}{A} (A_1 + A_2) \cdot q_w,$$

где

A – содержание активной CaO в используемой извести, %;

A_1 – количество активной CaO , необходимой для осаждения металлов, $кг/м^3$;

A_2 – количество активной CaO , необходимой для нейтрализации свободной серной кислоты, $кг/м^3$;

q_w – расход сточных вод, $м^3$.

Избыток реагента должен составлять 10 % расчетного количества. В качестве реагентов для нейтрализации кислых сточных вод следует применять гидроксид кальция в виде 5 % по активной окиси кальция известкового молока или отходы щелочей (едкого натра или калия).

Для выделения осадка следует предусматривать отстойники с временем пребывания в них сточных вод в течение 2 ч. Осадок, выделенный в отстойниках, обезвоживается на шламовых площадках, вакуум-фильтрах или фильтр-прессах.

2. Цель работы

2.1. Определение опытным путем оптимального расхода извести для нейтрализации кислых сточных вод.

2.2. Снятие кинетики осаждения взвеси в сточной воде.

2.3. Определение остаточной концентрации взвешенных веществ и железа в нейтрализованной воде.

2.4. Сравнение расчетной дозы извести с опытной.

3. Описание установки

Установка включает в себя 5 цилиндров емкостью 1 л каждый, 5 мерных цилиндров до 100 мл, 5 мерных колбочек на 250 мл, рН-метр, сушильный шкаф и сопутствующие для выполнения анализа взвешенных веществ и железа общего.

4. Методика проведения опыта

4.1. В пять литровых цилиндров заливается сточная вода с заданной концентрацией серной кислоты и сернокислого железа.

4.2. Определяется расчетный расход извести по сухому по формуле:

$$G = \frac{100}{A} (A_1 + A_2) q_w.$$

4.3. Определяется количество 5 % раствора известкового молока – $q_{изв}$.

4.4. В каждый цилиндр со сточной водой добавляется известковое молоко в количестве: $0,8q_{изв}$; $1,0q_{изв}$; $1,1q_{изв}$; $1,2q_{изв}$; $1,5q_{изв}$.

4.5. Производится плавное перемешивание в течение 30-40 секунд.

4.6. Прекратить перемешивание и снять кинетику осаждения осадка во времени: 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30 и 45 минут.

4.7. Измерить рН в каждом цилиндре.

4.8. Отсифонить по 100 мл осветленной жидкости.

4.9. В осветленной жидкости определить концентрацию взвешенных веществ и железо общее.

4.10. Зафиксировать окраску осадка в каждом цилиндре.

5. Обработка результатов

Отчет должен включать в себя:

5.1. Таблицу кинетики осаждения осадка.

5.2. Таблицу наблюдений и измерений pH , концентрации взвешенных веществ, железа общего, расхода реагента, изменения окраски.

5.3. Построить графики зависимостей: $gH = f(q_{изе})$; $C_{e,e} = f(q_{изе})$; $Fe = f(q_{изе})$;
 $V_{oc} = f(q_{изе})$.

5.4. Краткие выводы по результатам работы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТА РАБОТЫ ТОНКОСЛОЙНОГО ОТСТОЙНИКА

1. Теоретические положения

В проточных отстойниках вода в процессе осветления непрерывно движется. В реальных отстойниках в процессе осветления наблюдается турбулентный режим движения. Турбулентность тормозит осаждение взвесей и ухудшает эффективность осветления воды в отстойниках по сравнению с осветлением ее в состоянии покоя.

Если в отстойниках обеспечить ламинарное движение жидкости, то эффективность их будет значительно повышена. Ламинарное движение в отстойниках достигается в результате деления всего рабочего объема на тонкие слои пачкали (полочный отстойник) или набором пакетов трубок небольшого диаметра (трубчатый отстойник). Эти отстойники получили название тонкослойных отстойников.

Наиболее рациональна конструкция отстойника с перекрестной схемой движения осадка и воды, когда выделанный осадок движется перпендикулярно к движению осветляемого потока воды. Осветляемая вода в этом случае в меньшей степени подвержена повторному загрязнению выпавшим осадком.

Угол наклона полок к горизонту следует принимать равным $\alpha = 45-60^\circ$ в зависимости от угла сползания осадка. Высоту полочного пространства H рекомендуется принимать в пределах от 1 до 2 м, а высоту яруса $h_{яп}$ – от 50 до 150 мм.

Скорость движения воды в межполочном пространстве определяется из условия обеспечения ламинарного движения воды;

$$v = \frac{R_e \chi v}{\omega_{яп}},$$

где

$$R_e = \frac{v R_{яп}}{\nu} \quad \nu - \text{число Рейнольдса, равное 500};$$

χ - смоченный периметр яруса;

ν - кинематический коэффициент вязкости;

$$\omega_{яп} = \frac{B \cdot h_{яп}}{\cos \alpha} \quad - \text{площадь живого сечения яруса};$$

$$R_{яп} = \frac{\omega_{яп}}{\chi} \quad - \text{гидравлический радиус яруса.}$$

Продолжительность осветления t и длина полочного пространства l определяются по формулам:

$$t = \frac{h_{sp}}{u_o \cos \alpha};$$

$$l = K_3 t \cdot v;$$

где

u_o – гидравлическая крупность взвесей, осаждение которых обеспечивает требуемый эффект осветления воды;

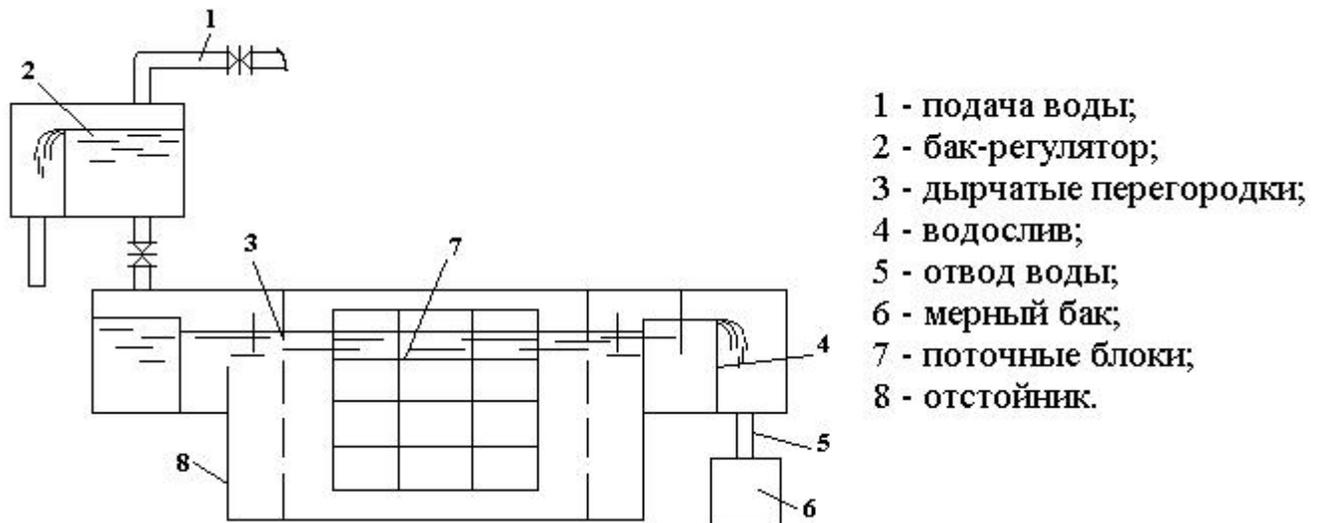
K_3 – коэффициент запаса, учитывающий неполное использование объема тонкослойного отстойника, равный 1,3-1,5.

Общая длина отстойника определяется как сумма длины полочного пространства водораспределительного и водосборного устройств.

2. Цель работы

2.1. Определение эффективности осветления воды в тонкослойном отстойнике при различной скорости движения воды.

2.2. Определение эффективности осветления воды в зависимости от продолжительности осветления воды.



3. Описание установки

Рис. 4. Схема установки для осветления воды.

4. Методика исследований

- 4.1. Определить расход с помощью мерного водослива или объемным способом.
- 4.2. При $Re = 500$ определить максимальную скорость, v , при которой обеспечивается ламинарное движение.
- 4.3. Установить максимальный расход на установку $q = w_{кр} \cdot v$.
- 4.4. Провести опыты при нескольких значениях расхода: максимальном, меньше максимального и больше максимального.
- 4.5. Провести опыты при различной продолжительности осветления воды, для чего последовательно устанавливаются один, два или три блока, располагаемых один за другим.
- 4.6. Каждый опыт продолжается не менее 30 мин, в течение которых отбираются пробы.

5. Обработка опытных измерений

Отчет должен включать следующее:

- 5.1. Таблицу измерений:

№ опы- та	Определение расхода			v , <i>мм/с</i>	t , ч	Эффект		
	объем мерного бака, $м^3$	t , с	q , $м^3$			C_{en} <i>мг/л</i>	C_{ex} <i>Мг/л</i>	Ξ , %

- 5.2. Схему установки.

- 5.3. Графики зависимости $\Xi = f(Q); \Xi = f(t)$.

- 5.4. Краткие выводы по результатам работы.

ВЛИЯНИЕ ДРОБНОЙ ПОДАЧИ КАТИОНО- И АНИОНОАКТИВНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

1. Теоретические положения

В современной технологии осветления сточных вод все шире используются вещества, интенсифицирующие и улучшающие процесс коагулирования – флокулянты. Их действие состоит в ускорении и повышении эффективности агрегации частичек. Это проявляется в образовании крупных, быстрооседающих в отстойниках хлопьев. К флокулянтам относятся вещества минерального происхождения (активная кремниевая кислота) и органические (природные и синтетические) высокомолекулярные соединения.

Флокулянты диссоциируют на ионы, обладающие свойствами как полимеров, так и электролитов. Диссоциация таких полиэлектролитов происходит с образованием высокомолекулярного поливалентного иона и многих простых маловалентных ионов. В зависимости от знака заряда сложного иона различают катионные и анионные полиэлектролиты. К первым относятся полиэтиленимин, полиметиламино-этилметакрилат-гидроацетат, поливинил-бутилпиридинбромид и др.; ко вторым – полиакрилат натрия, карбоксилметил-целлюлоза, альгинат натрия и др. Существуют и амфотерные полиэлектролиты, характер диссоциации которых и знак заряда поливалентного иона зависят от *pH* раствора. К ним относятся белки, гидролизированный полиакриламид и т.д.

Важным шагом в распространении флокулянтов явилось получение синтетических полимеров с большой молекулярной массой. Механизм флокулирующего действия высокомолекулярных веществ видят в адсорбции молекул полимеров поверхностью взвешенных частичек. Флокулянты катионного тока могут связывать частички не только в результате адсорбции, но и вследствие уменьшения их агрегативной устойчивости. Флокулянты анионного типа находят самостоятельное применение для удаления частичек значительных размеров (промышленные шлаки, уголь и т.д.).

Эффективность действия полиэлектролитов зависит от соотношения между концентрациями флокулянта и взвешенных веществ.

2. Цель работы

- 2.1. Определение оптимальной дозы катионоактивного флокулянта ВПК-101, ВА-3.
- 2.2. Определение оптимальной дозы анионоактивного флокулянта КМЦ.
- 2.3. Определение дробной подачи реагентов на эффективность очистки.

3. Описание экспериментальной установки

Установка включает в себя 10 цилиндров емкостью по одному литру каждый, 9 мерных пипеток емкостью до 10 мм каждый, 10 мерных колб емкостью 250 мл каждая для отбора проб осветленной воды.

4. Методика проведения опыта

- 4.1. В 10 цилиндров заливается сточная вода.
- 4.2. В каждый цилиндр со сточной водой вводится 0,1%-ный раствор флокулянта: 0, 1, 3, 5 и 8 мм, перемешать в течение 20-30 секунд.
- 4.3. После 5-10-минутного отстаивания отобрать пробы на анализ содержания взвешенных веществ.
- 4.4. Определить оптимальную дозу.
- 4.5. В последующие 5 цилиндров со сточной водой ввести оптимальную дозу дробной подачей, %: 30 : 70; 50 : 50; 70 : 30; 15 : 85; 85 : 15. Дробность осуществлять через промежуток времени 30-40 сек.
- 4.6. Определить оптимальную дробную подачу.

5. Обработка результатов измерений

Отчет должен содержать:

- 5.1. Таблицу наблюдений и вычислений.

$$\vartheta = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}} \cdot 100;$$

- 5.2. Определение эффекта очистки по формуле

- 5.3. График зависимости $\vartheta = f(D_p)$.

- 5.4. График зависимости $\vartheta = f$ (соотнош.).

- 5.5. Краткие выводы по результатам работы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

1. Теоретические положения

Сорбционный метод очистки сточных вод основан на извлечении из воды твердых тел – сорбентов, в качестве которых могут быть использованы мелкодисперсные твердые вещества, обладающие значительной поверхностью. Наиболее широкое применение имеют различные марки активных углей и гель кремниевой кислоты – силикагель. Кроме того, при очистке сточных вод роль сорбентов выполняют хлопья гидроокисей металлов (коагулянты), активный ил азротенков, биоупленка биофильтров.

При адсорбции растворенных веществ молекулы растворенного вещества переходят из объема раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности. При этом происходит два вида межмолекулярного взаимодействия: гидратация молекул растворенного вещества, т.е. взаимодействие их с молекулами воды в растворе, и взаимодействием молекул адсорбирующего вещества с поверхностью твердого тела. Разность энергии этих двух процессов и есть та энергия, с которой извлеченное из раствора вещество удерживается на поверхности погруженного в раствор адсорбента.

Чем больше энергия гидратации молекул растворенного вещества, тем большее противодействие испытывают эти молекулы при переходе на поверхность адсорбента и тем слабее вещество адсорбируется из водного раствора.

При адсорбции из водных растворов молекулы растворенного вещества взаимодействуют с мономолекулярным слоем воды, более или менее прочно связанным с поверхностью адсорбента.

На вытеснение адсорбированных молекул воды молекулами растворенного вещества должно быть затрачено тем больше энергии, чем больше энергия связи вытесняемых молекул с адсорбентом.

Рассмотрим сорбционный метод очистки на примере извлечения из сточных вод фенолов.

Для адсорбции фенолов из воды наиболее часто применяются угли и синтетические смолы. Они гидрофобны и энергия адсорбционного взаимодействия на поверхности с молекулами воды ниже энергии взаимодействия с молекулами фенолов.

Адсорбционная способность углей зависит от pH растворов. Оптимальная сорбция фенола происходит в кислой среде. При повышении pH растворов сорбируемость фенолов падает. Это объясняется тем, что на адсорбируемость фенола оказывает влияние структура его молекулы и диссоциация ее. Если в растворе находятся одновременно ионы и недиссоциированные молекулы, то адсорбируются только последние.

Таким образом, технологическая схема очистки, обеспечивающая высокий адсорбционный эффект, должна предусматривать создание pH , соответствующее образованию менее диссоциированных форм извлекаемого вещества. Для фенольных растворов рекомендуется значение $pH = 4,5$.



Рис. 5. Изотерма адсорбции.

При дальнейшем увеличении концентрации количество адсорбируемого вещества увеличивается, но в меньшей степени (участок 2) и в дальнейшем кривая стремится к прямой, параллельной оси абсцисс (участок 3), что соответствует постепенному насыщению поверхности адсорбента. Когда насыщение достигнуто, дальнейшее повышение концентрации вещества в растворе практически уже не влияет на количество адсорбируемого вещества.

Адсорбционная изотерма описы-

Процесс адсорбции может быть описан изотермой, которая характеризует зависимость количества вещества, адсорбированного после установления равновесия, от равновесной концентрации раствора при постоянной температуре. При увеличении концентрации вещества в растворе увеличивается количество адсорбируемого вещества. Однако на разных участках адсорбционной изотермы это сказывается неодинаково. В области низких концентраций количество адсорбируемого вещества прямо пропорционально его концентрации (участок 1 изотермы на рис. 1).

$$a = K \frac{bc}{1 + bc},$$

где

a – количество адсорбционного вещества, мг/г;

K и b – величины, постоянные для данной изотермы;

c – концентрация вещества при достижении равновесия, мг/л.

Пересчет концентрации в ммоль/л производят по формуле:

$$c' = \frac{1}{M} c,$$

здесь M – молекулярная масса вещества.

Однако уравнение Лэнгмюра часто не соответствует экспериментально найденным изотермам адсорбции. Это объясняется тем, что при выводе уравнения Лэнгмюра были сделаны следующие упрощенные предположения:

- 1) поверхность адсорбирующего твердого тела однородна;
- 2) молекулы, находящиеся на поверхности адсорбента, не взаимодействуют друг с другом;
- 3) на поверхности образуется только один слой молекул.

Фактически же на поверхности многих адсорбентов (активированные угли, силикагель) весьма неоднородны. Они пронизаны множеством мелких каналов, которые образуют многочисленные пустоты и впадины, благодаря чему увеличивается поверхность адсорбции и повышается адсорбционная способность углей. Кроме того, адсорбционные молекулы могут взаимодействовать друг с другом, образуя не один, а несколько слоев молекул.

Адсорбционная изотерма более точно описывается уравнением Фрейндлиха, которое, в отличие от уравнения Лэнгмюра, учитывает неоднородность поверхности и хорошо согласуется с опытными данными:

$$a = K C^n,$$

где K и n – коэффициенты, величины которых зависят от вида сорбента концентрации сорбируемого вещества, температуры среды, продолжительности процесса и определяются опытным путем в каждом конкретном случае.

Определив вид уравнения изотермы адсорбции и соответствующие коэффициенты, можно вычислить величину удельной адсорбции вещества при любой заданной равновесной концентрации раствора и необходимую дозу адсорбента для достижения заданного эффекта извлечения вещества из сточной воды.

2. Цель работы

В данной работе ставится задача определить адсорбционную емкость активированных углей марок: ОУ–сухой, КАД–йодный, БАУ.

Уголь марки ОУ-сухой – высокоактивный и крупнопористый с размером зерен ? 0,056 мм; уголь марки КАД-йодный мелкопористый, обладает средней активностью, размер зерен 2-3 мм; уголь марки БАУ, так же как и уголь марки КАД, мелкопористый, средней активности, размер зерен 1-5 мм.

С целью сравнительной оценки сорбционной способности исследуемых углей определяются изотермы адсорбции растворов с разными концентрациями фенола.

3. Методика проведения работы

В пять чистых и сухих колб емкостью 250 мл наливают по 100 мл раствора, содержащего фенол в разных концентрациях. В первую колбу наливают раствор с концентрацией фенола – 0,5 мг/л, во вторую – 0,7 мг/л, в третью – 1 мг/л, в четвертую – 2 мг/л, в пятую – 5 мг/л. Затем в каждую из колб высыплют заранее приготовленные

навески массой 1 г активированного угля КАД-йодный. Содержимое колб перемешивают в течение 20 мин. Энергичное перемешивание выравнивает концентрацию раствора в объеме и вблизи поверхности адсорбента. По окончании перемешивания раствор отфильтровывают через бумажный фильтр; первые порции фильтрата отбрасывают. Затем определяют концентрацию фенола в фильтрате по общепринятой методике calorimetricheskim методом с применением 4-аминоантипирина.

4. Обработка результатов измерений

4.1. Результаты определения адсорбционной емкости активированного угля заносятся в таблицу.

№	Начальная концентрация фенола в растворе, <i>мг/л</i>	Равновесная концентрация, <i>мг/л</i>	Масса навески активированного угля, <i>г</i>	Марка угля

4.2. По полученным данным рассчитывают количество фенола Φ , ммоль на 1 г угля по формуле:

$$\Phi = \frac{(C_0 - C)V}{m},$$

где V – объем раствора, *мл*.

4.3. Краткие выводы по результатам работы.

ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПАВ

1. Теоретические положения

Синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ) в настоящее время широко применяются во многих отраслях промышленности – текстильной, кожевенной, химической, бумажной и др. – в качестве моющих, смачивающих, выравнивающих средств. Наличие ПАВ в стоках сказывается на биологической очистке отрицательного. Для успешной очистки таких сточных вод необходимо использовать надежный флотационный метод.

В процесс флотации при диспергировании воздуха в сточной жидкости происходит всплывание молекул или мицелл ПАВ на границе раздела вода-воздух и дисперсных частиц вместе с пузырьками воздуха на поверхность сточной жидкости. Образующийся слой насыщен ПАВ и дисперсными частицами.

Сцепление молекул или мицелл ПАВ с воздушными пузырьками в жидкости обуславливается избытком свободной поверхностной энергии на всех участвующих в процессе поверхностях раздела. Одним из основных физико-химических факторов флотационного процесса является адсорбция.

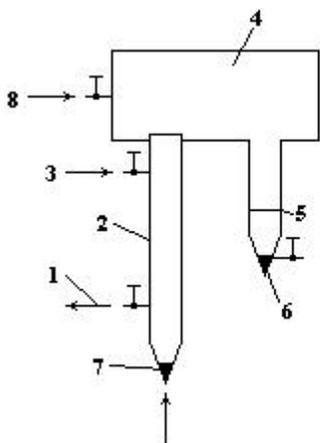
Поднимающийся вверх воздушный пузырек при прохождении через жидкость окружается молекулами или мицеллами ПАВ. При непрерывной подаче воздуха на поверхности сточной жидкости образуется слой пены, насыщенный ПАВ. При разрушении пены образуется флотационный, содержащий 2000-3000 мг ПАВ в 1 л.

Эффект удаления ПАВ из сточной жидкости во флотаторе зависит от начальной концентрации ПАВ, интенсивности подачи воздуха и продолжительности флотации. Оптимальная интенсивность подачи воздуха составляет $8-12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Оптимальная продолжительность флотации 15-60 мин. Чем больше начальная концентрация ПАВ, тем выше эффект флотации ПАВ из сточной жидкости.

2. Цель работы

2.1. Определение эффекта очистки в зависимости от времени флотации.

2.2. Установление оптимального времени флотации.



- 1 - штуцер;
- 2 - цилиндр;
- 3 - подача сточной воды;
- 4 - емкость для сбора пены;
- 5 - конденсатосборный цилиндр;
- 6 - выпуск конденсата;
- 7 - фильтр из пористой керамики;
- 8 - подача воздуха для сдува пены.

3.

Описание установки

Рис. 6. Схема лабораторного флотатора.

Расход воздуха, подаваемого во флотатор, замедляется газовым счетчиком ГСБ-400. На воздухопроводе перед опытной моделью установлен манометр для измерения давления воздуха. Подача исследуемой воды во флотатор производится из бутылки через штуцер 3, а отбор проб – через штуцер 1.

4. Методика проведения работы

Навеску исследуемого вещества растворяют в водопроводной воде для получения заданной концентрации. Тщательно промывают все стенки флотатора сначала водопроводной водой, а затем дистиллированной. Воду из флотатора сливают с помощью сифона. Подача воздуха измеряется газовым счетчиком. Исследуемую воду наливают в цилиндр. После начала флотации берут пробы воды через 10, 20, 30, 40, 50 мин, замеряют объем сконденсированной из пены жидкости (конденсат пены). Производится анализ по определению концентрации ПАВ в отобранных пробах через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 минут.

5. Обработка результатов измерений

Отчет должен включать следующее:

5.1. Таблицу наблюдений и вычислений.

Таблица наблюдений и вычислений

Время флотации, мин.	10	20	30	40	50	60
Концентрация ПАВ в очищенной воде, мг/л						
Эффект флотации, %						

Эффект флотации ПАВ, %, определяется по формуле:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100;$$

где

C_{en} – начальная концентрация ПАВ в воде, мг/л;

C_{ex} – концентрация ПАВ в воде после флотации, мг/л.

5.2. Схему установки.

5.3. График зависимости $\Theta = f(t_{\text{фл}})$.

5.4. Краткие выводы по результатам работы.

ВЫБОР ТИПА РАСТВОРИТЕЛЯ ПРИ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ФЕНОЛА ИЗ ВОДЫ

1. Теоретические положения

Жидкостная экстракция широко применяется для извлечения фенолов из сточных вод предприятий, перерабатывающих твердое топливо, и предприятий по производству пластических масс.

Процесс экстракции заключается в смешении сточной воды с экстрагентом и затем их разделении. В качестве экстрагентов применяют вещества, в которых экстрагируемое вещество растворяется лучше, чем вода. При смешении устанавливается динамическое равновесие в распределении экстрагируемого вещества экстрагентом и водой.

В состоянии равновесия концентрации вещества в экстрагенте и водной фазе характеризуются коэффициентом распределения

$$a = y/x, (1)$$

где

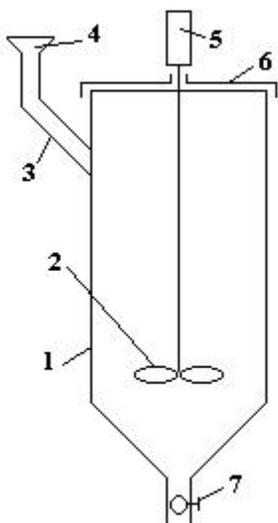
x – равновесная концентрация извлекаемого вещества в водной фазе, $кг/м^3$;
 y – равновесная концентрация того же вещества в органической фазе, $кг/м^3$.

Коэффициент распределения является величиной, по которой можно судить об экстрагирующей способности растворителей и выбрать лучшие из них. Чем коэффициент распределения больше, тем меньше потребуется растворителя для экстракции и тем экономичнее будет метод.

На практике выбор растворителя обуславливается не только коэффициентом распределения, но одновременно и такими факторами, как его стоимость, эффективность (полнота и скорость) разделения фаз.

2. Цель работы

Целью данной работы является определение коэффициента распределения при экстракции фенола из воды различными растворителями и на его основе произвести выбор лучшего экстрагента.



Установка представляет собой экстрактор 1, имеющий конусную часть и спускной кран 7. В экстракторе перемешивание сточной жидкости с экстрагентом производится мешалкой 2, приводимой в движение двигателем 5, выполненным во взрывобезопасном исполнении. Объем экстрактора 0,006 м³, диаметр 0,01 м, частота вращения мешалки 6 об/мин. Для уменьшения испарения экстрагента экстрактор закрывается съемной крышкой 6. Заполнение экстрактора фенольной водой и экстрагентом осуществляется через воронку 4 по трубке 3.

3. Описание установки

Рис. 3. Схема установки.

4. Методика проведения работы

Коэффициент распределения определяется для трех растворителей: Н-бутилацетата; диизопропилового эфира; бензола.

Опыты проводятся с каждым из этих растворителей в следующей последовательности.

В экстрактор заливается фенольная вода в количестве, равном 1/3 объема экстрактора. Затем в экстрактор в таком же объеме заливается растворитель. Концентрация фенола составляет 3 г/л. Включается мешалка и фенольная вода интенсивно перемешивается с растворителем в течение 10 мин. После окончания перемешивания смесь отстаивается в течение 30 мин для отделения растворителя от воды. После сливают около 2/3 водного раствора в чистую колбу, откуда отбирают пробу, в которой определяют равновесную концентрацию оставшегося фенола. По разности между первоначальной концентрацией фенола и оставшейся после экстракции судят о количестве изъятых фенола и о его концентрации в экстрагенте:

$$y = \frac{(A - x)w_1}{w_2}, \quad (2)$$

где

A – первоначальная концентрация фенола, $кг/м^3$;

x – равновесная концентрация фенола в воде, $кг/м^3$;

w_1 – объем обрабатываемой фенольной воды, $м^3$;

w_2 – объем экстрагента, $м^3$.

Коэффициент распределения определяют по формуле (1).

5. Обработка результатов измерений

5.1. Результаты наблюдений, опытные и расчетные данные заносят в таблицу.

Результаты опыта и расчета

Экстрагент	Объем обрабатываемой воды	Начальная концентрация фенола в воде, $кг/м^3$	Объем экстрагента, $м^3$	Равновесная концентрация фенола в растворителе, $кг/м^3$	Коэффициент распределения

5.2. Схему установки.

5.3. Краткие выводы по результатам работы.