

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА : «АВТОТРАКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ЭКОЛОГИЯ»

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

**по курсу «Оценка экологического
состояния предприятия»**

**при подготовке бакалавров по направлению
5850100- “Защита окружающей среды”**

Ташкент-2009

Лабораторные работы составлены для студентов бакалавриата направления 5850100 – «Защита окружающей среды» согласно рабочей программе курса «Оценка экологического состояния предприятия»

Составители: к.т.н., доц. Касымова Г.А
ассистент Якубова Г.Д.

Рецензент: к.т.н., доц. Махамаджанов И.А

Обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Автотракторные двигатели и экология».

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2009г.

Зав.кафедрой проф.Базаров Б.И.

Утверждены на Методическом совете Автотранспортного факультета ТАДИ.

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2009г.

Председатель МС АТФ проф. Махмудов Г.Н.

Введение

Ежегодно в атмосферу выбрасывается более 200 млн т CO_2 , 150 млн т SO_2 , свыше 50 млн г оксидов азота, более 50 млн т различных углеводородов, более 250 млн т аэрозолей и т. д. Кроме того, при сжигании угля в окружающую среду поступает ряд высокотоксичных веществ, таких как ванадий, мышьяк, ртуть, уран, кадмий, бериллий, цирконий, олово и др.

В 1998 году в воздушный бассейн республики выброшено стационарными источниками 414,4 тыс. т вредных веществ, в том числе 145,6 тыс. т SO_2 ; 90,4 тыс. т CO ; 50,6 тыс. г оксидов азота; углеводородов 65,3 тыс. т; твердых веществ 48,8 тыс. т.

В настоящее время в крупных городах одним из основных загрязнителей воздуха является автомобильный транспорт. Один автомобиль в среднем поглощает ежегодно 4 т кислорода, а выбрасывает в атмосферу с выхлопными газами около 800 кг оксидов углерода, 40 кг оксидов азота, почти 200 кг различных углеводородов и многие другие токсичные вещества. Автомобильные выхлопные газы — это смесь газов, содержащая более 200 веществ.

В Республике Беларусь выбросы вредных веществ в атмосферу от автотранспорта за 1998 год составили 1788,2 тыс. т, это более чем в четыре раза больше, чем от всех вместе взятых предприятий. При этом выброс угарного газа составляет 943,5 тыс. т.

Сжигание топлива ежегодно вносит в атмосферу не менее $1 \cdot 10^{10}$ т CO_2 . Общее поступление его в атмосферу растет экспоненциально, увеличиваясь на 4—5% в год. Согласно расчетам, концентрация CO_2 в атмосферном воздухе будет расти и в 2030 г. достигнет 0,07%. А от концентрации CO_2 зависит средне-планетарная температура воздуха, что может сказаться на изменении климата на планете.

Следует отметить, что загрязняющие атмосферу вещества распределяются неравномерно, и в некоторых местах концентрация загрязнений достигает недопустимо высокого уровня, что при определенных условиях приводит к образованию густых токсичных туманов, называемых смогом. Смог оказывает резко отрицательное влияние на состояние дыхательных путей у здорового человека и приводит к катастрофическому ухудшению здоровья людей, страдающих различными бронхиальными заболеваниями.

При определенных климатических условиях возможно образование сухого тумана с влажностью около 70%, называемого фотохимическим, для которого характерна желто-зеленая или сизая дымка. Для его возникновения необходим солнечный свет, вызывающий сложные фотохимические превращения между загрязняющими воздух веществами. При фотохимических реакциях образуются новые вещества, которые по своей токсичности могут значительно превосходить исходные примеси. У человека фотохимический смог вызывает раздражение глаз, слизистых оболочек носа и горла, симптомы удушья, обострение легочных заболеваний и т. д.

Наличие промышленных выбросов в атмосферу — это точный индикатор несовершенства технологии. Поэтому наиболее активным методом охраны атмосферного воздуха от загрязнений является создание безотходных и малоотходных технологических процессов. При этом предполагается как разработка рационального выделения примесей из газов, так и принципиальное изменение технологий либо ее отдельных стадий. Практика показывает, что безотходная технология и есть в конечном счете самая выгодная.

Безотходная технология — это технология, при которой энергия и сырье расходуются экономно, а отходы одних технологических процессов являются сырьем для других. Таким образом все компоненты исходного сырья используются полностью.

Однако в настоящее время очистка загрязненного воздуха и отходящих газов, образующихся при технологических процессах, от содержащихся в них вредных компонентов является основным способом защиты воздушного бассейна. Очистка используется во всех случаях, когда использование активных методов пока невозможно или экономически нецелесообразно.

К активным методам борьбы с загрязнением атмосферного воздуха относятся замена токсичных веществ нетоксичными, не утилизируемых отходов — утилизируемыми, создание новых безотходных технологических процессов и т. д. Очистка газовых выбросов состоит из двух принципиально различных процессов: механической очистки от аэрозолей (извлечение твердых и жидких примесей — пыли, брызг и т. д.), а также очистки, обезвреживания, обеззараживания и дезодорации газо- и паровоздушных примесей.

Все многообразие существующих методов пылегазоочистки можно свести к нескольким группам: гравитационные, инерционные, электростатические, акустические, фильтрация, сухие, мокрые, комбинированные.

Очистку в обеспыливающих устройствах можно условно разделить на грубую (от частиц размером более 10 мкм) и тонкую (менее 10 мкм). Для грубой очистки используются гравитационные и сухие пылеуловители, некоторые фильтры контактного действия. Тонкая очистка проводится в инерционных пылеуловителях с применением воды, скрубберах Вентури, абсорберах, контактных фильтрах, электрофильтрах и других аппаратах. На практике нередко применяются комбинации из нескольких методов очистки. Выбор метода обусловлен степенью запыленности газа, дисперсностью частиц и требованиями к очистке.

Лабораторная работа №1 ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ

1.1. ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ПЫЛИ В ЦИКЛОНАХ

Цель работы: изучение основных закономерностей очистки газозвушных выбросов от твердых частиц в циклоне.

1.1.1. Теоретическая часть

Пылеулавливающие системы, в которых твердые частицы удаляются из закрученного газового потока под действием центробежных сил, называются циклонами. Циклоны чаще всего относятся к аппаратам сухой механической очистки. В некоторых случаях на практике используются и мокрые циклоны. В настоящее время это наиболее распространенный в промышленности тип обеспыливающего оборудования. Так, в республике они составляют около 57% от всего обеспыливающего оборудования. Циклоны просты в конструкции и обычно не имеют движущихся частей, поэтому могут изготавливаться из различных материалов, в том числе из огнеупорных, коррозионностойких. Это обеспечивает возможность очистки газов как при обычных, так и при высоких температурах. В циклонах можно извлекать из газов твердые продукты — пыли в сухом виде.

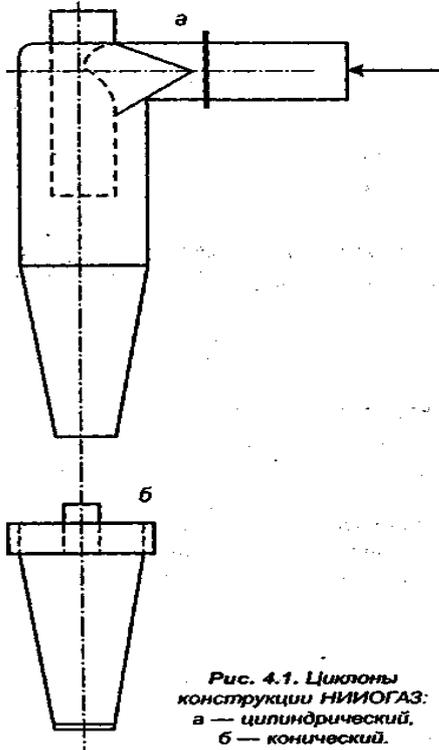


Рис. 4.1. Циклоны конструкции НИИОГАЗ:
а — цилиндрический,
б — конический.

Циклоны используются для очистки газов от сравнительно крупных ($d > 10$ мкм) частиц. При этом концентрация пыли в очищаемом газе может быть от 0,1 до 0,4 кг/м³ а достигаемая степень очистки 70 — 95%.

В зависимости от способа придания газовому потоку закручивающего движения циклоны делятся на прямоточные и противоточные. В прямоточном направляющие лопатки или через специальные вентиляторы. Наиболее распространены противоточные циклоны, в которых газ на очистку поступает по касательной в верхнюю цилиндрическую секцию. В некоторых случаях для повышения эффективности очистки используются конструкции, в которых сочетаются прямоточный и противоточный принципы очистки. В практике пылеочистки применяются различные типы циклонов. Наибольшее распространение получили цилиндрические и конические циклоны конструкций НИИОГАЗ (рис. 4.1). Выбор типа циклона обуславливается как характеристиками очищаемого газа, так и требованиями к его очистке.

Цилиндрические циклоны относятся к высокопроизводительным, а конические — к высокоэффективным. Например, кривая фракционной эффективности циклонов диаметром 200 мм будет иметь вид, показанный на рис. 2.

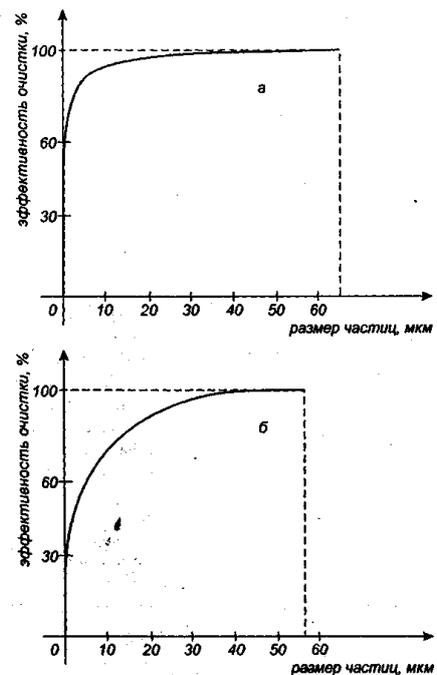


Рис. 4.2. Кривая фракционной эффективности очистки циклонов:
а — цилиндрического; б — конического.

Основными конструктивными элементами циклона конструкции НИИО-ГАЗ (рис. 4.3) являются: цилиндрический корпус 1, коническое днище-5, сообщающееся с пылесборником-6, крышка-2. Ввод очищаемого от пыли газа осуществляется тангенциально со значительной скоростью (до 30 м/с) через приваренный к корпусу патрубок-3. В результате поток газа закручивается вдоль стенки корпуса циклона, при этом частицы пыли под действием сил тяжести и

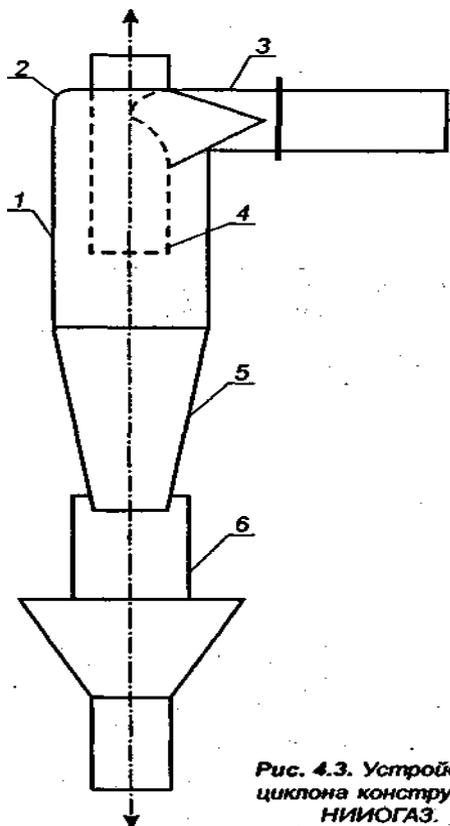


Рис. 4.3. Устройство циклона конструкции НИИО-ГАЗ.

центробежной силы отбрасываются к стенке корпуса и перемещаются вниз в пыле-сборник-6. Очищенный газ удаляется через выхлопную трубу-4.

Вследствие интенсивного вращения газа в корпусе циклона статическое давление понижается от его периферии к центру, такое же явление наблюдается в пылесборном бункере. Следовательно, необходима строгая герметичность бункера, т. к. несоблюдение этого условия приводит к резкому снижению пылеотделения в циклоне. Это объясняется тем, что вихрь, образующийся в циклоне, опирается своим основанием о дно пылесборного бункера и затем винтообразно движется вверх. При отсутствии герметичности в бункере нарушается вращательное движение газа, что вызывает заметное снижение степени очистки, эффективность очистки также зависит от дисперсного состава частиц пыли, типа аппарата и параметров его работы, затрат энергии на очистку.

Чтобы достичь требуемой степени очистки больших объемов газа от пыли, необходимо увеличение конструктивных размеров (D , H) циклонов. Однако с ростом диаметра циклона при постоянной тангенциальной скорости газового потока центробежная сила, действующая на частицы, уменьшается, и эффективность такой установки снижается. При этом размещение громоздких циклонов при общей компоновке технологического оборудования вызывает целый ряд затруднений и неудобств. Теоретические расчеты показывают, что при одних и тех же скоростях газового потока небольшие циклоны являются гораздо более эффективными, особенно для частиц малых размеров, чем большие циклоны. Поэтому на практике широкое распространение получили групповые и батарейные циклоны. В групповых компоновках циклоны устанавливаются вокруг вертикального газохода по 10 — 14 шт.

Степень очистки в групповом циклоне обычно принимают равной степени очистки в одиночном циклоне, который входит в данную компоновку.

Батарейный циклон—это пылеулавливающий аппарат, состоящий из большого количества циклонных элементов малого диаметра, которые объединены в одном корпусе, имеют общие подвод, отвод газов и пылесборник. Принципиальная схема компоновки батарейного циклона показана на рис. 4.4.

Запыленный газ подается через патрубок-1 в клиновидную камеру-2, проходит между выхлопными трубами-5 на закручивающие устройства циклонных элементов-6. Выделившаяся пыль поступает в пылесборный бункер-7, а очищенный газ поднимается по трубам-5 в сборную камеру-4 и удаляется из аппарата через патрубок-3.

Батарейные циклоны называют также мультициклонами. В отечественных конструкциях в одном мультициклоне может быть до 792 циклонных элементов при расходе газа до 650000 м³/ч. Диаметр циклонных элементов принимается в пределах 150 — 250 мм. Оптимальная скорость газов в элементах находится в

интервале 3,5 — 4,75 м/с, для прямоточных циклонных элементов она может быть 11 — 13 м/с

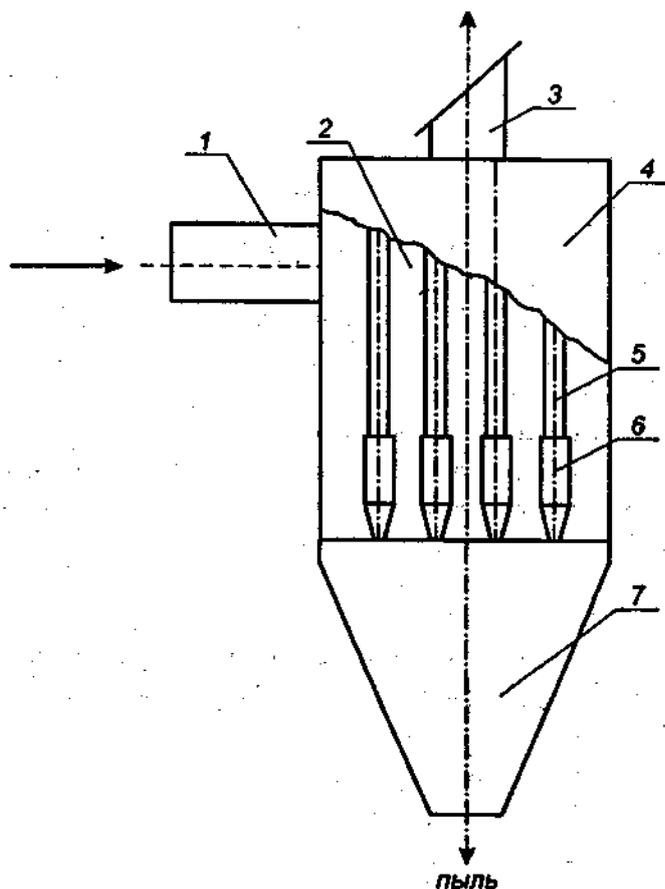


Рис. 4.4. Батарейный циклон.

К важнейшим достоинствам мультициклонов относят их габариты. Так для единичного высокоэффективного циклона производительностью 4600 м³/ч диаметром 900 мм необходима высота 7,6 м (циклон, пылесборник и выхлопная труба), а для мультициклона этой же производительности она составляет всего 2,4 м. Но изготовление мультициклона значительно дороже.

Эффективность батарейного циклона обычно на 20 — 25% ниже эффективности отдельных элементов. В батарейных циклонах с диаметром 250 мм допускаемая запыленность газов составляет 75 — 100 г/м³ в зависимости от закручивающего газовый поток устройства.

Батарейные циклоны не рекомендуется применять для сильно слипающихся пылей, т. к. резко падает производительность установки. В зависимости от характеристики пыли и требуемой степени очистки применяют различные типы мультициклонов.

Таким образом, имея необходимые данные о свойствах пыли, содержащейся в отходящих газах, зная расход газа, учитывая требования к очищенному газу и ориентируясь в различных типах циклонов, можно не только выбрать

нужный циклон, но и предложить соответствующую технологическую схему очистки.

1.1.2. Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки для очистки воздуха от пыли приведена на рис. 4.5. Установка включает циклон-1, приемник пыли-5, источник пыли-12, ротаметр-11, вентилятор-10, алонжи-3,8 для отбора пыли на анализ, а также распределительные вентили-2, 4, 7, 9, 13, 14.

На данной установке можно исследовать степень очистки от пыли в зависимости от ее концентрации, дисперсности и расхода воздуха. По заданию преподавателя установить расход воздуха по ротаметру-11. Воздушный поток направить в источник пыли, который предварительно заполнить каким-либо порошком (например, CaCO₃) определенной степени помола. Затем с помощью вентиля-13,9 и 7 провести отбор пробы пыли в алонж-8, заправленный бумажным фильтром и предварительно взвешенный на аналитических весах. Отобрав пробу пыли, направить воздух на очистку в циклон-1. На выходе из циклона провести также отбор пробы с помощью вентиля-2,4 и алонжа-3, подготовленного, как указано выше: Степень очистки воздуха, n, % рассчитывают по формуле:

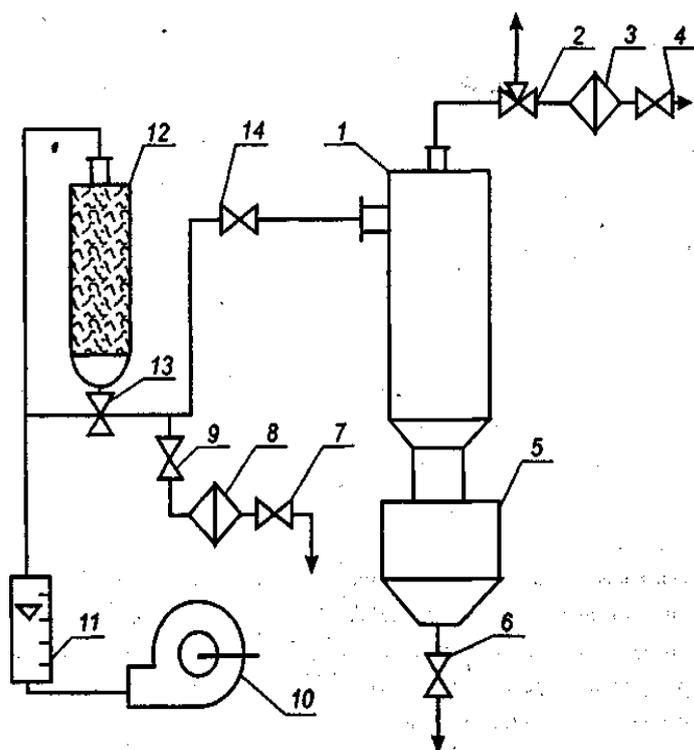
$$n = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}} \cdot 100\%$$

где $C_{вх}, C_{вых}$ — концентрация пыли на входе и выходе из циклона, мг/л.

Объем пропущенного воздуха определяют по его расходу и времени опыта.

1.1.3. Порядок выполнения работы

Подготовить к работе алонжи для отбора проб пыли. Для этого вставить в них доведенные до постоянной массы стандартные фильтры АФА, ФПП и т. п. алонжи присоединить к установке согласно приведенной схеме.



Включить вентилятор, установить заданный расход воздуха, открыть вентили-13,14 и направить аэродисперсный поток через циклон в атмосферу, минуя алонж-3. После установления стационарного режима отобрать пробу запыленного воздуха на анализ. Для этого необходимо открыть вентиль-7, а также одновременно открыть вентиль-9 и закрыть вентиль-14. При этом поток запыленного воздуха будет проходить через алонж-8, оснащенный фильтром. Работу провести строго по секундомеру. После очистки воздух направить с помощью вентиля-2 и 4 через контрольный алонж-3 в атмосферу. Отбор пробы пыли на алонж-3 после очистки провести аналогично

вышеописанному, строго замеряя продолжительность отбора и расход воздуха.

Рис. 5. Лабораторная установка очистки газозадушенных выбросов в циклонах.

При этом необходимо воспользоваться вентилями 2 и 4. По окончании опыта фильтры достать из алонжей, довести до постоянной массы (в эксикаторе) и взвесить на аналитических весах. По разности между массами запыленного и чистого фильтра найти массу уловленной пыли. По массе уловленной пыли и расходу воздуха определить концентрацию пыли в воздухе до очистки и после нее по формуле:

$$C_{\text{вх}} = \frac{m_1}{V_1} \text{ мг/м}^3 \quad \text{и} \quad C_{\text{вых}} = \frac{m_2}{V_2} \text{ мг/м}^3$$

где

m_1 и m_2 — массы пыли, уловленной на алонжах 8 и 3 до очистки и после нее, мг;

V_1 и V_2 — соответственно объем пропущенного воздуха через алонжи до и после очистки, м³

Рассчитать эффективность работы циклона (степень очистки), экспериментальные данные занести в табл. 1.

Таблица 1

Масса фильтра		Продолжительность опыта, мин	Расход воздуха, м ³	Объем воздуха, м ³	Концентрация пыли, мг/м ³		Степень очистки, %
Начальная	Конечная				До циклона	После циклона	
я	я					а	а

Контрольные вопросы:

1. Какие аппараты называются циклонами?
2. Какие вы знаете типы циклонов в зависимости от движения газового потока?

3. Чем обуславливается выбор циклона при очистке пылевоздушных выбросов?
4. От чего зависит степень очистки газов в циклоне?
5. Что такое групповые и батарейные циклоны?
6. Какие вы знаете преимущества и недостатки циклонов по сравнению с другими пылеулавливающими устройствами?

Лабораторная работа №2: ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ АЭРОЗОЛЕЙ НА ВОЛОКНИСТОМ ФИЛЬТРЕ

Цель работы: ознакомление с устройством волокнистого фильтра, изучение зависимости степени очистки воздуха от ряда технологических параметров (скорости потока, концентрации аэрозоля, плотности орошения фильтра и др.).

2.2.1. Теоретическая часть

Волокнистыми фильтрами называют пористые перегородки, состоящие из беспорядочно расположенных, однако более или менее равномерно распределенных по объему волокон.

В основе работы волокнистых фильтров всех видов лежит фильтрация запыленного газа через перегородку, в процессе которой частицы аэрозоля, взвешенные в газе, задерживаются перегородкой, а газ беспрепятственно проходит сквозь нее.

В зависимости от вида, структуры и условий работы пористой перегородки уловленные частицы либо осаждаются на стенках поровых каналов, накапливаясь во всем объеме пористой перегородки, либо образуют на лобовой поверхности перегородки пылевой слой, являющийся высокоэффективной фильтрующей средой.

По мере накопления уловленных частиц сопротивление движению газа непрерывно возрастает, а скорость фильтрации уменьшается. Для поддержания постоянной скорости фильтрации необходимо увеличивать перепад давления на пористой перегородке. При достижении некоторого предельного сопротивления фильтр приходится подвергать регенерации, осуществляемой несколькими способами: ослаблением фильтровальной ткани и встряхиванием ее в вертикальном и поперечном направлениях; реверсированием потока газов в очищаемой секции; продувкой фильтра мощной струей воздуха. Иногда применяют комбинации этих методов. В последние годы в промышленную практику вводится акустическая вибрация и воздействие ударных волн низкого давления.

Применяемые фильтры по своей структуре и свойствам очень разнообразны — это могут быть зернистые слои, металлические сетки, керамика и металлокерамика, волокнистые материалы, бумага, ткани.

Размеры поровых каналов в фильтрующей перегородке обычно во много раз превышают размеры улавливаемых частиц пыли, поэтому фильтрацию нельзя рассматривать как процесс просеивания через некоторое сито. Улавливание частиц, проникающих вглубь, происходит за счет осаждения их на стенках каналов, образованных твердыми элементами перегородки, где они удерживаются силами адгезии.

Процесс фильтрации можно условно разделить на две стадии. На первой — начальной (стационарная фильтрация) стадии, — осажденные частицы накапливаются внутри пористой перегородки в незначительном количестве, что практически не меняет ее структуры. На второй стадии процесса (нестационарная фильтрация) вследствие большого количества осажденных частиц пористая перегородка претерпевает непрерывные структурные изменения. В соответствии с этим все время изменяются аэродинамическое сопротивление и эффективность работы фильтра, что осложняет процесс фильтрации и связанные с этим расчеты. В условиях эксплуатации промышленных фильтров определяющее значение имеет именно нестационарная фильтрация.

Волокнистые фильтры используют при концентрации дисперсной фазы 0,5—5

мг/м³, и только некоторые виды регенерируемых грубоволокнистых фильтров экономически целесообразно применять при концентрации 5 — 50 мг/м³.

Основным требованием, предъявляемым ко всем фильтровальным материалам для очистки воздуха, является максимальная эффективность очистки при большой скорости фильтрации, малом аэродинамическом сопротивлении и большой пылеемкости. В свою очередь, эффективность очистки, сопротивление и пылеемкость волокнистых фильтров зависят от многих параметров. Например, от скорости движения газа, дисперсного и минералогического состава пыли, влажности газовой среды и самого материала, электрического заряда частиц пыли и волокон материала и т. д. В большей степени показатели фильтрации зависят от параметров, характеризующих структуру волокнистого материала.

Для фильтров используют естественные или специально получаемые волокна диаметром от 0,01 до 100 мкм, а также их смеси. Толщина фильтрующих сред от десятых долей миллиметра (бумага) до двух метров (многослойные глубинные насадочные фильтры долговременного использования).

Основным свойством волокнистой перегородки является пористость, представляющая собой отношение пустого пространства (объема пор) между твердыми непроницаемыми элементами пористой среды к общему объему, занимаемому пористой средой. Величину объема твердых элементов фильтрующей перегородки, заключенную в единице объема пористой среды, называют плотностью упаковки.

Пористость фильтрующей среды ε и плотность упаковки - а можно определить из выражения:

$$\varepsilon = \frac{\rho_3 - \rho_\phi}{\rho_3}$$

где ρ_3 — плотность материала элементов фильтрующей среды, кг/м³; ρ_ϕ — кажущаяся плотность фильтрующей среды, кг/м³.

Важной характеристикой пористой перегородки является пылеемкость, которая представляет собой количество пыли, задерживаемой фильтром за период непрерывной работы, т. е. между двумя очередными регенерациями.

Критерием пылеемкости является интенсивность роста удельного сопротивления φ :

$$\varphi = \frac{\Delta P_2 - \Delta P_1}{M_1}$$

где ΔP_2 и ΔP_1 — начальное и конечное сопротивление фильтра, Па; M_1 — удельная пылеемкость фильтра, кг/м²:

$$M_1 = \frac{M}{F}$$

где M — количество уловленной пыли, кг; F — рабочая поверхность фильтра, м².

При заданном предельном сопротивлении пылеемкость фильтра рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{(\Delta P_2 - \Delta P_1) \cdot F}{\varphi}$$

Под скоростью фильтрации понимают условную скорость, получаемую как отношение объемного расхода газа V_f , проходящего через фильтр, к полной площади перегородки. Численно скорость фильтрации равна газовой нагрузке фильтра, т. е. объему газа, проходящему через единицу поверхности фильтра в секунду.

Производительность фильтрованной установки зависит в первую очередь от площади фильтрующей ткани. При выборе скорости газового потока необходимо учитывать механизм улавливания частиц. Так, при диффузионном механизме она должна быть невысокой, а при инерционном — необходима высокая скорость газового потока. Следует учитывать и ряд других факторов. Из практического опыта эмпирически выведены серии оптимальных соотношений меж-

ду расходом газов и фильтрующей поверхностью. Эти соотношения выводятся отдельно для различных пылеулавливающих материалов и типов оборудования и выражаются в кубических миллиметрах фильтруемых газов за 1 с на 1 м² поверхности, т. е. мм/с. В зависимости от конкретных условий принятые соотношения колеблются в пределах от 5 до 125 мм/с.

Волокнистые фильтры применяются для очистки газоздушных выбросов как от твердых частиц, так и от капелек аэрозоля. Различие в работе в этих случаях заключается в том, что при улавливании аэрозоля нет необходимости в очистке фильтра от пыли, т. к. уловленные капли стекают с фильтрующей поверхности. Поэтому /конструкции фильтра для улавливания аэрозолей должен быть предусмотрен дренаж уловленной жидкости.

Аэрозольные фильтры используются для улавливания туманов абсорбционных и ректификационных колонн, а также для очистки отходящих газов в производстве кислот.

Главными факторами при выборе и оценке фильтров являются стоимость, аппарата и фильтровального материала, его долговечность и энергетические затраты, определяемые аэродинамическим сопротивлением и расходами на регенерацию, а также степень очистки.

2.2.2. Описание лабораторной установки

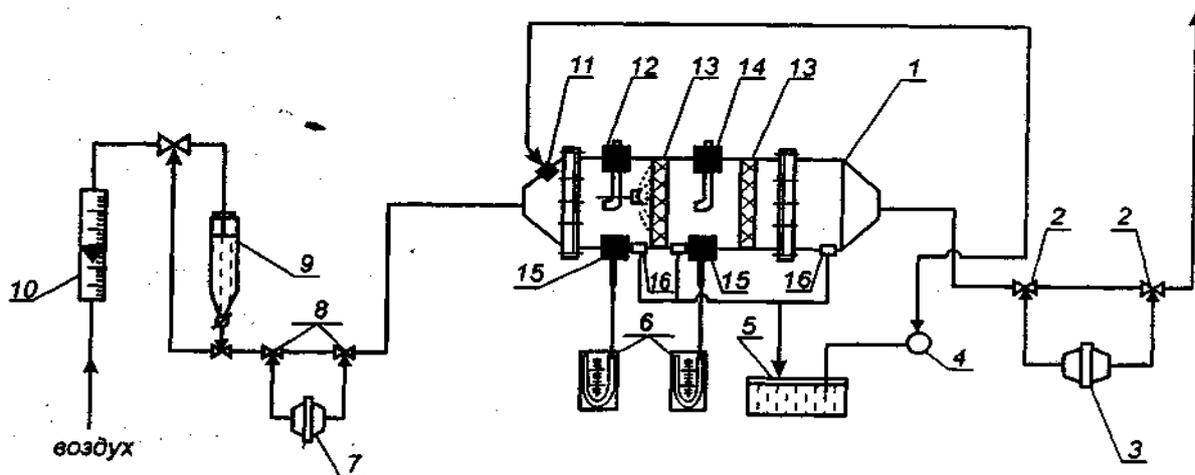


Рис. 4.6. Лабораторная установка очистки газоздушных выбросов на волокнистом фильтре.

Исследование процесса очистки газоздушных выбросов от аэрозолей проводится на установке, схема которой приведена на рис. 4.6. Корпус фильтра -1 выполнен из оргстекла, внутри размещены две кассеты с фильтрующим материалом-13. В корпусе фильтра предусмотрены штуцеры-11,16 для подачи воды на орошение и отвода шлама в емкость-5, для измерения скорости газа, перепада давления до и после фильтра-12, 14, 15.

Сжатый воздух от воздуходувки через ротаметр-10 поступает в волокнистый фильтр, при этом по ходу газового потока в него дозируется исследуемый аэрозоль из генератора аэрозоля-9. Таким образом, воздушный поток с аэрозолем поступает на фильтрующую перегородку-13, где происходит очистка воздуха. Обработанный воздух выбрасывается в систему вытяжной вентиляции. Давление в аппарате измеряется U-образными манометрами-6. В схеме предусмотрена возможность циркуляции орошающей жидкости с помощью емкостей-5 и насоса-4.

Фильтр работает в режиме накопления уловленного продукта на поверхности фильтрующего материала. По достижении определенного перепада давления фильтр подвергается периодической регенерации с помощью форсунки-11. Отбор проб и определение концентрации примеси производят в следующем порядке:

1. устанавливают необходимый расход воздуха и требуемую концентрацию аэрозоля (по заданию преподавателя);
2. замеряют перепад давления до и после фильтрующей перегородки с помощью U-образных манометров;
3. предварительно доведенный до постоянной массы и взвешенный с точностью до 0,1 мг стандартный фильтр типа ФПП или АФА вставляют в алонж-7 и с помощью Трехходовых кранов-8 по секундомеру отбирают пробу пыли на анализ. Время отбора пробы определяют экспериментально. После отбора пробы фильтр вынимают из алонжа, доводят его до постоянной массы и взвешивают с той же точностью;
4. аналогичный отбор пробы проводят после фильтрующей перегородки с помощью трехходовых кранов-2 и алонжа-3;
5. рассчитывают концентрацию аэрозоля C , мг/м⁵ до и после фильтрующего устройства по формуле:

$$C = \frac{(g_2 - g_1) \cdot 1000}{V \cdot t}$$

где g_1 , и g_2 — масса фильтрующего элемента до и после отбора, мг; V — скорость отбора проб воздуха, л/мин; t — продолжительность отбора пробы, мин. Оценку работы фильтрующей перегородки производят либо по величине остаточной запыленности очищенного газа, либо по степени очистки газа η), которую определяют по формуле:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}} \cdot 100\%$$

где $C_{вх}$, $C_{вых}$ — концентрация пыли, соответственно на входе и выходе из аппарата.

2.2.3. Порядок выполнения работы

До начала работы необходимо измерить температуру, влажность и атмосферное давление воздуха в лаборатории. Подготовить требуемое количество фильтров типа ФПП или АФА. Замерить перепад давления в аппарате до и после фильтрующей перегородки при различных расходах воздуха. Следует ознакомиться с характеристиками фильтрующего материала, определить площадь фильтрующей поверхности, толщину и массу фильтра. Рекомендуется предварительно рассчитать воздушную нагрузку в м³/(м² • ч).

Затем требуется установить нужную концентрацию аэрозоля в воздухе и начать

определение степени очистки. Результаты занести в таблицу 5.1.

Кроме того, по указанию преподавателя можно определить пылеемкость фильтра, а также зависимость степени очистки от концентрации пыли, скорости воздушного потока, толщины слоя, воздушной нагрузки на фильтр, плотности орошения, фильтрующей поверхности и др.

Таблица 2. Результаты исследования работы волокнистого фильтра

Номер опыта	Расход воздуха через алонж, м ³ /с		Продолжительность отбора пробы, с	Привес пыли на фильтре, мг	
	До очистки	После очистки		До очистки	После очистки
1	2	3	4	5	6
Концентрация пыли в воздухе, мг/м ³		Сопротивление фильтра, Па	Степень очистки, %	Удельная пылеемкость, мг/м ³	
До очистки	После очистки				
7	8	9	10	11	

Контрольные вопросы

1. Как устроен волокнистый фильтр?
2. Какие вы знаете фильтры, применяемые на практике?
3. Назовите основные стадии процесса фильтрации.
4. Перечислите основные свойства фильтрующих материалов.
5. Какие требования предъявляются к фильтрам?
6. От каких факторов зависит производительность фильтрующей установки?
7. Как производится регенерация фильтров?

Лабораторная работа № 3: АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы — изучение основных закономерностей очистки газозвудушных выбросов в адсорберах.

3.3.1. Теоретическая часть

Адсорбция — это процесс поглощения веществ из газовой или жидкой фазы твердым пористым поглотителем — адсорбентом. Поглощаемое вещество, находящееся в газовой или жидкой фазе, называется адсорбтивом, а поглощенное — адсорбатом.

Адсорбционные процессы широко применяются для разделения газовых и жидких смесей, тонкой очистки и осушки газов. В последние годы адсорбция находит широкое применение для очистки промышленных выбросов.

Адсорбенты, используемые для этих целей, должны отвечать ряду требований: иметь большую адсорбционную способность при поглощении компонентов с небольшой концентрацией их в очищаемых потоках, обладать высокой селективностью, иметь высокую механическую прочность и способность к регенерации, а также небольшую стоимость.

Для промышленных адсорбентов характерно наличие пор различного размера: микропоры (размер от $5 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ м), переходные поры (от $1,5 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ м) и макропоры

(более $2 \cdot 10^{-7}$ м). Соответственно типам пор адсорбенты бывают микропористые, переходные и макропористые. Но в большинстве случаев промышленные адсорбенты, применяемые для очистки газовых выбросов, относятся к смешанному типу. Промышленные адсорбенты должны иметь развитую удельную поверхность. Так, удельная поверхность адсорбентов с переходными порами колеблется от 10 до 400 м²/г. Поглощающая способность поверхности адсорбентов объясняется особым (несимметричным) состоянием молекул на границе раздела фаз. Как термодинамический процесс адсорбция характеризуется уменьшением свободной энергии системы адсорбент - адсорбат. На практике применяются следующие адсорбенты: активные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты.

Активные угли представляют собой специально обработанные угли для освобождения их пор от смолистых веществ и увеличения адсорбирующей поверхности. Получают их из различных видов органического сырья: твердого топлива, древесины, ореховой скорлупы, отходов кожевенной промышленности и др. Активные угли характеризуются двумя отличительными свойствами: гидрофобностью и горючестью. По размеру и форме частиц они бывают гранулированные и порошкообразные. Гранулированные угли используют в аппаратах с неподвижным слоем, порошкообразные — только для очистки жидкостей. Уголь является единственным неполярным адсорбентом, имеющим промышленное значение. Он обладает поверхностью, состоящей практически из нейтральных атомов одного вида с равномерным распределением зарядов без градиента потенциалов. Уголь является очень эффективным адсорбентом для неполярных органических молекул, даже в присутствии паров воды.

К неполярным адсорбентам относятся силикагели, алюмогели, цеолиты, некоторые оксиды металлов. По своей природе силикагель является гидрофильным адсорбентом с высокой адсорбционной емкостью.

Силикагели используют для осушки газов и поглощения паров полярных органических веществ, например метанола. По сравнению с углями силикагели негорючи, имеют низкую температуру регенерации (100 — 200°C) и соответственно меньшие энергетические затраты на десорбцию. Их возможно синтезировать в широком интервале заданных структурных характеристик при использовании несложных технологических приемов.

Цеолиты по химической природе являются алюмосиликатами, они содержат оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и подразделяются на природные и синтетические. Цеолиты отличаются строго регулярной структурой пор, заполненных при нормальной температуре водой. Нагреванием можно выделить цеолитную воду, а освободившиеся поры могут заполняться другими веществами (жидкими или газообразными). Цеолиты с очень тонкими порами, размеры которых соизмеримы с размерами молекул, называют молекулярными ситами.

Из природных цеолитов практическое применение находят клиноптилолит, морденит, шабазит, эрионит. Разработаны технологии получения синтетических цеолитов, которые представлены алюмосиликатами натрия, кальция и некоторых других металлов. Для адсорбции газовых компонентов применяют преимущественно синтетические цеолиты типов NaA, CaA, CaX, NaX, выпускаемые в виде шарообразных гранул или цилиндров. Основным достоинством цеолитов является то, что их можно использовать при высоких температурах, когда силикагель и глинозем теряют эффективность. Цеолиты применяют как селективные адсорбенты.

В последнее время для очистки газовых выбросов от вредных примесей предложено использовать иониты и активированные углеродные волокна.

Все адсорбенты разделяют на 3 группы:

- 1) неполярные — на них происходит в основном физическая адсорбция;
- 2) полярные, где происходит физическая адсорбция без изменения химической структуры молекул газа и поверхности адсорбента;
- 3) адсорбенты, имеющие поверхности с чисто химической адсорбцией.

Механизм адсорбции молекул газа на поверхности твердых тел очень сложен и зависит от физических и химических свойств как адсорбента, так и адсорбата в каждом конкретном случае.

При адсорбции молекулы газа осаждаются на поверхности адсорбента также, как и при конденсации, а затем удерживаются на ней физическими или химическими силами, или одновременно теми и другими. Это определяется химической природой как адсорбента, так и адсорбата. Некоторые поверхности обладают способностью селективно адсорбировать определенные виды молекул.

Адсорбция газа на поверхности адсорбента происходит в несколько стадий. На первой стадии осуществляется перенос молекул газа к внешней поверхности адсорбента, на второй стадии молекулы газа проникают в поры адсорбента, на третьей — происходит собственно адсорбция молекул в определенные области поры. Третья стадия протекает очень быстро по сравнению с первыми двумя.

Отработанные адсорбенты подвергают регенерации, которая осуществляется либо термическим методом, либо десорбцией насыщенным или перегретым паром. Иногда используют инертные газы. Термическая регенерация проводится при 700 — 800°C, при этом возможны потери адсорбента (5 — 10%).

При регенерации десорбцией используется нагретый пар при 200 — 300°C или инертные газы при 120— 140°C.

Адсорберы, применяемые для очистки газов, подразделяются на аппараты периодического и непрерывного действия. В аппаратах периодического действия слой адсорбента неподвижен, а непрерывные процессы осуществляются в адсорберах с движущимся или кипящим слоем поглотителя.

3.3.2. Описание лабораторной установки

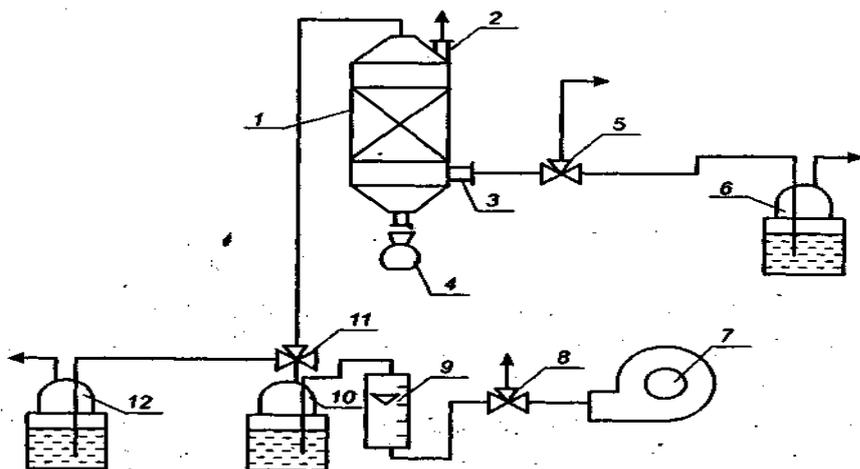


Рис. 4.7. Лабораторная установка адсорбционной очистки газозадушенных выбросов.

Лабораторная установка (рис.7) состоит из адсорбера-1, заполненного активированным углем; воздуходувки-7; источника паров ацетона-10 с дозирующим вентилем-11; сборника конденсата-4; поглотителей-6, 12; ротаметра-9; регулирование направлений газового потока осуществляется

трехходовыми кранами-5, 8, 11.

Для проведения работы на установке необходимо загрузить адсорбер активированным углем через штуцер-2, включить воздуходувку-7 и установить по ротаметру-9 необходимый расход воздуха с помощью регулирующего крана-8. Емкость-10 заполнить ацетоном и краном-11 подавать его пары в воздушный поток от вентилятора. Концентрацию ацетона в воздухе до и после очистки измеряют с помощью поглотителей-6, 12. Газ на очистку подается в адсорбер-1, конденсат собирается в емкость-4. Поток очищаемого газа выводится в вытяжной шкаф. Концентрацию ацетона в воздухе можно регулировать с помощью вентиля-11, а в случае необходимости использовать либо охлаждение емкости-10 льдом, либо ее подогрев на водяной бане. Установка периодического действия. Для десорбции ацетона из угля необходимо продуть ее горячим воздухом. Выгрузка отработанного адсорбента осуществляется через штуцер-3.

3.3.3. Порядок выполнения работы

В соответствии с заданием преподавателя установить необходимый расход воздуха краном-8, открыть кран-11 для подачи паров ацетона в воздушный поток. Определить концентрацию ацетона в воздухе до подачи в адсорбер. После очистки краном-5 направить воздушный поток в поглотитель-6 для отбора пробы на содержание ацетона после адсорбции. При необходимости более точного определения концентрации ацетона ставят последовательно несколько поглотителей-6.

Для отбора пробы воздух просасывают через поглотитель (или поглотители), заполненный 4 мл дистиллированной воды, с расходом 300 мл/мин в течение 5 — 10 мин. Для точных анализов при отборе проб необходимо измерить температуру воздуха и атмосферное давление.

3.3.4. Анализ отобранных проб

Приборы, аппаратура, посуда: колбы конические, колбы мерные на 50 мл, пипетки на 1—2 мл, поглотительные склянки, пробирки с пробками, фотоколориметр, воздуходувка, секундомер, весы.

Реактивы: КОН, ацетон, йод 0,1 н (фиксанал).

Метод основан на взаимодействии ацетона с йодом в щелочной среде с образованием взвешенной в растворе мути йодоформа по реакции:



После отбора проб из поглотителя отобрать 2 мл раствора, поместить в пробирки, добавить 1,5 мл КОН (50% масс) и 1 мл 0,1 н раствора I. Содержимое встряхивать в течение 5 мин, а затем измерить интенсивность помутнения раствора в кювете на 10 мл при длине волны 400 нм. В качестве раствора сравнения нужно использовать дистиллированную воду. Время с момента добавления реактивов до измерения оптической плотности должно быть строго выдержано. Содержание ацетона в анализируемом объеме раствора находят по калибровочному графику. Концентрацию его C , мг/л рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{a \cdot V}{b \cdot V_{cm}}$$

где

a — количество вещества, найденного в анализируемом объеме поглотительного раствора, мкг или мг; V — общий объем поглотительного раствора, мл;

b — объем поглотительного раствора, взятый для анализа, мл;

V_{cm} — объем воздуха, отобранный для анализа, приведенный к стандартным условиям при $T = 20^\circ\text{C}$ (293 К) и атмосферном давлении 101,3 кПа (760 мм рт.ст.):

$$V_{cm} = \frac{V_t \cdot 293 \cdot P}{(273 + t) \cdot 760}$$

Где V_t — объем воздуха при температуре t в месте отбора проб, л;

P — атмосферное давление, мм рт.ст.;

t — температура воздуха, $^\circ\text{C}$.

Степень очистки воздуха n в адсорбере рассчитывают по формуле:

$$n = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}} \cdot 100\%$$

где $C_{вх}$, $C_{вых}$ — концентрация ацетона соответственно на входе и выходе из адсорбера.

По заданию преподавателя можно исследовать зависимость степени очистки газа от расхода воздуха, концентрации в нем ацетона, типа адсорбента, а также найти адсорбционную емкость и время защитного действия адсорбента

3.3.5. Построение градуировочного графика

В мерную колбу вместимостью 50 мл наливают 10—15 мл воды и взвешивают. Затем добавляют

2—3 капли перегнанного ацетона и колбу снова взвешивают. По разности масс находят навеску ацетона и, разделив ее на объем колбы, определяют содержание ацетона в 1 мл раствора. Этот раствор считают основным рабочим раствором. Из него готовят раствор с-содержанием 0,01 мг/мл ацетона, который устойчив в течение рабочего дня.

Шкала стандартов готовится в соответствии с табл. 3.

Табл. 3.

Реактив	0	1	2	3	4	5	6	7
Стандартный раствор, содержащий 0,01 мг/л ацетона, мл	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
Вода, мл	2	1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,5
Раствор КОН (50%)	во все пробирки по 1,5 мл							
Раствор, (0,1 н)	во все пробирки по 1,0 мл							
Содержание ацетона, мкг	0	1	2	4	6	8	10	15

Контрольные вопросы

1. Что такое адсорбция, адсорбент, адсорбтив?
2. Как делятся адсорбенты по размерам пор?
3. Какие вы знаете виды адсорбентов?
4. Каков механизм адсорбции молекул газа?
5. Как производится регенерация адсорбентов?
6. Какие вы знаете типы адсорберов?

Лабораторная работа № 4: ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ

Нефтепродукты в сточных водах АТП и АРП могут быть в свободном, эмульгированном и растворенном состоянии. Наличие эмульгированных нефтепродуктов характеризуется попаданием в сток эмульсий и СМС при мойке автомашин, деталей и узлов.

Масляные эмульсии, попадающие в сток, представляют собой коллоидные растворы, которые состоят из капелек минерального масла, окруженных ионами эмульгатора и ориентированных углеводородными радикалами в сторону масла, а карбоксильными группами в сторону дисперсионной среды (воды). Очистка маслоэмульсионных стоков является серьезной задачей.

Количество нефтесодержащих сточных вод, образующихся на АТП, колеблется от 50 до 1000 м³/сут. Объем сточных вод АРП относительно невелик, но отличается большой загрязненностью, трудностью обработки и высоким содержанием вредных веществ. Необходимо повышение качества ремонта, культуры производства и уменьшение количества требуемой воды для мойки агрегатов и узлов.

Наибольшее количество стоков с высокой концентрацией загрязнений на АРП поступает от участков наружной мойки автомобилей и разборочно-моечного участка. Эти стоки характерны только для АРП и существенно отличаются от стоков промышленных предприятий.

Разборочно-моечный участок АРП обычно состоит из 5—10 моечных постов для мойки кабин, оперения и отдельных узлов и деталей. Почти все установки разборочно-моечного участка имеют обратную систему подачи моющих растворов, в качестве которых

используется вода (80—100 °С) с добавлением едкого натра или технических моющих средств типа Лабомид или Темп. После мойки в горячем растворе узлы и агрегаты ополаскиваются горячей водой (80—100°С). Детали, прошедшие очистку растворами типа Лабомид, не требуют ополаскивания. После многократного использования моющие растворы и промывочные воды содержат взвешенные вещества и нефтепродукты в эмульгированном состоянии. Отработанные растворы типа Лабомид, поступающие от моечных машин, содержат переднем 5 г/л нефтепродуктов, 20 г/л щелочных электролитов, 0,1 г/л ПАВ.

Количество стоков составляет: непрерывных — 30—100 м³/сут, периодических — 20—30 м³/смену. К непрерывным относятся стоки от промывки аккумуляторов и деталей после смены моющего состава, к периодическим (единовременный сброс от ванн, установок, а также воды от промывки этих ванн. Периодический сброс производят в основном в ночную смену. Такая технология требует увеличения очистных сооружений, поэтому периодический спуск стока осуществляют строго по графику.

Сильное механическое перемешивание моющего раствора (перекачка в оборотной системе) и длительный контакт загрязнений с раствором обуславливают стабилизацию эмульсий.

Это влияет на снижение эффективности моющего раствора и увеличивает затраты тепловой энергии на 20—45% (на подогрев обрабатываемой жидкости). Чем дольше не выводится из раствора загрязнение, тем больше накапливается нефтяных мыл и тем стабильнее становится эмульсия. Поэтому для продления срока службы раствора и повышения качества мойки поверхностей необходимо применять технологическую очистку моющего раствора в процессе его использования;

Очистка раствора производится отстоем с коагуляцией и фильтрацией (коагуляция может быть заменена электрокоагуляцией).

Наиболее рациональными методами очистки растворов являются ультрафильтрация через полупроницаемые мембраны.

Ультрафильтрация. Способ ультрафильтрационного разделения масляных эмульсий состоит в том, что эмульсия с определенной скоростью под давлением до 0,5 МПа прокачивается вдоль мембран. При этом вода вместе с истинно растворимыми солями проходит через мембраны, а частицы минеральных масел, продуктов их превращений, а также самые мельчайшие механические примеси задерживаются. Задерживаются также отдельные компоненты моющих средств, физически адсорбирующиеся на частицах загрязнений и образующие нерастворимые комплексы с загрязнениями или солями воды. Это в некоторой степени относится к ПАВ и полифосфатам натрия.

Постоянное движение эмульсии позволяет обновлять ее у поверхности мембраны и создает условия, при которых производительность фильтрации незначительно понижается вплоть до содержания масла около 40%, а затем резко падает. Эта пороговая концентрация зависит также от интенсивности перемешивания и скорости движения потока вдоль трубок, температуры концентрированной эмульсии и давления во всех последовательно соединенных трубчатых мембранах, а также концентрации и вида ПАВ. Для регенерации водных растворов технических моющих средств разработаны блоки трубчатых ультрафильтрационных мембран БТУ 0,5/2 Ф1. В одном блоке объединены семь трубок с внутренним диаметром 12,6 мм и длиной 2 м путем заливки их с двух сторон эпоксидной композицией. Каркас трубок изготавливается из стеклоткани с порами около 10—14 мкм. В этих трубках на внутреннюю поверхность нанесена фторлоновая мембрана толщиной 60—100 мкм, имеющая поры со средним диаметром около 500 Å⁰. Материалы трубок и мембраны выдерживают водные растворы кислот и щелочей при температуре 20—70°С. Поэтому все моющие щелочные растворы могут регенерироваться в холодном или нагретом до рабочей температуры виде.

Для уменьшения забивания пор трубчатых мембран рекомендуется поддерживать в них скорость потока не менее 5 м/с и периодически, по мере снижения производительности фильтрования, промывать моющими растворами. Иное положение

складывается при ультрафильтрации эмульсий моющих растворов. Так как они обладают достаточной моющей способностью по отношению к масляным загрязнениям, которые являются основным фактором закупоривания (замазывания) пор, то при наших испытаниях не наблюдалось закупоривание и при скорости 1,2 м/с. Особенно хорошие результаты ультрафильтрации достигаются при подогретых растворах, когда наиболее полно проявляется их моющая способность. С повышением температуры разделяемой эмульсии производительность ультрафильтрации возрастает прямолинейно. Например, при температуре 20°C производительность фильтрации через мембраны БТУ 0,5/2 Ф1 составляет около 50 л/(м²·ч), а при температуре 70°C - 150-350 л/(м²·ч).

Применение мембранной технологии разделения масляных эмульсий является значительным прогрессом в решении проблемы охраны окружающей среды.

Основные достоинства процесса мембранного разделения эмульсий и суспензий:

- не требуется введения химикатов, снижающих стабильность разделяемых систем;
- высокая степень чистоты фильтрата и практически полное сохранение в нем моющих компонентов;
- практически отсутствует зависимость эффективности и производительности фильтрации от марки технического моющего средства, стабильности и концентрации нефтепродуктов в эмульсии до 300 г/л;
- компактность установки, малые суммарные затраты на ее обслуживание и эксплуатацию, малые потери моющих растворов при фильтрации;
- возможность бесконечного использования моющей жидкости без образования сточных вод.

Ультрафильтрацией достигается высокая степень концентрирования выделенных нефтепродуктов (до 30%-ной эмульсии). Такая эмульсия становится нестабильной. Поэтому, давай отстояться в течение нескольких часов, можно получить еще более концентрированную эмульсию, которая пригодна к сжиганию через форсунки и иногда к регенерации.

Из недостатков мембранной ультрафильтрационной установки следует отметить недопустимость присутствия в очищаемой эмульсии твердых абразивных взвесей крупностью более 50—100 мкм из-за возможного износа мембраны движущейся суспензией. Поэтому мембранную установку ставят, как правило, после отстойника, грубого фильтра или другого очищающего устройства, обеспечивающего требуемый класс чистоты жидкости. Ультрафильтрационная установка (рис.) включает емкость-отстойник для отработанного моющего раствора, три бака 9,10, 11, блоки 6 ультрафильтрационной очистки, насос 8, трубопроводы и запорную аппаратуру. Отстоявшийся раствор из дополнительного отстойника самотеком поступает по трубопроводу 1 через запорное устройство 13 в бак 10. Из него насос 8 забирает моющую жидкость и попадает по напорному патрубку в блоки трубчатых ультрафильтров 6. Очищенный раствор по трубопроводу 5 сливается в бак 11, а в бак 10 автоматически доливаемая подлежащая очистке эмульсия. Со временем в баке 10 накапливается все более концентрированная эмульсия. При определенной концентрации масла, близкой к 40%, производительность ультрафильтрации резко падает. Поэтому установка должна быть оснащена прибором контроля содержания масла. При достижении упомянутой концентрации по команде прибора автоматически концентрат перекачивается в бак 9. После заполнения бака 10 новой порцией эмульсии цикл ультрафильтрации повторяется. Фильтрат периодически сливается в емкость для регенерированного моющего раствора. На некоторых ультрафильтрационных установках в тех случаях, когда требуется очень чистый фильтрат, для его откачки устанавливается специальный насос. В ультрафильтрационной установке ОМ-22629 вместо прибора контроля масла установлено устройство контроля производительности. Поэтому недопустимо малая производительность фильтрации служит сигналом для перекачки концентрата из среднего

бака 10 в бак 9 и к обновлению регенерируемого моющего раствора в баке 10. Описанная схема ультрафильтрационной установки позволяет при необходимости промывать трубчатые мембраны фильтратом, если внутренние поверхности трубок замаслятся.)

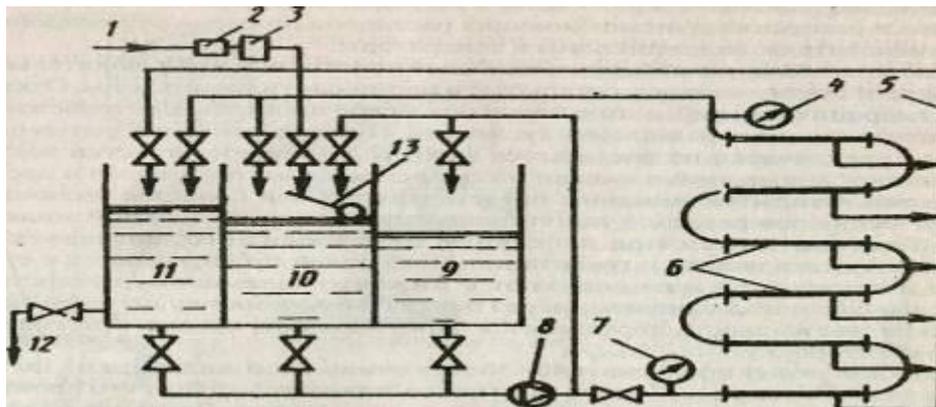


Рисунок 8.

Схема ультрафильтрационной мембранной установки: 1 — трубопровод подачи раствора на очистку; 2 — электромагнитное запорное устройство; 3 — фильтр грубой очистки; 4, 7 — манометры; 5 — трубопровод ультрафильтрата; 6 — блоки трубчатых ультрафильтрационных мембран; 8 — насос; 9 — бак концентрата; 10 — бак для грязного раствора; 11 — бак фильтрата; 12 — трубопровод слива фильтрата; 13 — поплавковое запорное устройство

Лабораторная работа №5: ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД СОДЕРЖАЩИХ ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Наиболее токсичные сточные воды, сбрасываемые АРП, поступают от цехов и участков гальванических покрытий и других видов обработки поверхностей металлов (травления, пассивации, электрополировки, никелирования и др.). Эти сточные воды содержат кислоты, щелочи, соединения хрома, соли меди, никеля, цинка, кадмия и других металлов. Сброс этих сточных вод в открытые водоемы и городскую канализацию недопустим без соответствующей очистки.

Основное количество кислотно-щелочных стоков от гальванических участков поступает непрерывно в течение смены от промывки изделий после обезжиривания, травления, нанесения защитных и декоративных покрытий. Периодически сбрасываются отработанные растворы электролитов от основных ванн в их промывные воды.

Стоки гальванических участков АРП характеризуются следующей концентрацией загрязнений (мг/л):

<i>Взвешенные вещества</i>	400—800
<i>Сухой остаток</i>	600—3000
<i>Хлориды (Cl⁻)</i>	500-1000
<i>Сульфаты (SO₄⁻²)</i>	400-800
<i>Хром(Cr⁺⁶)</i>	200-240
<i>Ионы тяжелых металлов</i>	200—500

Количество сточных вод от гальванических участков АРП зависит от назначения и программы предприятия и составляет около 5—7 м³/сут. Наиболее постоянным стоком является сток от промывки деталей. Количество сточных вод составляет в среднем для холодной промывки 0,6—0,8 м³/ч, для горячей — 0,3—0,5 м³/ч.

Отработанные растворы из рабочих ванн сменяются один раз в несколько суток. Травильные растворы сменяются один раз в 3—12 сут. Электролиты, содержащие хром, заменяются в тех случаях, когда в ваннах скапливается значительное количество грязи и примесей, нарушающих технологический процесс. Растворы фильтруются, корректируются и возвращаются в рабочие ванны, а сток от промывки спускается в канализацию.

Сточные воды от гальванических участков по характеру загрязнений разделяются на две группы: сточные воды, содержащие хромовую кислоту (после хромирования изделий); кислые и щелочные стоки (от обезжиривания и травления поверхностей). Обработка этих стоков производится отдельно.

Электрокоагуляция. При электрокоагуляции на моющий раствор воздействует электрическое поле, под влиянием которого происходит поляризация частиц загрязнений и появляются силы, способствующие их сближению. Эти силы тем больше, чем выше электропроводность раствора и ниже электропроводность частиц загрязнений. Применение электрокоагуляции наиболее целесообразно для очистки растворов от мелкодиспергированных загрязнений, обладающих низкой электропроводностью. Такими загрязнениями являются нефтепродукты.

Схема моечной установки с применением электрокоагуляции для очистки растворов показана на рис. 1.

Отработанный моющий раствор из ванны 2 насосом 1 перекачивается в бак 6 для его отстоя и подогрева. Осветленный при естественном отстаивании раствор верхнего уровня бака двумя другими насосами 1 подается к гидрантам 3 моечной машины. Более крупные частицы загрязнений оседают в грязесборнике 7, а раствор насыщается мелкодиспергированными загрязнениями вплоть до концентрации, когда эксплуатационные свойства раствора резко ухудшаются. Наступает момент электрокоагуляции раствора. При этом перекрывают клапаном 8 горловину грязесборника и удаляют из него осадок сжатым воздухом. Сливают всплывшие на поверхность раствора нефтепродукты и добавляют воду до необходимого уровня. Раствор подают насосом 10 в электрокоагулятор 4, откуда он самотеком поступает в бак. В нем скоагулированные загрязнения оседают в грязесборник и удаляются из него, а флотированные — сливаются с поверхности раствора. В заключение проводят корректировку концентрации СМС.

Электрокоагуляцию осуществляют в растворе с подогревом до 50°C при плотности тока 180 А/м² и расстоянии между электродами 40 мм.

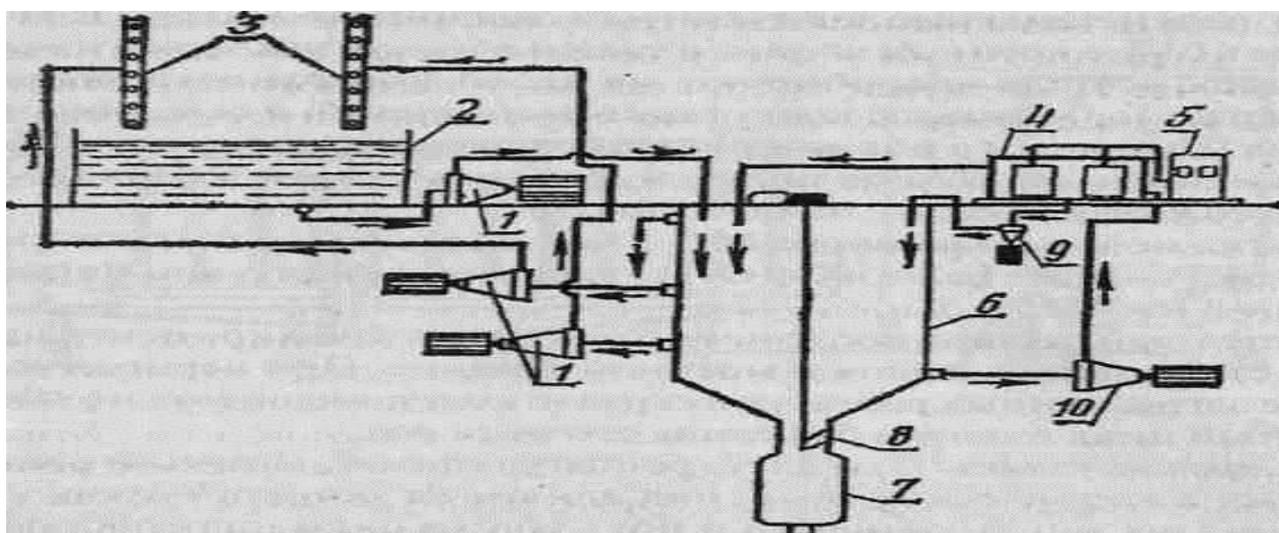


Рисунок 9.

Схема моечной установки с применением электрокоагуляции для очистки раствора: 1, 9 и 10 — насосы; 2 — ванна; 3 — гидранты; 4 — электрокоагулятор; 5 — источник постоянного электрического тока;

6 — бак для отстоя и подогрева моющего раствора; 7 — грязесборник; 8 — клапан
На обработку одного кубического метра моющего раствора расходуется 4 кВт·ч электроэнергии.

Эффект очистки 99%, а моющая способность раствора восстанавливается при добавлении 30% моющего средства по сравнению со свежеприготовленным.

Лабораторные работа №6 БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение навыков определения основных характеристик производственных сточных вод, активного ила (биохимическое потребление кислорода — БПК, химическое потребление кислорода — ХПК, илового индекса) и исследование влияния технологических факторов (концентрации активного ила, нагрузки БПК на ил, состава сточных вод, температуры, pH, расхода воздуха и др.) на эффективность биологической очистки сточных вод.

6.1.1. Теоретическая часть

Биологическая очистка является одним из самых перспективных методов обезвреживания сточных вод, содержащих целый комплекс органических и неорганических веществ.

Биологическая очистка сточных вод основана на биохимическом разрушении органических веществ с участием живых организмов разного уровня организации. В связи с этим в литературе понятия биологической и биохимической очистки часто совмещают. Биологическая очистка является более широким понятием по сравнению с биохимической, поэтому в дальнейшем они будут использоваться по тексту.

Как правило, полная схема очистки сточных вод включает узлы механической и биологической очистки, обеззараживание очищенной воды и обработки полученных осадков. Достоинствами биологического метода являются: возможность удаления из сточных вод разнообразных органических соединений, и том числе токсичных, простота аппаратного оформления, относительно невысокие эксплуатационные расходы. В связи с этим, несмотря на высокие капитальные затраты на строительство очистных сооружений, биохимическая очистка сточных вод находит широкое применение в промышленности и коммунальном хозяйстве.

Эффект очистки и обеззараживания воды достигается за счет утилизации органических и неорганических загрязнений активным илом, представляющим собой многовидовой микробный ценоз в виде хлопьев, заселенных аэробными микроорганизмами — зооглеями и простейшими.

Микроорганизмы и простейшие активного ила в процессе своей жизнедеятельности способны утилизировать подавляющее большинство самых сложных химических соединений (углеводы, белки, жиры, алифатические, ароматические, полициклические углеводороды и их производные, содержащие азот, серу, некоторые металлы).

Утилизация сложнейших веществ осуществляется микроорганизмами благодаря наличию в их клетках так называемых биологических катализаторов-ферментов, обладающих высокой каталитической активностью. Ферменты вырабатываются клеткой в соответствии с ее потребностями; некоторые ферменты появляются только тогда, когда в них возникает необходимость (индуктивные и индуцированные ферменты).

Наличие индуктивных ферментов обеспечивает высокую активность обмена веществ у организмов, делает их «всеядными» и обеспечивает исключительно высокую приспособляемость к окружающим условиям. Только микроорганизмы-бактерии и в меньшей степени — грибы способны утилизировать стойкие химические соединения, не доступные другим живым организмам.

Процесс расщепления органических соединений микроорганизмами может идти

при участии кислорода (аэробное окисление) и без него (анаэробное окисление). Аэробные и анаэробные процессы постоянно протекают в воздухе, воде, почве и способствуют их самоочищению. Процессы биологической очистки сточных вод в промышленности идентичны естественным процессам, только протекают более интенсивно за счет создания благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов. Как правило, в промышленности очистка сточных вод осуществляется в аэробных (15 аэротенках, аэрируемых прудах, биофильтрах, полях фильтрации) условиях, а обработка осадков — в анаэробных (в метантенках).

Скорость процесса и качество биологической очистки сточных вод зависят от многих факторов и прежде всего от состава загрязнений. Многие соединения оказывают токсическое воздействие на микроорганизмы активного ила. Так, например, фенол и формалин образуют комплексные соединения с белками протоплазмы; пероксид водорода и производные хлора имеют сильное окислительное действие; спирт, эфир, ацетон разрушают липоидную оболочку клетки. Наличие этих веществ в сточных водах, их концентрация определяют длительность адаптации ила — она может продолжаться от 1—2 сут. до нескольких месяцев.

Повышенная концентрация в воде даже нетоксичных солей может вредно сказываться на жизнедеятельности микроорганизмов вследствие изменения осмотического давления внутри и снаружи клетки. Это служит причиной потери клеткой воды из вакуоли, ее плазмолиза. Вредное влияние могут оказывать и все поверхностно-активные вещества.

Большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов оказывает температура, но отношению к которой все микроорганизмы делятся на мезофилы, психрофилы, термофилы.

Мезофилы лучше всего приспособлены к существованию в интервале средних температур — они могут нормально существовать при 20—40°C. К ним относится большинство микроорганизмов.

Некоторые микроорганизмы приспособились к жизнедеятельности при температуре 3—10°C — это психрофилы.

Микроорганизмы, способные существовать при повышенных температурах (50—70°C), называют термофилами.

Однако все микроорганизмы лучше переносят пониженные температуры, чем повышенные. Кроме того, при повышении температуры растет потребление кислорода, поэтому процесс биологической очистки сточных вод ведут при температуре 10—20°C.

Важное значение для жизнедеятельности микроорганизмов имеет активная реакция среды. Большинство микроорганизмов приспособлено к существованию в нейтральной среде, и только отдельные виды могут существовать в кислой и щелочной средах. В практике ведения процессов биологической очистки наиболее целесообразно поддерживать рН воды в пределах от 4 до 9. Изменение рН влечет за собой снижение качества очистки вод и седиментационных свойств ила.

Важнейшим фактором, влияющим на рост и развитие микроорганизмов, является насыщение воды кислородом. Недостаток кислорода в среде служит причиной угнетения жизнедеятельности микроорганизмов, вследствие чего замедляется процесс и ухудшается качество очистки воды, повышается иловый индекс.

Эффективность и скорость процесса биологической очистки сточных вод адаптированным активным илом зависят от его концентрации в аэротенках. Низкая концентрация активного ила является причиной медленного снижения концентрации загрязнений. В сточных водах, богатых органическими веществами, микроорганизмы не испытывают недостатка в источниках углерода. Однако для их жизнедеятельности необходимы многие другие элементы: фосфор, азот, калий, магний, железо и т. д. Те из них, которые требуются для жизнедеятельности микроорганизмов в незначительном количестве, не приходится дополнительно вносить в питательную среду, так как их достаточно содержится в воде. Однако такие эндогенные элементы, как фосфор и азот, обычно приходится дополнительно вносить в сточную воду, подлежащую биологической очистке.

Чаще всего их вносят в соотношении ВПК:Р : N = 100 : 4 : 1. Недостаток фосфора и азота приводит к снижению скорости и качества очистки сточных вод.

Все факторы, влияющие на процесс биологической очистки, тесно взаимосвязаны. Например, рост температуры вызывает повышенное потребление кислорода, эндогенных элементов и т. д. В промышленных условиях необходимо постоянно контролировать качество поступающей на очистку воды: рН, содержание токсичных веществ, БПК, ХПК, температуру, качество очищаемой воды, микробиологический состав и свойства активного ила.

БПК (биохимическое потребление кислорода) — это количество кислорода в мг, израсходованного в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в литре исследуемой воды

ХПК (химическое потребление кислорода) — это количество кислорода в мг, необходимое для окисления всех примесей в воде (органических и неорганических), содержащихся в литре воды и реагирующих с сильными окислителями.

Из определений видно, что ХПК характеризует общее содержание примесей в воде, а ВПК — только тех из них, которые поддаются биохимическому разложению.

Важными показателями очистки сточных вод являются прирост биомассы и скорость роста клеток.

Прирост биомассы зависит от соотношения количества органических веществ, поддающихся биохимическому распаду (ВПК), к общему количеству органических веществ в сточных водах (ХПК). Чем больше величина этого соотношения, тем выше прирост биомассы, так как он происходит за счет разности в количестве органического вещества, оцениваемого по ХПК и ВПК. Кроме того, на прирост биомассы влияют условия жизнедеятельности микроорганизмов.

Для ориентировочного расчета прироста биомассы можно пользоваться уравнением (1.1):

$$C = K - (XPK - BPK), \quad (1.1)$$

где C — прирост биомассы активного ила в аэротенках, рассчитанных на полную очистку, мг (кг); K — коэффициент пропорциональности, характеризующий качество ила (для промышленных сточных вод $K \sim 0,1 - 0,9$); или уравнением (1.2):

$$0 = \frac{XPK_i - XPK_o - BPK_n - BPK_o}{a}, \quad (1.2)$$

где XPK_n и XPK_o — химическое потребление кислорода соответственно в неочищенной и очищенной воде, мгО./л; BPK_n и BPK_o — биохимическое потребление кислорода в неочищенной и очищенной воде, мг О /л; a — убыль биомассы активного ила вследствие автокатализа за время пребывания жидкости; аэротенке, мг; ε — ХПК 1 мг биомассы активного ила (ЛИ), мг.

Суммарный прирост биомассы рекомендуется определять весовым методом. Ниже рассмотрены методы определения указанных показателей, которые применяются при контроле работы биологических очистных сооружений.

6.1.2. Описание лабораторной установки

Процесс биологической очистки сточных вод проводится в биоокислителях (рис. 10), выполненных в виде колонок (5, 7). Для регенерации активного ила, а также для обеспечения процесса очистки в протоке установлена аналогичная колонка (7). Установка снабжается сжатым воздухом от воздуходувки (6) через вентили (9) и ротаметры (8). Отработанный воздух через штуцеры (3) выбрасывается из колонок. Очищаемая жидкость заливается в колонку через штуцер (4) из делительной воронки (1). Расход очищаемой жидкости и скорость ее подачи регулируется с помощью вентиля (2). Краны (11) служат для отбора пробы воды на анализ. Рециркуляция жидкости производится с помощью насоса (13) и вентиля (12). При отсутствии насоса можно использовать любую емкость для сбора очищенной воды. При необходимости повторной очистки воды ее переливают в

воронку (1). Воздуходувка (6) и ротаметры (8) должны быть установлены на отметке выше уровня жидкости в колонках.

Для работы на установке необходимо заполнить колонку (5) жидкостью из воронки (1). Включить воздуходувку (6). Установить с помощью вентиля (9) и ротаметра (8) необходимый расход воздуха. Провести процесс очистки воды в соответствии с заданием преподавателя. Отбор проб для анализов производится через краны (11). Для остановки работы колонки отключают воздуходувку (6) и закрывают вентили (9, 2).

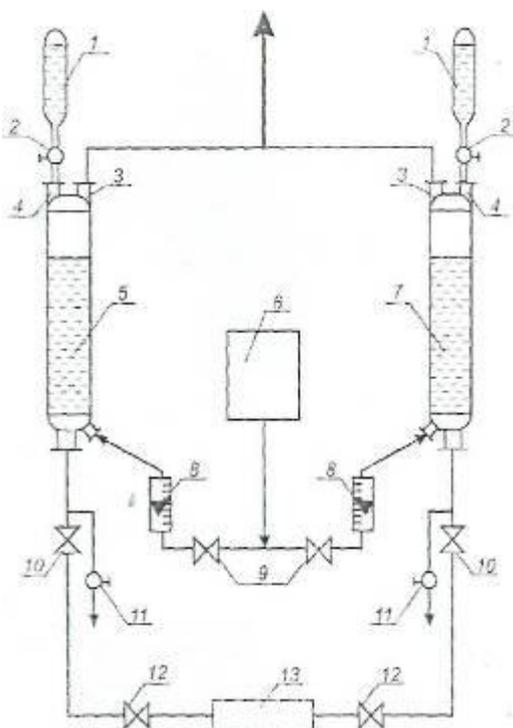


Рис. 1.1. Схема лабораторной установки для биологической очистки сточных вод.

6.1.3. Порядок выполнения работы

Перед началом работы необходимо установить характеристики исходной воды: рН, БПК, ХПК, содержание взвешенных частиц и др. по указанию преподавателя. Анализы выполняют по приведенным ниже методикам.

Затем надо подготовить воду для очистки: установить значение рН, внести заданное количество питательных солей. После включения воздуходувки вентилем- установить необходимый расход воздуха. Отметить время пуска установки и приступить к анализу исходной воды на ХПК и БПК.

Первый отбор пробы воды для анализа ХПК, БПК, концентраций АИ и илового индекса сделать через 1 ч после пуска установки. В дальнейшем отбор проб воды и их анализ производить каждые 30 мин (по согласованию с преподавателем).

На основании полученных данных построить графики изменения БПК, ХПК, илового индекса, рН по времени.

Работу можно проводить в стационарном режиме, т. е. на протяжении всего процесса не добавлять в колонку загрязненную воду; или в непрерывном, когда из делительной колонки- постоянно каплями полагается вода на очистку, а снизу через кран-// такое же количество воды удаляется из колонки.

6.1.4. Методы анализа

6.1.4.1. Определение биохимического потребления кислорода (БПК)

Посуда для анализа: кислородные склянки, пипетки на 1 и 5 мл, мерные колбы на 100 и 500 мл, конические колбы на 500 мл. *Необходимые реактивы:*

- хлорид или сульфат марганца (II): для приготовления 1 л раствора растворить 480 г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ или 425 г $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ в дистиллированной воде в мерной колбе; приготовленный раствор отфильтровать;
- едкое кали — 70%-ный раствор;
- гипосульфит натрия — 0,1 н раствор;
- мочевины — 40%-ный раствор;
- крахмал — 0,5-ный раствор;
- серная кислота — в фарфоровом стакане смешивают 2 объема концентрированной H_2SO_4 с 3 объемами дистиллированной воды (наливать при помешивании в воду, а не наоборот).

Биохимическое потребление кислорода определяют количеством кислорода в мг/л, которое потребуется для окисления находящихся в воде органических веществ.

Метод заключается в следующем. Отобранную пробу воды насыщают кислородом воздуха, встряхивая в течение 1 мин, разливают в кислородные склянки и в первых двух определяют содержание кислорода немедленно, а в двух других — после инкубации в стандартных условиях, т. е. при температуре 20°C без доступа воздуха и света в течение определенного времени.

Биохимическое

потребление кислорода вычисляют по разности его содержания в воде до и после инкубации. При определении БПК она длится 5 суток.

Порядок определения. Исследуемую воду заливают в бутылку не более чем на 2/3 объема, устанавливая температуру воды 20°C (нагреванием на водяной бане или охлаждением) и сильно встряхивают в течение 1 мин для насыщения воздухом. После этого 10 мл пробы переносят пипеткой в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводят до метки водой и встряхивают, а затем пипеткой отбирают 5 мл пробы. Переносят в мерную колбу вместимостью 500 мл и доводят до метки водой. Таким образом исследуемую воду разбавили в 1000 раз. Если известно, что величина БПК₅ составляет от 0 до 6 мг O_2 /л, то анализ исследуемой воды можно проводить без разбавления — сразу после насыщения ее воздухом. Подготовленной соответствующим образом водой заполняют до краев 4 кислородные склянки. Две из них закрывают и помещают в термостат при температуре $20 \pm 1^\circ C$ на 5 суток (этот срок инкубации

признан стандартным). По истечении указанного времени определяют концентрацию кислорода в пробах. В двух других склянках эту концентрацию определяют тотчас же после заполнения. Уменьшение концентрации кислорода в течение 5 сут., отнесенное к 1 л воды, и является биохимическим потреблением кислорода данной пробой воды.

При определении концентрации кислорода в исследуемой пробе вначале проводят его фиксацию. Для этого в каждую склянку вносят 1 мл раствора хлорида марганца (при этом пипетку следует опускать на дно склянки), другой пипеткой приливают 1 мл щелочного раствора йодида калия (в этом случае пипетку подводят только подуровень пробы в горлышке склянки). Затем склянку осторожно закрывают пробкой таким образом, чтобы под ней не оставалось пузырьков воздуха. Закрытую склянку 40 раз переворачивают вверх дном для перемешивания содержимого, затем дают осадку собраться на дне, открывают склянку и добавляют 5 мл разбавленной серной кислоты. Одновременно вводят 0,15 мл 40%-ого раствора мочевины. Склянку закрывают пробкой и встряхивают до полного растворения осадка. Затем содержимое склянки количественно переносят в коническую колбу на 500 мл и титруют до бледно-соломенного цвета 0,1 н раствором гипосульфита натрия. В колбочку добавляют 1 мл 0,5%-ого раствора крахмала и быстро оттитровывают до первого исчезновения синей окраски.

6.1.4.2. Определение химического потребления кислорода (ХПК)

В данном практикуме ХПК определяют методом дихроматной окисляемости, который считается арбитражным.

Посуда для анализа: мерные колбы на 100 мл: круглодонные колбы со шлифами на 250 мл; обратные шариковые холодильники со шлифами; колба Эрлен-мейера на 500 мл; пипетки на 2 и 10 мл: стеклянные капилляры.

Необходимые реактивы:

- дихромат калия 0,25 н раствор (готовят растворением 12,2590 г $K_2Cr_2O_7$ дистиллированной водой в мерной колбе на 1 л);
- серная кислота (плотность 1,84 г/см³);
- сульфат серебра кристаллический;
- М-фенилантраниловая кислота (готовят растворением 0,25 г реактива в 12 мл 0,1 н раствора $NaOH$ и разбавлением дистиллированной водой до 250 мл);
- соль Мора 0,25 н раствор (готовят растворением 98 г $Fe(III)_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$ в дистиллированной воде, содержащей 20 мл кони. H_2SO_4 ; после охлаждения объем доводят до 1 л дистиллированной водой).

Дихромат калия при кипячении в кислой среде окисляет большое количество органических веществ и некоторые минеральные соединения, присутствующие в сточной воде. Для полноты окисления добавляют сульфат серебра. Незначительное число соединений (бензол, толуол и другие ароматические углеводороды, а также пиридин) совсем не окисляются, даже в присутствии катализатора.

Порядок определения. Определение производят в разбавленной воде (пипеткой отбирают 10 мл исходной воды, вносят ее в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой). После тщательного перемешивания 2 мл разбавленной исследуемой воды переносят пипеткой в круглодонную колбу. Добавляют 10 мл 0,25 н раствора дихромата калия $K_2Cr_2O_7$, 0,4 г сульфата серебра Ag_2SO_4 (крист.), стеклянные шарики или кусочки пемзы. Смесь перемешивают и осторожно приливают 60 мл концентрированной серной кислоты, вставляют в колбу обратный холодильник и кипятят 15 мин на песчаной бане. После окончания кипячения и остывания смеси отсоединяют холодильник, смывают продукты реакции из холодильника в колбу дистиллированной водой (25 мл), взятой в пипетку. Содержимое реакционной колбы переносят в колбу Эрленмейера вместимостью 500 мл. Реакционную колбу тщательно промывают (4 — 5 раз) дистиллированной водой (200 мл). Добавив 5 капель раствора фенилантраниловой кислоты, титруют солью Мора до перехода окраски из бурой в изумрудно-зеленую.

При холостом опыте берут вместо сточной воды такое же количество дистиллированной

воды и проводят весь анализ, как описано выше.

При проведении анализа необходимо следить за тем, чтобы при кипячении сохранялся золотисто-желтый оттенок жидкости. Если проба становится желто-зеленой, это значит, что добавленного дихромата не хватает на полное окисление. В этом случае следует уменьшить количество анализируемой воды.

Дихроматную окисляемость (ХПК) вычисляют по формуле:

$$X = (a - b) \cdot k \cdot N \cdot 8 \cdot 1000 / K$$

где a — объем раствора соли Мора, израсходованной на титрование в холостом опыте, мл; b — объем того же раствора, израсходованного на титрование пробы, мл; k — поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора соли Мора к точно 0,25 н/л — нормальность титрованного раствора соли (0,25); 8 — количество кислорода, соответствующее 1 мл раствора дихромата калия, мг; V — объем пробы, взятой для анализа, мл.

Результаты округляют до целых долей мг/л (кг/м³).

Поправочный коэффициент k находится в тех же пробах после определения окисляемости. Для этого в оттитрованный раствор вносят пипеткой еще 5 мл 0,25 н раствора дихромата калия и аналогичным образом оттитровывают.

Для расчета поправочного коэффициента берут среднее значение из трех сходящихся опытов при титровании (разница между ними не должна превышать 0,1 мм):

При невозможности постановки вышеописанного арбитражного метода определения ХПК его можно заменить экспресс-методом.

Для этого в термостойкую колбу вместимостью 125 мл помещают 5 мл исследуемой пробы воды и осторожно приливают 10 мл серно-хромовой смеси (1 : 1). Содержимое колбы перемешивают, помещают туда центры кипения, сверху колбу закрывают стеклянной воронкой. Затем колбу устанавливают на песчаную баню или плитку, покрытую асбестом, и доводят до кипения, поддерживая его в течение 10 мин. После этого колбу с исследуемой водой охлаждают, аккуратно по стенке вливают 15 мл дистиллированной воды, добавляют 5—7 капель фенилантралиновой кислоты и титруют 0,1 н раствором соли Мора до изумрудно-зеленого цвета.

Параллельно проводят опыт с 5 мл дистиллированной воды. Дихроматную окисляемость (ХПК) в мг 0, /л вычисляют по формуле:

$$ХПК = 800 (a - в) КК$$

где a — объем раствора соли Мора, израсходованного в холостом опыте, мл; $в$ — объем раствора соли Мора, пошедшего на титрование пробы, мл; $К$ — поправочный коэффициент к нормальности раствора соли Мора; V — объем пробы воды, взятой для анализа, мл.

6.1.4.3. Определение концентрации активного ила

Предварительно высушенный и взвешенный фильтр помещают в воронку Бюхнера, вставленную в колбу Бунзена, которая соединена с водоструйным насосом. Фильтр смачивают водой, плотно его присасывают и выливают на него 50 мл иловой смеси. После того, как жидкость отфильтруется, осадок активного ила промывают дистиллированной водой.

Фильтр с осадком помещают в предварительно взвешенный бюкс и сушат в сушильном шкафу при температуре Ю5°С в течение 60 мин. Бюксы с фильтрами охлаждают в эксикаторе в течение 30 мин и взвешивают.

Определяют сухую массу активного ила a , г/л в иловой смеси:

$a = (B - c) \cdot 1000 / 50$, где B — масса бюкса с фильтром и осадком, г; c — масса бюкса с фильтром, г.

6.1.4.4. Определение илового индекса

Суть метода заключается в определении объема, занимаемого 1 г активного ила после осаждения в течение 30 мин в однолитровом стандартном цилиндре.

Порядок определения. Пользуясь результатами анализа, полученными в п. 2.1.4.3, определяют объем V , мл иловой смеси, в которой содержится 0,1 г сухого вещества:

$$V = 100/a,$$

где a — сухая масса ила, г/л.

Полученный объем иловой смеси вносят в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой. После тщательного взбалтывания смесь записывают в мерный цилиндр вместимостью 100 мл и оставляют в течение 30 мин.

Контрольные вопросы /.

- 1) Что такое сточные воды?
- 2) Назовите основные методы обработки сточных вод.
- 3) В чем сущность очистки, обезвреживания и обеззараживания сточных вод?
- 4) В чем заключаются основные принципы защиты вод от загрязнений?
- 5) Что такое биологическая очистка сточных вод?
- 6) Что такое ферменты? Какова их роль в процессе биологической очистки сточных вод?
- 7) Какие условия необходимо соблюдать в процессе биологической очистки сточных вод?
- 8) Какие вы знаете показатели качества сточных вод при биологической очистке?
- 9) Что такое биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК) иловый индекс?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1) Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь. - Мн.: МПР и ООС РБ, 1998. — 52 с.
- 2) Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. - М.: Высшая школа, 1978. — 268 с.
- 3) Сборники методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельность и лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. Ч. 1—3. - Мн.: Минприроды РБ, 1996--1998.
- 4) Возная Н.И. Химия воды и микробиология. - М.: Высшая школа,
- 5) 1979. — 341 с.
- 6) Методы технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. - М.: Стройиздат, 1977. — 303 с.
- 7) Челноков А.А., Юшенко Л.Ф. Основы промышленной экологии. - Мн.: Высш. школа, 2001. — 343 с.