

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Водообеспечение и водоотведение в производственных процессах»
для студентов очной/заочной формы обучения
направления подготовки
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии

Содержание

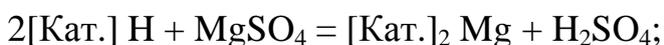
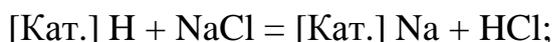
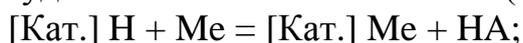
Лабораторная работа № 1. Обессоливание воды ионитами	3
Лабораторная работа № 2. Определение оптимальной дозы коагулянта для очистки производственных сточных вод	11
Лабораторная работа № 3. Определение биохимического показателя сточных вод	19
Лабораторная работа № 4. Определение дегидрогеназной активности ила (ДАИ) очистных сооружений.....	26
Лабораторная работа №5 Очистка сточных вод методом электрофлотации.....	30

Лабораторная работа № 1 Обессоливание воды ионитами

Цель работы. Практическое ознакомление с использованием ионообменных процессов для улучшения качества воды.

Общие сведения. Ионообменный метод очистки воды имеет в настоящее время широкое применение. Существует более 300 видов производств, потребляющих обессоленную или деионированную воду (химическая, электронная, радиотехническая промышленность, многие машиностроительные заводы). Это единственный промышленный метод. Осуществляется обессоливание воды для питьевых целей.

Ионитами называют вещества, способные в эквивалентных количествах обменивать свои ионы на ионы, содержащиеся в растворе. В зависимости от знака заряда обменивающихся ионов, иониты подразделяют на катиониты, аниониты и амфолиты. Катиониты обмениваются с раствором катионами, аниониты – анионами, а амфолиты в зависимости от условий могут обмениваться либо катионитами, либо анионитами. Ионы, способные вступать в реакцию ионного обмена, называют *противоионами*. Пропуская воду через слой катионита в H^+ - форме, а затем через слой анионита в OH^- - форме, из воды удаляются катионы металла (М) и анионы соответствующей соли (А):



Воду, прошедшую через H^\pm -катионовый фильтр, называют H -катионитовой водой, она содержит смесь тех кислот, соли которых присутствовали в воде (в основном это угольная, соляная и серная кислоты).

Образовавшийся при H^\pm -катионировании оксид углерода (IV) предварительно удаляют из воды аэрацией. Этот процесс называют *декарбонизацией*.

При контакте H^+ -катионированной воды с анионитом в OH^- форме происходит выделение из раствора анионов сильных кислот: $[\text{Ан.}] \text{OH} + \text{HCl} = [\text{Ан.}] \text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$;
 $2[\text{Ан.}] \text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = [\text{Ан.}]_2 \text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Иониты могут быть органическими (например, вещества, содержащие гуминовые кислоты или продукты их переработки, синтетические смолы) и неорганические (некоторые пески, глинистые минералы, почвы).

Катиониты бывают сильнокислотными (катиониты КУ-1, КУ-2-8) и слабокислотными (КБ-4); к сильноосновным анионитам относят, например, анионит АВ-17, к слабоосновным – АН-18-8. Это зависит от степени диссоциации ионита в воде.

В настоящее время широко используются синтетические иониты, получаемые сульфированием сополимера стирола и дивинилбензола (катионит КУ-2-8), сополимеризацией метилового эфира метакриловой кислоты с дивинилбензолом (катионит КУ-4), поликонденсацией сульфированного фенола с формальдегидом (катионит КУ-1), хлорметилированием сополимера стирола с дивинилбензолом с последующим аминированием тримеламином (анионит АВ-17). Существуют их многочисленные модификации, которым придают определенные свойства, например высокая химическая стойкость, селективность к поливалентным металлам, способность очищать рассолы, осуществлять деионизацию воды, обогащенную органическими веществами, и др. Внешне иониты, как правило, представляют собой сферические зерна желтого, коричневого, розового, черного цветов определенной структуры (гелевая, изопористая, микропористая).

Сведения о промышленных образцах ионитов, выпускаемых в России, США, Англии, Германии и некоторых других странах, приведены в справочной литературе [1 - 3]. Среди отечественных ионитов широко распространены КУ-2-8 (зарубежные аналоги: амберлит IR-120, катекс 5 и др.), КУ-23 (леватит SP-120, амберлит 200 и др.), КБ-2, КБ-2-4 (вариант КС, вофатит СР и др.), КУ-1 (амберлит IR-A-100, вофатит К и др.), АВ-17-8 (амберлит IR-A-400 и др.) и ряд других.

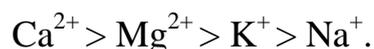
В последнее время широко используются ионообменные мембраны (гетерогенные), которые получают прессованием смеси порошков полиэтилена и соответствующего ионита, биполярные мембраны, состоящие из двух соединенных друг с другом слоев моно- и анионо-

обменных мембран и армированных капроновой или лавсановой нитью, гомогенные мембраны, которые изготовлены введением функциональных групп в матрицы на основе термопласта. К последнему привиты моно- и дивинильные мономеры. Перспективным видом ионообменных материалов являются ионообменные волокна, которые обладают высокоразвитой поверхностью. Кроме того, достоинством последних является стабильность свойств при многократных циклах регенерации кислотами и щелочами.

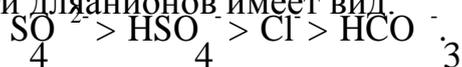
Перед обессоливанием вода предварительно очищается от основной части органических примесей и железа. Обезжелезивание воды при ее ионообменном обессоливании не происходит. Этому мешают некоторые физико-химические особенности соединений железа, присутствующих в природных водах. Для удаления ионов железа используется метод дистилляции, очистка с помощью минеральных коагулятов, сорбционные методы.

Затем вода пропускается через катионо- и анионообменные фильтры. Учитывая, что реакции, протекающие в слое катионита, обратимы, в H^+ -катионированной воде наряду с кислотами может находиться небольшое количество солей. При значительной концентрации солей в очищаемой воде обессолить воду с помощью одного катионного фильтра невозможно, либо экономически нецелесообразно.

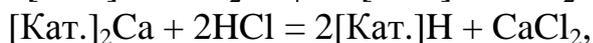
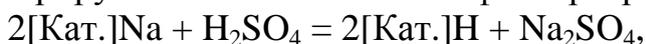
При H^+ -катионировании все присутствующие в воде катионы располагаются по слою фильтра сверху вниз в соответствии с рядом сорбируемости:



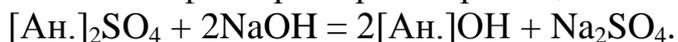
При пропускании воды через анионит следует учитывать, что слабоосновные функционируют только в кислой среде (щелочная и даже нейтральная среда подавляет диссоциацию активных групп, и обмен ионов в этом случае не происходит). Сильноосновные аниониты функционируют в широком диапазоне pH и способны к сорбции ионов как сильных, так и слабых кислот. Ряд сорбируемости для анионов имеет вид:



Основной технологической характеристикой ионитов является их обменная способность или емкость поглощения. После ее истощения иониты регенерируют. H^+ -катионитовые фильтры регенерируют кислотой:



а анионитовые фильтры – раствором щелочи:



Ряд десорбции соответствующих ионов будет обратным ряду сорбируемости. Наиболее трудно десорбируются катионы кальция и магния.

Вторая ступень обессоливания предназначена для удаления катионов натрия и анионов кремниевой и угольной кислот. Ее осуществляют на последовательно соединенных фильтрах с сильноокислым катионом (например, КУ-2) и сильноосновным анионитом (например, АВ-17-8).

Умягчение воды является ее частичным обессоливанием и связано с удалением из воды минеральных солей кальция, магния и железа, которые обуславливают ее жесткость. Умягчение воды используется как этап ее предварительной очистки при обессоливании. Различают временную (карбонатную), постоянную (некарбонатную) и общую жесткость. Временная жесткость воды обусловлена наличием в ней двууглекислых солей кальция, магния и железа. При кипячении воды они выпадают в осадок:



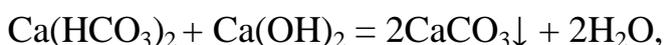
Постоянная жесткость воды обусловлена наличием всех прочих солей кальция, магния и железа. Для их удаления из воды используются специальные методы. Общая жесткость является суммой временной и постоянной и выражается суммой концентраций катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в ммоль/л (мг-экв/л) или ммоль/кг. Вода бывает мягкая (общая жесткость - до 2 ммоль/л), средней жесткости (2 – 10 ммоль/л) и жесткая (более 10 ммоль/л). Кроме ионного обмена используется ряд других методов для умягчения воды. Это физические методы (термическая, электромагнитная обработка), химические (известковый, натронный, содовый, фосфатный способы).

Термический метод умягчения воды основан на разложении бикарбонатов кальция и магния при ее кипячении, однако полного устранения жесткости не происходит, так как карбонат кальция незначительно растворяется в воде (13 мг/л при $t = 18^\circ\text{C}$).

Электромагнитный метод обработки воды заключается в том, что при прохождении ее через магнитное поле соли кальция, магния и железа теряют способность образовывать накипь на стенках, например котлов, а выделяются в виде шлама, имеющего другую структуру. Последний легко удаляется.

Химические методы умягчения воды основаны на способности растворимых солей кальция, магния и железа переходить в нерастворимые в воде соединения при введении в нее определенных реагентов.

Известковый метод:

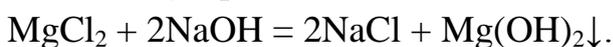


Этот метод позволяет удалить частично соли, обуславливающие постоянную жесткость.

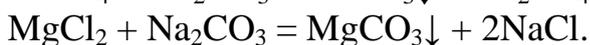
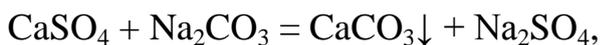
Натронный метод:



Частично устраняет соли, создающие постоянную жесткость:

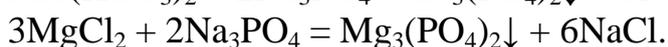
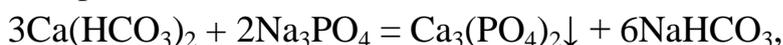


Содовый метод:



Этот метод позволяет удалить только соли, обуславливающие постоянную жесткость, поэтому его используют в сочетании с другими, например с известковым или термическим.

Фосфатный метод:



Оборудование и реактивы. Ионообменная лабораторная установка для очистки воды, реактивы для определения жесткости воды трилонометрическим методом. Конические колбы ($V = 250$ мл), пипетки 1 мл - 1 шт., 5 мл - 1 шт., 10 мл - 1 шт., бюретка для титрования ($V = 25$ мл), мерные колбы ($V = 100$ мл).

Трилон Б 0.1 моль-экв/л. Раствор готовят из фиксанала по приложенной инструкции.

Хлоридно-аммиачный буфер. Смешивают 100 мл 20% NH_4Cl со 100 мл 20% NH_4OH и доводят объем раствора до 1 л дистиллированной водой.

2%-ный раствор сульфида натрия. 2 г $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

1%-ный раствор солянокислого гидроксиламина. 1 г $\text{NH}_2\text{OH} \times \text{HCl}$ растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

Раствор индикатора эрихрома черного или хром темного синего кислого. 0,5 г индикатора растворяют в 10 мл хлоридно-аммиачного буфера, доводят до 100 мл этиловым спиртом.

Реактивы для качественного анализа воды на ионы Cl^- и SO_4^{2-} :

4

1%-ный раствор хлорида бария. 1 г BaCl_2 растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

1%-ный раствор нитрата серебра. 1 г AgNO_3 растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

2%-ный раствор соляной кислоты. 5,7 мл 35 % HCl разбавляют дистиллированной водой и доводят объем до 100 мл.

2%-ный раствор карбоната натрия. 2 г Na_2CO_3 растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

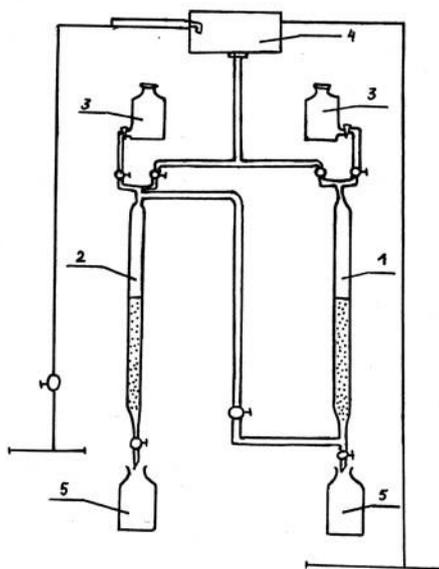


Рис. 1. Схема ионообменной установки для очистки воды:
1 - колонка с катионитом; 2 – колонка с анионитом; 3 – склянка с регенерирующим раствором; 4 - напорный бачок; 5 – приемник воды

Ионообменная лабораторная установка состоит из двух стеклянных трубок, одна из них заполнена зернистым катионитом (1), вторая - анионитом (2). Вода, предназначенная для очистки, подается из водопровода.

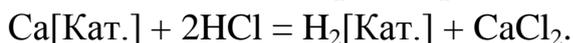
Регулирование скорости подачи воды осуществляется при помощи вентиля на водопроводной линии и зажимов на резиновых трубах. Во избежание срыва шлангов в начале работы зажимы открывать в первую очередь, а вентиль – в последнюю, в конце работы в первую очередь закрыть вентиль. Установка снабжена склянками для регене-

рирующих растворов (3), напорным бачком (4) и бутылками для замера объема очищенной воды (5).

Порядок выполнения работы на ионообменной установке.

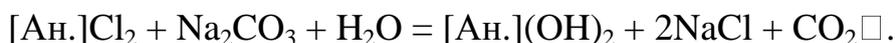
1. Регенерация ионитов.

Регенерация истощенного H^+ -катионита осуществляется пропуском через него 0,5 л 2%-ного раствора соляной кислоты:



Выделившиеся соли вымываются из катионита пропуском 0,3 л водопроводной воды.

Регенерация OH^- -анионита осуществляется пропуском через него 0,5 л 2%-ного раствора карбоната натрия:



После регенерации анионит промывают 0,3 л водопроводной воды.

2. Обессоливание воды.

Предварительно определить жесткость воды и наличие в ней ионов Cl^- и SO_4^{2-} .

Установить скорость пропускания водопроводной воды последовательно через катионит и анионит 200 мл/мин, пользуясь мерным цилиндром и часами. Установить требуемый расход воды, отобрать в мерный цилиндр пробу обессоленной воды (400 мл), определить ее

жесткость и наличие в ней Cl^- и SO_4^{2-} ионов. Далее анализы воды

4

после обессоливания проводить через 15 минут. Предельно допустимая жесткость обессоленной воды 0,1 - 0,2 мг-экв/л. С момента ее возрастания (более 0,2 мг-экв/л) и появления в обессоленной воде Cl^- и SO_4^{2-} ионов наступает истощение катионита и анионита. Требуется повторная их регенерация.

Результаты анализов обессоленной воды необходимо представить в таблице:

№ п/п	Время от- бора пробы, мин	Количество пропущен- ной воды, л	Жесткость обессоленной воды, мг- экв/л	Наличие анионов в обессоленной воде	
				SO_4^{2-}	Cl^-

Основной технологической характеристикой ионообменного процесса является обменная емкость ионитов (емкость поглощения). Например, для катионита обменная емкость рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{(Ж_1 - Ж_2) \cdot V}{1000 E}$$

где E – обменная емкость катионита, мг-экв/л;

Ж₁ – жесткость водопроводной воды (исходной), мг-экв/л; Ж₂ – жесткость умягченной воды, мг-экв/л;

Q – общее количество воды, пропущенной через катионит до достижения предельно допустимой жесткости, л;

V – объем катионита, мл (V = 100 мл).

Методики анализов

Определение жесткости воды трилонометрическим методом. Этот метод основан на способности растворов комплексонов, в частности трилона Б (двунатриевая соль этиленаминоуксусной кислоты), образовывать с ионами металлов прочные внутрикомплексные соединения. При титровании раствором трилона Б используют металлоиндикаторы, которые с ионами металлов образуют окрашенные соединения, но менее прочные, чем с трилоном Б. При достижении эквивалентной точки происходит изменение окраски, так как все ионы Ca²⁺ и Mg²⁺ будут связаны с комплексом. Используют хромоген черный или хром темно-синий кислотный. Они чувствительны и к некоторым другим металлам (Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺). Последние мешают определению ионов кальция и магния, поэтому их необходимо устранить.

Исследуемую воду объемом менее 100 мл следует довести до этого объема дистиллированной водой.

Если в исследуемой воде присутствуют ионы меди, цинка и марганца, для их устранения к отобранной пробе прибавляют 1 мл раствора сульфида натрия и 5 капель солянокислого гидросиламина. Затем вносят 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и 6 капель индикатора - хрома темно-синего кислотного. После этого пробу титруют 0.1 моль-экв/л раствором трилона Б до получения синей окраски от одной прибавленной капли.

Жесткость исследуемой воды:

$$\frac{X \cdot \frac{v \cdot 0.1 \cdot K}{1000}}{V}$$

мг-экв/л,

где v - объем трилона Б, пошедшей на титрование, мл;

0.1 - концентрация раствора трилона Б, моль-экв/л;

K - поправка на нормальность раствора трилона Б ($K = 1$); 1000 - пересчет на 1 л;

V - объем пробы исследуемой воды, мл.

Качественное определение Cl^- и SO_4^{2-} ионов. В пробирки отобрать пробы воды (водопроводной и обессоленной) и определить в них наличие Cl^- и SO_4^{2-} ионов, используя в качестве реагентов растворы $AgNO_3$ и $BaCl_2$ соответственно.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание теории процесса обессоливания воды с помощью ионообменников, а также методов ее умягчения.
3. Схема установки с обозначениями.
4. Описание порядка выполнения работы, методов контроля, ее результаты.
5. Выводы по работе, содержащие оценку эффективности обессоливания воды с помощью ионообменных процессов.

Правила безопасного ведения работы. Необходимо осторожно обращаться с оборудованием из стекла (колбы, бюретки, пипетки и т.д.). Нельзя допускать срыва шланга на водопроводной линии.

Лабораторная работа № 2 Определение оптимальной дозы коагулянта для очистки производственных сточных вод

Цель работы. Ознакомиться с методикой пробного коагулирования, применяемой для определения дозы коагулянта при оптимальных значениях pH раствора.

Общие сведения. Коагулированием называется процесс обработки воды химическими реагентами, в результате которого находящиеся в воде коллоидно-дисперсные примеси превращаются в грубодисперсные и осаждаются в виде хлопьев. Такую обработку воды называют еще осветлением.

При очистке промышленных сточных вод коагулирование может с успехом применяться как для интенсификации процесса механической очистки от мелкой взвеси, так и для обесцвечивания сточных вод, содержащих окрашенные высокомолекулярные органические вещества (например, щелочной лигнин, присутствующий в щелочно-державших сточных водах сульфатно-целлюлозного производства). В качестве коагулянтов применяются неорганические ($Al_2(SO_4)_3 \times 18 H_2O$, $FeSO_4 \times 7 H_2O$, $FeCl_3 \times 6 H_2O$ и др.) и органические вещества

(полиакриламид). Эффект осветления и обесцвечивания определяется многими факторами. Важнейшие из них – свойства обрабатываемой воды, в частности ее рН и температура.

Одним из важнейших подготовительных этапов при пуске в эксплуатацию очистных сооружений является пробное коагулирование сточной воды в лабораторных условиях. Методика его определения сводится к основной задаче - определение оптимальной дозы коагулянта.

В качестве критериев для оценки полученных результатов используются методы аналитического контроля качества воды, визуальных наблюдений за процессом образования и осаждения хлопьев. Важное значение для оценки результатов имеют и замеры объема полученного осадка.

Задание. Провести пробное коагулирование в природной воде.

Оборудование и реактивы. Секундомер или песочные часы на 1 мин., мерные цилиндры ($V = 1$ л) – 6 шт., конические колбы ($V = 250$ мл) – 6 шт.

1%-ный раствор сернокислого алюминия. В коническую колбу на 150 мл налить 100 мл дистиллированной воды, внести 5 г $Al_2(SO_4)_3 \times 18 H_2O$ и нагреть содержимое на водяной бане до $70^\circ C$ при перемешивании. Затем раствор охладить, перенести в мерную колбу объемом 500 мл и довести дистиллированной водой до метки. Перед употреблением раствор перемешать.

Ход определения. Пробное коагулирование в производственных условиях проводят в мерных цилиндрах. Их количество зависит от предлагаемых доз коагулянта. В каждый цилиндр наливают по 1 л природной воды. Затем вносят требуемое количество коагулянта (заданная доза 50 мг/л – 5 мл, 80 мг/л – 8 мл и т.д.). После внесения дозы в первый цилиндр содержимое интенсивно перемешивается в течении 1 минуты и отмечается время начала коагуляции. Затем последовательно вносятся коагулянт в остальные цилиндры. Для природной воды определяется цветность, щелочность, мутность, температура (например, для воды реки Волги на 23.02.01 г. цветность 53 град., щелочность 2,18 мг-экв/л, мутность 2,3 мг/л, $t = 0,2^\circ C$). Эти же показатели определяются в пробах воды после ее обработки коагулянтom. Полученные данные сводятся в таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Доза коагулянта, мг/л *					Природная вода для очистки
Хлопьеобразование					
Осаждение					
Осветление					
**Щелочность, мг-экв/л					
***Δ Щелочность, мг-экв/л					

Цветность, град.					
Мутность, мг/л					

Примечания: * Интервал значений доз коагулянта может быть расширен.

** Щелочность очищенной воды.

*** Δ Щелочности определяется как разность между щелочностью природной воды и очищенной с помощью коагулирования.

Для реки Волга получены следующие результаты при проведении пробного коагулирования (23.02.01 г.), см. табл. 2.

Оптимальной является та доза, при внесении которой образуются крупные хлопья коагулянта, быстро оседающие на дно. В очищенной воде не должно наблюдаться опаловидной мути. После фильтрации очищенная вода имеет цветность не более 20 град., мутность - не более 1,5 мг/л, что установлено нормами ГОСТа 2874-82.

Для приведенного примера доза коагулянта 110 – 120 мг/л. Если доза коагулянта определена неверно, резко ухудшается качество очищенной воды.

Таблица 2

Время	Доза коагулянта, мг/л *	80	90	100	110	120	130	Природная вода
15 мин	Хлопьеобразование	муть	муть	мелк.	средн.	крупн.	очень крупн.	-
30 мин	Осаждение	нет	нет	незнач.	почти полное	полное	хлопья всплывают	-
60 мин	Осветление	нет	нет	незнач.	почти полное	полное	-	-
-	**Щелочность, мг-экв/л	1,68	1,62	1,56	1,50	1,42	1,36	2,18
-	*** Δ Щелочность, мг-экв/л	0,50	0,56	0,62	0,68	0,74	0,82	-
-	Цветность, град.	30	26	19	16	10	8	53
-	Мутность, мг/л	0,9	0,7	0,6	0,3	0	0	2,3

Примечания: * Интервал значений доз коагулянта может быть расширен.

** Щелочность очищенной воды.

*** Δ Щелочности определяется как разность между щелочностью природной воды и очищенной с помощью коагулирования.

В результате внесения сульфата алюминия в природную воду уменьшается ее щелочность. Для всех вариантов очистки воды необходимо определить щелочную разность (Δ Щелочности) и построить график ее зависимости от дозы коагулянта.

Д
О
З
а
,
М
Г
/
Л

В зависимости от Δ щелочности очищенной и природной воды выбирается доза коагулянта в производственных условиях. Пример: щелочность природной воды 2,18 мг-экв/л, щелочность воды после обработки ее коагулянтом 1,42 мг-экв/л, $\Delta \text{Щ} = 2,18 - 1,42 = 0,76$. Следовательно, оптимальной будет доза коагулянта 119 мг/л. Она обеспечивает максимальный эффект очистки в техническом процессе.

Методики анализов

Фотометрический метод определения цветности. Цветность поверхностных вод вызывается, главным образом, присутствием гуминовых веществ и соединений железа (III). Количество этих веществ зависит от геологических условий в водоносных горизонтах и от количества и размеров торфяников в бассейне исследуемой реки. Окрашенная вода имеет неприятный внешний вид. Имеются указания на неблагоприятное воздействие гуминовых веществ на минеральный обмен в организме.

Количественно цветность воды определяется визуально или фотометрически – путем сравнения проб с растворами, имитирующими цвет природной воды. Качественно цветность характеризуется следующим образом: бесцветная, зеленоватая, желтая, бурая и т.д.

Определение цветности проводят в прозрачной воде. Мутную воду фильтруют через мембранный фильтр № 4 или центрифугируют. Если цветность воды > 70 град., то ее перед определением разбавляют дистиллированной водой.

Цветность выражается в условных градусах. В норме цветность воды не более 20° (по специальному разрешению СЭС допускается 35°). Цветность воды определяется не позднее чем через 2 часа после отбора пробы воды.

Оборудование и реактивы. ФЭК-56М или КФК-2, мерные цилиндры ($V = 100$ мл, 14 шт. из бесцветного стекла), воронка, бумажные фильтры, стандартный раствор для определения цветности (раствор 500°). Готовится по следующей методике (бихроматно – кобальтовая шкала):

- раствор «а»: 0,25 бихромата калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) растворяют в дистиллированной воде, добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) и доводят объем до 1 л;

- раствор «б»: 5 г сульфата кобальта ($\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) добавляют 0,5 мл концентрированной серной кислоты ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) и доводят объем до 0,5 л.

- раствор «в»: 1 мл концентрированной серной кислоты ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л.

Раствор 500°: смешивают 350 мл раствора «а», 200 мл раствора «б» и 450 мл раствора «в». Оптическая плотность такого раствора 0,74 – 0,75 (КФК – 2, $\lambda = 364 \text{ нм}$, $L = 50 \text{ мм}$).

Шкала цветности. Для ее приготовления смешивают стандартный раствор (раствор 500°) с раствором «в» в следующих соотношениях:

Таблица 3

Стандартный раствор, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	20	40	50
Раствор «в», мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	80	60	50
Градусы цветности	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	100	200	500

Следует учесть, что 1 мл стандартного раствора, разбавленного до 100 мл, соответствует 5 град. цветности.

Шкалу цветности хранят в темном месте и через каждые 2 – 3 месяца ее заменяют.

Имея серию эталонных растворов цветности (шкала цветности) можно построить калибровочную кривую, которая отражает зависимость оптической плотности раствора от его цветности $D = f(\text{ц})$. Нулевой раствор – подкисленная дистиллированная вода (раствор «в»). Оптическую плотность растворов определяют на фотоэлектроколориметре (ФЭК-56М, синий светофильтр или КФК-2, $\lambda = 364 \text{ нм}$, $L = 50 \text{ мм}$).

Измерив оптическую плотность раствора (D), по калибровочной кривой определяют его цветность (град.).

Если для определения цветности воды используется шкала цветности, в цилиндры Несслера наливают 100 мл профильтрованной воды, имеющей комнатную температуру, и проводят просмотр сверху на белом фоне, сравнивая интенсивность окраски воды с окраской стандартных растворов.

Фотометрический метод определения мутности. Наличие в природной и питьевой воде твердой взвеси различной степени дисперсности обуславливает качество воды, определяемое как её мутность. Мутная вода трудно поддается обеззараживанию, поскольку внутри твердых частичек бактерии защищены от действия дезинфицирующих веществ.

В питьевой воде мутность обусловлена наличием мельчайших частиц гидроксида алюминия и железа с адсорбированными примесями. При высокой степени дисперсности взвеси вода опалесцирует.

Мутность воды можно охарактеризовать качественно: вода прозрачна, опалесцирует, слабая муть, сильная муть. Количественно муть определяется фотометрически. Определение проводят не позднее чем через сутки после отбора пробы.

Оборудование и реактивы. ФЭК-56М или КФК-2, мерные цилиндры ($V = 1000$ мл, 2 шт.), мерные пипетки ($V = 0,1; 0,2; 1; 2; 5$ мл, 5 шт.), мерные колбы ($V = 100$ мл, 10 шт.), каолин К-2+М (ГОСТ 6138-61, для фарфоровой промышленности), ступки, шелковое сито с диаметром отверстий 0,1 мм, мембранные фильтры № 4 (предварительно прокипяченные) или центрифуга.

Основная стандартная суспензия каолина готовится по следующей методике: каолин высушивают при температуре $t = 105 - 110^{\circ}\text{C}$, просеивают через шелковое сито. Затем 25 - 30 г каолина хорошо перемешивают с 3 – 4 л дистиллированной воды и оставляют на сутки. После этого сифоном отбирают неосветлившуюся часть жидкости. К оставшейся части вновь приливают дистиллированную воду, сильно взбалтывают и оставляют на сутки. Неосветлившаяся часть жидкости отбирается. Операция повторяется трижды, каждый раз присоединяя неосветлившуюся в течение суток суспензию к ранее собранной. Накопленную суспензию собирают в цилиндр, хорошо перемешивают и через трое суток сливают жидкость над осадком. К полученному осадку добавляют 2 л дистиллированной воды, перемешивают. Это основная стандартная суспензия. Для определения содержания в ней каолина 50 – 100 мл суспензии фильтруют через предварительно взвешенный мембранный фильтр, который затем вместе с осадком высушивают при температуре 105°C и взвешивают. Затем определяют содержание взвеси в 1 л суспензии (C , мг/л). *Пример:* вес высушенного осадка 26,8 мг после фильтрования 100 мл суспензии. Следовательно $C = 268$ мг/л; 1 мл суспензии содержит 0,268 мг каолина, а

1 мг каолина содержится в 3,7 мл суспензии ($X = (1 \times 1) : 0,268 = 3,7$ мл).

Суспензия каолина стабилизируется. Для этого в нее добавляют 100 мг мелкокристаллического гексометафосфата натрия ($[\text{NaPO}_3]_6$) и 10 капель хлороформа или формалина. Основная стандартная суспензия каолина может храниться в течение 6 месяцев.

Для приготовления рабочих стандартных суспензий мутности основную стандартную суспензию разбавляют дистиллированной водой в мерных колбах ($V = 100$ мл). Содержание каолина в рабочих стандартных суспензиях (С): 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 7,0; 10 мг/л. В

100 мл будет содержаться соответственно 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05;

0,1; 0,2; 0,5; 0,7; 1,0 мг (в 10 раз меньше). Следовательно, для приготовления серии рабочих стандартных суспензий следует внести в мерную колбу 0,037; 0,074; 0,111; 0,148; 0,185; 0,37; 0,74; 1,85; 2,69;

3,70 мл основной стандартной суспензии и довести ее объем до 100 мл (зная, что 1 мг взвеси содержится в 3,7 мл суспензии). Можно хранить не более суток.

Калибровочная кривая выражает зависимость оптической плотности суспензии каолина в воде от мутности ($D = f(M)$). Оптическую плотность серии суспензий определяют на фотоэлектрокалориметре (ФЭК – 56 М, КФК – 2, $\lambda = 540$ нм, $L = 50$ мм.) Контроль – профильтрованная через мембранный фильтр (№ 4) вода.

Ход определения. В кювету вносят хорошо перемешанную воду и измеряют ее оптическую плотность. Контроль – профильтрованная через мембранный фильтр (№ 4) вода. Мутность (мг/л) определяют по калибровочной кривой.

Определение общей щелочности. Под общей щелочностью понимают общее содержание солей слабых кислот, в частности карбонатов и гидрокарбонатов, вступивших в реакцию с соляной кислотой с образованием хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов. Выражают в мг-экв/л. Определение следует проводить сразу после отбора воды.

Оборудование и реактивы. Конические колбы ($V = 250$ мл), мерный цилиндр, бюретка для титрования 25 мл.

Соляная кислота 0.1 моль-экв/л. 8.9 мл соляной кислоты (плотность 1.17) разбавляют в 1 л дистиллированной воды.

Смешанный индикатор. 1 г метилоранжа и 2.5 г индигокармина растворяют в 1 л дистиллированной воды.

Индикатор 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина (спирт 60%-ный).

Ход определения. В коническую колбу наливают 100 мл воды, добавляют 3 капли индикатора (фенолфталеина). Если появится розовое окрашивание, природную воду титруют соляной кислотой концентрацией 0,1 моль-экв/л до обесцвечивания. Затем к раствору добавляют 5 капель смешанного индикатора и продолжают титровать до перехода окраски из зеленой в фиолетовую (рН 3.7). При титровании зеленый цвет раствора сначала переходит в серый, а затем от одной капли соляной кислоты в фиолетовый. Если при добавлении индикатора (фенолфталеина) розового окрашивания не наблюдается, то титруют сразу со смешанным индикатором.

Число мл соляной кислоты концентрацией 0,1 моль-экв/л соответствует значению общей щелочности в мг-экв/л (при $K = 1$).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики проведения пробного коагулирования, методик определения цветности, мутности и щелочности воды.
3. Выводы по работе, содержащие обоснование выбора оптимальной дозы коагулянта. Оценку эффективности очистки воды этим методом.

Правила безопасного ведения работы. Необходимо соблюдать правила работы с кислотами, оборудованием из стекла. Перед работой с прибором следует проверить его исправность и заземление.

Лабораторная работа № 3 Определение биохимического показателя сточных вод

Цель работы. Количественно оценить биоразлагаемость сточных вод (относительное содержание «биохимически мягких» органических веществ).

Общие сведения. При биохимическом разложении органических веществ, содержащихся в сточных водах, часть их минерализуется до углекислого газа и воды, другая часть, потребленная микроорганиз-

мами, обуславливает прирост их биомассы. Некоторые вещества вообще не подвергаются биохимическому окислению или скорость их окисления очень мала. Их называют «биохимически жесткими». К таким веществам относят тимол, гидрохинон, сульфанола, неионогенные ПАВ, сульфитно-целлюлозные щелока и др. Легко окисляются глюкоза, алифатические спирты, фенол и др. «биохимически мягкие» органические вещества. Скорость окисления зависит от того, в какой мере присутствующая микрофлора адаптировалась к веществам - компонентам сточных вод. Биоразлагаемость сточных вод оценивается биохимическим показателем:

$$B = \frac{\text{БПК}_{\text{полн.}}}{\text{ХПК}_{\text{нач.}}}$$

где $\text{БПК}_{\text{полн.}}$ – биохимическое потребление кислорода за 30 суток; $\text{ХПК}_{\text{нач.}}$ – химическое потребление кислорода.

Определение биохимического потребления кислорода (БПК)

Оборудование и реактивы. Инкубационные склянки с притертыми пробками, термостат с водяным охлаждением. Оборудование и реактивы для определения растворенного кислорода по Винклеру.

Вода для разбавления. Готовится из дистиллированной, насыщенной кислородом воздуха воде, на 1 л которой добавляют по 1 мл из четырех указанных растворов: фосфатный буферный раствор (растворяют 8.5 г KH_2PO_4 ; 33.4 г Na_2HPO_4 ; 1.7 г NH_4Cl и 21.75 г K_2HPO_4 в дистиллированной воде и довести до 1 л), раствор сульфата магния (растворяют 22.5 г $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ в дистиллированной воде и довести до 1 л), раствор хлорида кальция (растворяют 27.5 г CaCl_2 в дистиллированной воде и довести до 1 л), раствор хлорида железа (III) (растворяют 0.25 г $\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ в 1 л дистиллированной воде).

0,05%-ный раствор этилентииомочевины. 500 мг этилентииомочевины растворяют в 1 л дистиллированной воды.

Биохимическое потребление кислорода определяется содержанием кислорода в воде ($\text{мг O}_2/\text{л}$), который требуется для дыхания микроорганизмов, а также на окисление легко окисляющихся веществ до начала нитрификации при инкубации в темноте при температуре 20°C. БПК определяют по убыли растворенного в воде кислорода за любое число суток, но, как правило, за 5 (БПК_5), за 20 (БПК_{20}) или 30 суток ($\text{БПК}_{\text{полн.}}$). Значение БПК зависит от процессов, протекающих в

пробе в период между ее отбором и обработкой. Поэтому пробы необходимо обрабатывать немедленно. Перед анализом природная вода насыщается кислородом путем аэрации (содержание растворенного кислорода не ниже 8 мг O₂/л при температуре 20°C). Потребление кислорода во время инкубационного периода должно быть около 50%, его остаточная концентрация после пятидневной инкубации - не менее 3 мг O₂/л. Определение проводят в натуральной или разбавленной пробе. Для ее разбавления применяют искусственно приготовленную разбавляющую воду, которая содержит минеральные питательные вещества.

Ход определения (без разбавления). Исследуемую воду наливают в бутылку (2/3 объема), устанавливают температуру воды 20°C, вносят 0,25 мл этилентииомочевинны на каждые 200 мл исследуемой воды, сильно встряхивают в течение 1 минуты для насыщения её кислородом. Затем сифоном отбирают пробы в четыре инкубационные склянки. В двух из них сразу определяют концентрацию растворенного в воде кислорода, две другие ставят в термостат (20°C) на 30 суток и по истечении этого срока определяют содержание оставшегося в воде кислорода. Определение растворенного в воде кислорода ведут по методу Винклера:

Величина БПК_{полн.}:

$$\text{БПК}_{\text{полн}} = C_1 - C_2, \text{ мг O}_2/\text{л},$$

где C₁ - содержание растворенного в воде кислорода до инкубации, мг O₂/л;
C₂ - то же после инкубации, мг O₂/л.

При определении БПК с разбавлением ее величина определяется по формуле:

$$\text{зпж} = \frac{(C_1 - C_2) \cdot (-1 - 2)}{1000} \cdot \frac{V}{2} \quad \text{мг O}_2/\text{л},$$

где C₁ - содержание растворенного в воде кислорода до инкубации, мг O₂/л;
C₂ - то же после инкубации, мг O₂/л;

c₁ - содержание растворенного в воде кислорода в разбавляющей воде до инкубации, мг O₂/л;

c₂ - то же после инкубации, мг O₂/л;

V - объем природной воды, содержащейся в 1 л пробы после разбавления, мл.

Определение бихроматной окисляемости

Общие сведения. Компоненты сточных вод, особенно промышленных, плохо окисляются перманганатом калия даже при кипячении. Значительно улучшает окисление бихромат калия, а саму окисляемость называют химическим потреблением кислорода. Определению мешают хлориды. Для полноты процесса сульфат серебра добавляют в качестве катализатора, одновременно связываются хлорид-ионы.

Значение ХПК для городских сточных вод колеблется в пределах 200 – 700 для неочищенных и 20 – 250 мг/л для очищенных вод. После очистки и хлорирования ХПК воды составляет, как правило, 20 – 40 мг/л. Обычно для городских стоков БПК равно 80% ХПК.

Оборудование и реактивы. Прибор для определения ХПК, состоящий из конической колбы емкостью 200 – 250 мл, обратного шапкового холодильника; песчаная баня.

Концентрированная серная кислота (плотность 1,84).

Кристаллический сульфат серебра (Ag_2SO_4).

Бихромат калия 0,25 мг-экв/л. 12,25 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ растворяют в дистиллированной воде и полученный объем доводят до 1 л.

Соль Мора 0,25 мг-экв/л. 98,25 г $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ растворяют в дистиллированной воде добавляют 40 мл концентрированной серной кислоты полученный объем доводят до 1 л.

Индикатор ферроин. В бидистилляте растворяют 1,485 г 1,10-фенантролина и 0,695 г сульфата железа (II) ($\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) и объем доводят до 100 мл.

N-фенилантраниловая кислота, индикатор. 0,25 г растворяют в 12 мл раствора гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль-экв/л и разбавляют дистиллированной водой до 250 мл.

Ход определения. 20 мл пробы помещают в коническую колбу прибора, добавляют 10 мл раствора бихромата калия 0,25 мг-экв/л и 0,4 г сульфата серебра, кусочки пемзы или фарфора. Смесь перемешивают, осторожно приливая 30 мл концентрированной серной кислоты и кипятят 2 часа на песчаной бане с обратным холодильником. Необходимо, чтобы при кипячении сохранялся золотисто-желтый цвет жидкости, в противном случае необходимо уменьшить количество анализируемой воды. После охлаждения раствор переносят в колбу Эрленмейра емкостью 500 мл количественно, смывая продукты реакции из холодильника и реакционной колбы. Объем полученного раствора - 250 мл. Добавляют 7 – 8 капель раствора ферроина и

5 капель раствора N-фенилантрапиновой кислоты, титруют раствором соли Мора 0,25 мг-экв/л до перехода окраски из травянисто-зеленой в изумрудно-зеленую.

При проведении холостого опыта берут дистиллированную воду.
Бихроматная окисляемость, мг O₂/л:

$$X = \frac{(a - b) \cdot C \cdot 8 \cdot 1000 \cdot K}{V},$$

где а – объем соли Мора, пошедшей на титрование холостой пробы, мл;

б - объем соли Мора, пошедшей на титрование пробы, мл; С - концентрация соли Мора (0,25 мг-экв/л);

8 – количество кислорода, соответствующее 1 мл бихромата ка-лия, мг;

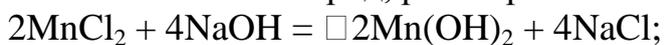
К – поправочный коэффициент для соли Мора;

V – объем пробы для анализа.

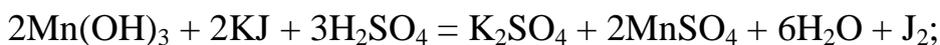
Определение растворенного в воде кислорода по Винклеру

Принцип метода. Основан на проведении трех последовательных окислительно-восстановительных реакций:

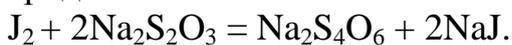
- связывается кислород, растворенный в воде (фиксация)



- освобождается свободный йод в эквивалентном зафиксирован- ному кислороду количестве



- оттитровывается свободный йод раствором тисульфата натрия, и по его объему, пошедшему на титрование, вычисляется содержание растворенного кислорода



Оборудование и реактивы. Слянки с безупречно отшлифован- ными пробками, которые принято называть пикнометрами. Перед оп- ределением калибруют пикнометр - определяют его точный объем. Сухой пикнометр с пробкой взвешивают, наполняют дистиллирован- ной водой так, чтобы под пробкой не осталось пузырьков воздуха, и взвешивание повторяют. Масса воды в пикнометре вычисляется по разнице. Пикнометр и вода должны иметь температуру ϑ (плот- ность воды при этой температуре 1.0027). Объем пикнометра -

$V = m/1.0027$. Если температура иная, то при расчете объема берется соответствующая плотность воды из справочника.

Пипетки 1 мл - 5 шт., 3 мл - 1 шт., 20 мл - 1 шт.; конические колбы ($V = 250$ мл); бюретка ($V = 25$ мл).

32%-ный раствор хлорида марганца (II). Растворяют 32 г соли в 68 мл дистиллированной воды.

32%-ный раствор гидроксида натрия + 10%-ный раствор йодида калия. Готовят отдельно: 32 г NaOH растворяют в 68 мл дистиллированной воды и 10 г KI растворяют в 90 мл дистиллированной воды, затем соединяют в равных объемах.

Серная кислота, разбавленная 1:1, или концентрированная фосфорная (85%-ная).

0,2%-ный раствор крахмала (свежеприготовленный): 0,2 г крахмала растворяют в 100 мл теплой дистиллированной воды и доводят до кипения.

Тиосульфат натрия 0,01 моль-экв/л: 2,48 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ растворяют в колбе на 1 л, доливая кипяченной дистиллированной водой до метки. Раствор хранят в плотно закрытой темной склянке.

Дихромат калия 0,01 моль-экв/л: 0,4903 г очень мелкого кристаллического $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ растворяют в мерной колбе на 1 л, доливая дистиллированной водой до метки.

15%-ный раствор йодида калия: 15 г KI белого цвета растворяют в 85 мл дистиллированной воды.

25%-ная серная кислота по объему. Один объем серной кислоты (98%) вносят в три объема дистиллированной воды.

Определение поправки на молярную концентрацию эквивалента тиосульфата. В колбу последовательно наливают 20 мл дихромата калия 0,01 моль-экв/л, 3 мл 25%-ной серной кислоты и 1 мл 15%-ного йодида калия. Выделяющийся в результате химической реакции йод окрашивает раствор в желто-коричневый цвет. Колбу закрывают часовым стеклом, чтобы не улетучился йод, и оставляют стоять 3 мин. После этого содержимое колбы титруют раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала до исчезновения синей окраски (добавляют в конце титрования).

$$K = 20 / V,$$

где 20 - объем 0,01 моль-экв/л раствора дихромата калия, мл;

V - объем тиосульфата, пошедшего на титрование, мл.

Ход определения. В пикнометры при помощи сифона осторожно наливают исследуемую воду. Сифон опускают на дно пикнометра и заполняют его водой. Вода медленно поднимается и вытесняет верхние слои воды. Примерно 1/3 объема должна вытечь. Пикнометр закрывают пробкой, устанавливая точный объем исследуемой воды. После этого, осторожно открыв, прибавляют реактивы Винклера: 1 мл раствора гидроксида натрия с йодидом калия и 1 мл хлорида марганца (II). Конец пипетки с реактивом погружают на 1/3 высоты склянки и, медленно вынимая пипетку, приливают раствор. Затем склянку осторожно закрывают так, чтобы не осталось пузырьков воздуха. При этом выливается 2 мл анализируемой воды (объем прибавленных реактивов), что учитывается в расчетной формуле. Тщательно перемешивают содержимое, и пробу с зафиксированным кислородом ставят в темное место на 40 - 60 мин. По истечении этого времени пикнометры осторожно открывают, не допуская взбалтывания осадка, и прибавляют 1 мл концентрированной фосфорной или серной кислоты (1:1). Пипетку опускают на 1/4 высоты склянки. Кислоту выливают медленно, чтобы не допустить взбалтывания осадка. После перемешивания и полного растворения осадка содержимое пикнометра выливают в коническую колбу и титруют из бюретки тиосульфатом натрия до получения еле заметного желтого цвета. Потом прибавляют 0,5 мл 0,2%-ного раствора крахмала и получившийся синеватого цвета раствор осторожно титруют до полного обесцвечивания. После этого часть бесцветного раствора переливают обратно в пикнометр. Раствор чуть синее. Пробу дотитровывают до полного обесцвечивания раствора.

Содержание растворенного кислорода:

$$X = \frac{v \cdot 0,08 \cdot K \cdot 1000}{V_1 \cdot V_2} \text{ мг О}_2 / \text{л},$$

где v - объем тиосульфата натрия, пошедший на титрование, мл;

0,8 - масса кислорода, которая соответствует 1 мл 0,01 моль-экв/л раствора тиосульфата натрия, мг;

K - поправка на нормальность тиосульфата;

1000 - пересчет на 1 л;

V_1 - объем пикнометра, мл;

V_2 - объем прибавленных реактивов Винклера, мл.

Содержание отчета

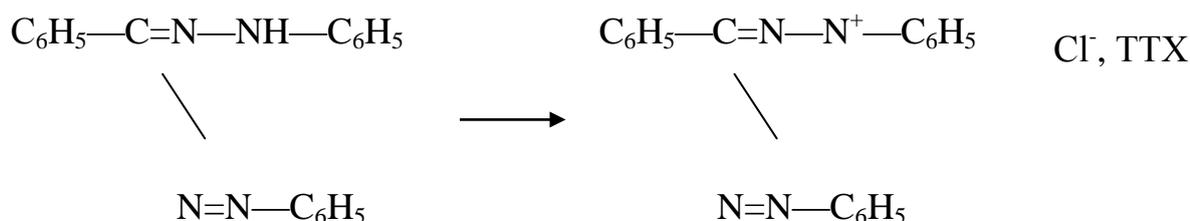
1. Цель работы.
2. Описание порядка выполнения работы, вычисление биохимического показателя.
3. Выводы по работе, содержащие оценку величины биохимического показателя.

Правила безопасного ведения работы. Необходимо соблюдать правила работы с кислотами, щелочами, оборудованием из стекла и электронагревательными приборами.

Лабораторная работа № 4 **Определение дегидрогеназной активности ила (ДАИ) очистных сооружений**

Цель работы. Определить ДАИ и оценить этап биологической очистки сточных вод.

Общие сведения. Определение ДАИ заключается в измерении количества красного формазана, образующегося в результате восстановления бесцветной окисленной формы 2,3,5-трифенилтетразолияхлористого.



Последняя является акцептором водорода, переносимого от окисляемых субстратов ферментами дегидрогеназами. Количество полученного формазана пропорционально активности дегидрогеназ микроорганизмов активного ила. ДАИ обуславливается количеством и качеством загрязнений, содержащихся в сточной воде. Снижение этой величины свидетельствует или о резком уменьшении концентрации окисляемых веществ в стоке, или о наличии в нем токсических веществ.

Метод позволяет установить этап биологической очистки (очистка не прошла, биоокисление закончено, завершена регенерация ак-

тивного ила). С этой целью устанавливают соотношения ДАИ, определяемые для ила, где в качестве субстратов используется неочищенная сточная вода, водопроводная вода (т.е. субстраты – богатые и бедные источниками питания микроорганизмов). Это соотношение определяется этапом биологической очистки.

Оборудование и реактивы. ФЭК, биологический термостат, центрифуга с числом оборотов 5 000 об/мин, центрифужные пробирки со стеклянными пробками. При отсутствии специальных пробок можно использовать обычные центрифужные пробирки, закрытые резиновыми пробками с прокладкой из полиэтиленовой пленки.

0,5%-ный раствор 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого. 0,5 г 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого (ТТХ) растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Раствор фильтруют.

Этиловый спирт 95 - 96%-ный.

Соляная кислота 0,01 моль-экв/л. 0,312 мл концентрированной соляной кислоты разбавляют в 1 л дистиллированной воды.

Гидроксид натрия 0,01 моль-экв/л. 0,4 г NaOH растворяют в дистиллированной воде и объем доводят до 1 л.

Формаза́н.

Получение формаза́на. 15 г NaHSO_3 или 1,27 г Na_2S растворяют на холоде в 20 - 30 мл дистиллированной воды, полученный раствор несколько раз отфильтровывают. 1 г ТТХ растворяют в 10 мл дистиллированной воды, затем соединяют оба раствора. Полученный осадок формаза́на отфильтровывают и промывают дистиллированной водой.

Высушивают формаза́н в течение 2-х суток на воздухе и 1-х суток при 30°C в сушильном шкафу.

Калибровочная кривая. Готовят основной раствор формаза́на: растворяют в спирте 10 мг формаза́на и раствор доводят до 100 мл. 1 мл содержит 0,1 мг формаза́на. Затем в 50-миллилитровые колбы вносят 25, 20, 10, 5, 2, 1 мл основного раствора, что соответствует концентрациям 50, 40, 30, 20, 10, 5, 2 мг формаза́на в 1 л спирта. Объем раствора доводят до метки спиртом, перемешивают. Измеряя оптическую плотность растворов на ФЭКе, строят кривую зависимости оптической плотности от концентрации формаза́на в миллиграммах на литр.

Отбор проб. Место отбора проб активного ила определяется целями анализа. Отбор проб следует проводить в одно и то же время суток. Разрыв между моментом отбора проб активного ила и началом анализа не должны превышать 20 минут.

Ход определения. В центрифужные пробирки отбирается по 10 мл суспензии активного ила, проверяется рН среды и, если необходимо, доводится до 7 (0,01 мол/л раствором соляной кислоты или гидроксида натрия). Две пробирки с активным илом центрифугируются (5 000 об/мин.), надилловая жидкость сливается. В одну из этих пробирок добавляется водопроводная вода, в другую – неочищенная сточная жидкость. Объем полученных иловых взвесей также должен составлять 10 мл. В три пробирки (ил - водопроводная вода, ил – неочищенная сточная жидкость, ил – исходная надилловая жидкость) добавляется по 1 мл раствора 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого (ТТХ). Тщательно перемешивается. Все пробирки (4 шт., в последнюю ТТХ не добавляется, она необходима в дальнейшем для контроля при калориметрировании) помещаются в термостат и выдерживаются 55 минут при температуре 37°C. По окончании пробирки (4 шт.) центрифугируются, надилловая жидкость сливается, а к илу во все пробирки добавляется по 10 мл этилового спирта для экстракции образовавшегося формазана (восстановленная форма ТТХ красного цвета). Ил со спиртом во всех 4-х пробирках энергично перемешивается в течение 3-х минут, и затем центрифугирование повторяют. Спиртовые растворы, быстро отделенные от ила, калориметрируются на ФЭКе ($\lambda = 540$ нм, $L = 0,5$ см). Спирт из четвертой пробирки, в которую не вносили раствор ТТХ, используется в качестве контроля. Концентрация формазана за вычетом холостого опыта определяется по калибровочной кривой.

ДАИ выражается в мг восстановленного формазана (а) на 1 г сухого или беззольного вещества ила (в). Это удельная активность (I). Общая активность – на 1 л иловой смеси (II).

$$\text{ДАИ}_{\text{уд.}} \square \frac{a}{b}, \text{ мг/г ила.} \quad (\text{I})$$

$$\text{ДАИ}_{\text{общ.}} \square a \square 100, \text{ мг/г.} \quad (\text{II})$$

Значения ДАИ (У) для промышленного аэротенка

ДАИ	Аэротенк место отбора проб		Конец регенератора
	начало	конец	
$U_{исх.}$	1,35	1,16	0,8
$U_{вод.}$ вода	1,2	1,12	0,95
$U_{ст. ж.}$	1,25	1,55	1,48

Соотношения между активностями:

1. $U_{исх.} \geq U_{ст.ж.} > U_{воды}$ – сточная жидкость не очищена.
2. $U_{ст.ж.} \geq U_{исх.} > U_{воды}$ – изъятие загрязнений окончилось, появи-лись нитраты. Регенерация ила еще не прошла.
3. $U_{ст.ж.} \geq U_{воды} > U_{исх.}$ – регенерация ила закончилась.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Описание порядка выполнения работы. Описание методик определения ДАИ.
3. Выводы по работе.

Правила безопасного проведения работы. Необходимо соблюдать правила работы с кислотами, щелочами, оборудованием из стекла и электронагревательными приборами.

Лабораторная работа №5

Очистка сточных вод методом электрофлотации

2.1. Цель работы

Целью данной работы является изучение процессов очистки сточных вод методом электрофлотации.

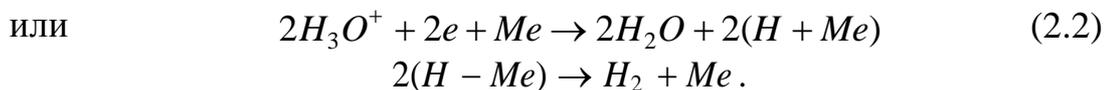
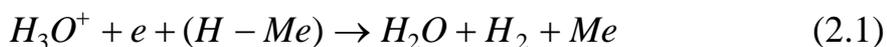
2.2. Общие положения

Флотация – это процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз: газа (воздуха) и жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания.

Процесс очистки сточных вод методом флотации заключается в образовании комплексов «частицы-пузырьки», их всплывании и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности жидкости [3].

Для осуществления процесса флотации используют несколько способов диспергирования газа в воде, одним из которых является электрический. При нем насыщение воды пузырьками газа достигается электролизом воды. Различают следующие виды электрообработки сточных вод: удаление растворенных и взвешенных примесей органического и неорганического происхождения электролизом сточных вод с использованием растворимых (железных или алюминиевых) электродов – анодов; удаление взвешенных, частично растворенных загрязнений с использованием нерастворимых электродов; удаление растворенных примесей с использованием анодного окисления и катодного восстановления, сопровождаемых образованием нетоксичных (малотоксичных), а в некоторых случаях – нерастворимых в воде продуктов, выпадающих в осадок [3].

Процесс электролиза воды в кислой среде (при $\text{pH} < 7$) включает две основные стадии. На первой происходит разряд ионов гидроксония на катоде с образованием атомарного водорода, адсорбированного на его поверхности. На следующей стадии – рекомбинация его в молекулярный. В зависимости от материала электродов и параметров электролиза может преобладать каталитический или электрохимический механизм процесса:

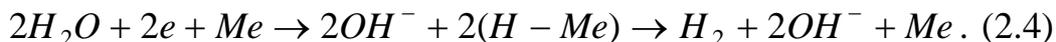


На аноде в этих условиях идет разряд молекул воды [3]:

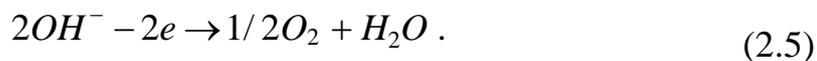


Электролиз воды в щелочной среде происходит при недостаточности катионов водорода, путем прямого восстановления молекул воды на

поверхности катода. В результате этой реакции образуется атом гидроксида и адсорбированный атомарный водород, затем рекомбинирующий в молекулярный по схеме [3]:



Анодный процесс в данном случае определяется разрядом гидроксидов [3]:



Таким образом, в процессе электролиза сточной воды на катоде выделяется водород, а на аноде – кислород. Основную роль в процессе флотации играют пузырьки, выделяющиеся на катоде. Размер пузырьков зависит от величины краевого угла смачивания, кривизны поверхности электрода и его конфигурации. При использовании нерастворимых электродов пузырьки выделяющихся газов сорбируют на своей поверхности загрязнения и поднимаясь вверх, выносят их на поверхность жидкости [3].

Конструкция электродной системы в электрофлотаторе позволяет равномерно распределить пузырьки газа по всему объему флотокамеры, что повышает коэффициент использования ее объема, а значит и эффективность очистки. При электрофлотации образуются только мелкие пузырьки газа практически одного размера, обладающие высокой адгезионной активностью и всплывающие при ламинарном режиме, что также способствует повышению эффективности очистки сточных вод [3].

Основным недостатком электрохимических методов очистки сточных вод является их высокая энергоемкость, поэтому их применяют при расходе сточных вод не более 1000 м³/сут [3].

Метод электрофлотации применяют для очистки производственных сточных вод от поверхностно-активных веществ (природных и синтетических), жиров, нефтепродуктов и т.п. Плотность тока при электрофлотации составляет 0,5–3 А/дм² [3].

Для очистки сточных вод от красителей и ПАВ используется метод электрохимической деструкции при плотности тока 1–2 А/дм². Сила тока при электрофлотации I , А, определяется по формуле [3]:

$$I = J_a \cdot F, \quad (2.6)$$

где J_a – анодная плотность тока, А/дм²; F – площадь электродов, дм².

Удельные затраты электроэнергии W , Вт·ч/л, определяются по формуле [3]:

$$W = \frac{I \cdot U \cdot t}{V}, \quad (2.7)$$

где U – напряжение, В; t – продолжительность электрообработки, ч; V – объем обрабатываемой жидкости, л.

Эффект очистки при электрообработке Θ , %, определяется по формуле [3]:

$$\Theta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%, \quad (2.8)$$

где C_1 и C_2 – концентрация загрязняющего вещества в исходной и обработанной воде, мг/л.

2.3. Лабораторное оборудование

Для проведения данной лабораторной работы необходимо иметь: электрофлотатор; источник питания с устройством управления; секундомер; спектрофотометр.

2.4. Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки представлена на рис. 2.1. Лабораторная установка состоит из модели электрофлотатора и источника питания типа НУ3005. Модель электрофлотатора выполнена из оргстекла и состоит из двух флотокамер 1, отстойной камеры 2 и пеносборного кармана 3. Во флотокамерах установлены электродные блоки, состоящие из нерастворимых анодов 4 и катодов 5. В перегородках, разделяющих флотокамеры, отстойную камеру и пеносборник, имеются щелевые отверстия 6, через которые обработанная жидкость из флотокамер 1 поступает в отстойную камеру 2, а образовавшийся в флотокамерах пенный продукт – в пеносборник 3. Электрофлотатор сверху закрыт крышкой 7, в которой имеются отверстия 8, через которые выделяющийся в процессе электрофлотации газ отводится в систему вентиляции. В отстойной камере 2 имеется патрубок 9, по которому обработанная в электрофлотаторе жидкость отводится в емкость 11. Из пеносборника 3 пенный продукт отводится через патрубок 10.

Флотокамеры имеют размеры 65×55×160 мм и объем 0,52 л; камера отстаивания – 130×50×160 мм и объем 1,04 л; пеносборник имеет размеры 105×40×160 мм и объем 0,6 л. Электроды имеют размеры 65×35 мм; расстояние между электродами составляет 15 мм [3].

Электропитание лабораторной установки осуществляется от источника питания НУ3005, который представляет высокостабильный регулируемый агрегат питания постоянного тока с регулируемым выходным напряжением и регулируемым выходом по току.

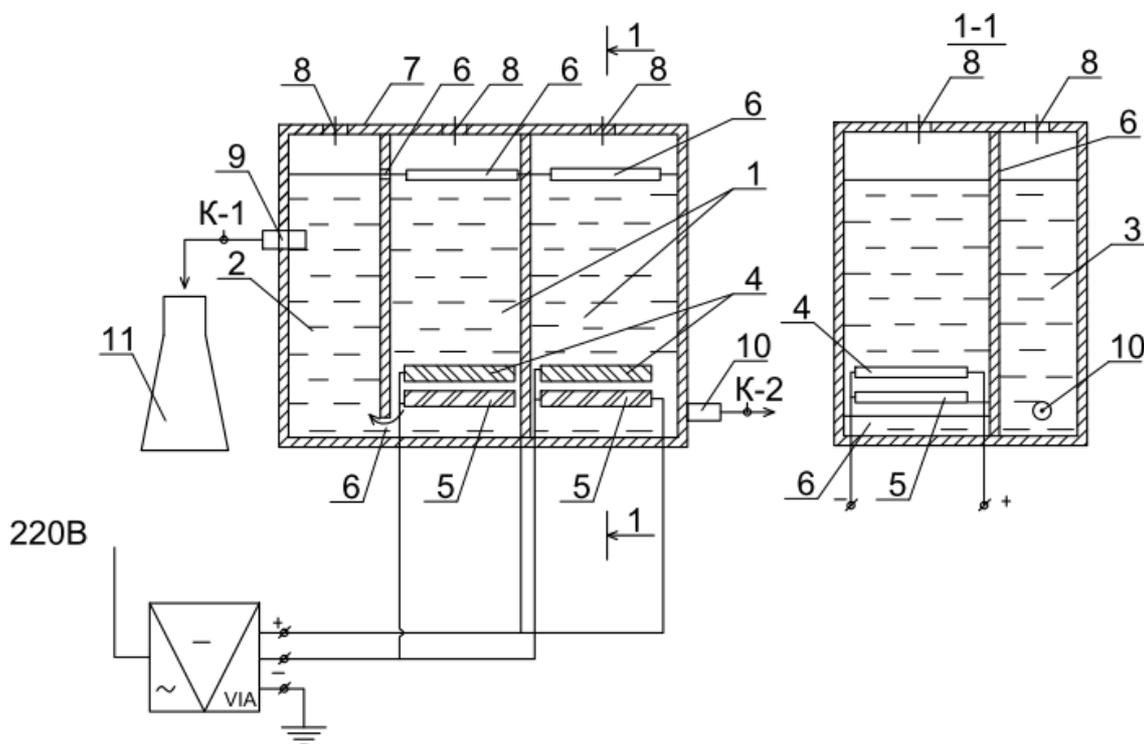


Рис. 2.1. Схема лабораторной установки

Прибор имеет цифровую индикацию напряжения от 0 до 30 В и тока – от 0 до 5 А. Источник питания НУ 3005 предназначен для стабилизации постоянного напряжения или тока в зависимости от установленного режима, имеет плавную регулировку выходного напряжения и тока, которая осуществляется с передней панели и имеет грубую и точную настройку. Предусмотрена работа прибора как с изолированным выходом, так и при заземлении клеммы любой полярности. Прибор имеет защиту от короткого замыкания. В приборе использована линейная схема преобразования переменного напряжения в стабилизированное напряжение постоянного тока заданной силы [3].

Включение прибора с ограничением по току [3]:

- а) подключить прибор к заземляющему контуру через терминал подключения заземления 9;
- б) подключить шнур питания прибора к сети однофазного переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц;
- в) установить ступенчатый регулятор напряжения 6 и плавный регулятор напряжения 5 по часовой стрелке на максимальную позицию;

г) установить ступенчатый регулятор тока нагрузки 4 и плавный регулятор тока нагрузки 3 против часовой стрелки на минимальную позицию.

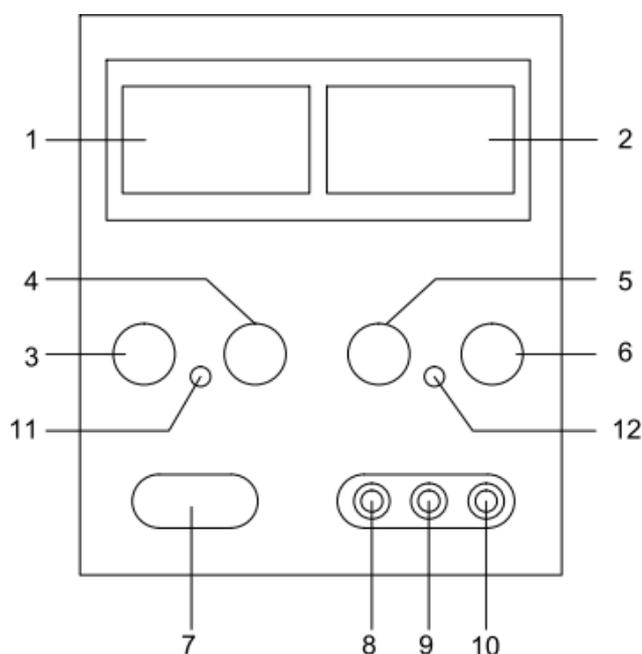


Рис. 2.2. Передняя панель прибора НУ 3005:

1 – цифровая шкала амперметра; 2 – цифровая шкала вольтметра;
 3 – плавный регулятор тока нагрузки; 4 – ступенчатый регулятор тока нагрузки; 5 – плавный регулятор напряжения; 6 – ступенчатый регулятор напряжения; 7 – выключатель; 8 – отрицательный выходной терминал; 9 – терминал подключения заземления; 10 – положительный выходной терминал; 11 – светодиодный индикатор выходного тока; 12 – светодиодный индикатор выходного напряжения

- д) включить прибор выключателем 7;
- е) подсоединить электрофлотатор комплектом соединительных проводов на выходные терминалы 8 и 10;
- ж) ступенчатым регулятором тока нагрузки 4 и плавным регулятором тока нагрузки 3 установите заданный выходной ток.

2.5. Порядок проведения работы

Изучение метода электрофлотации производится применительно к очистке сточных вод от синтетических красителей. До начала лабораторной работы приготавливают шкалу растворов красителя с концен-

трациями 5,10,20.50 и 100 мг/л. Каждый раствор фотометрируют на спектрофотометре КФК. По результатам фотометрирования строится калибровочный график [3].

С электрофлотатора снимают крышку 7 и заполняют его сточной водой, загрязненной красителем в концентрации 50–100 мг/л. Для определения точной концентрации красителя отбирают пробу раствора, на спектрофотометре КФК определяют его оптическую плотность и по калибровочной кривой – концентрацию красителя в исходном растворе. Полученные значения записывают в табл. 2.1. Крышку закрывают и проверяют надежность всех электрических соединений и заземление выпрямителя [3].

Параметры «плотность тока» и «продолжительность обработки» принимаются по заданию. Рекомендуемые значения плотности тока 1–3 А/дм², время обработки 5–25 минут [3].

Внимание: в случае короткого замыкания на выходе ток ограничится величиной, установленной текущими элементами управления, тем не менее устройство должно быть выключено, а короткое замыкание устранено.

Используя формулу (2.6) определяют силу тока, которая должна быть установлена в цепи электрофлотатора после его включения, и записывают эту величину в табл. 2.1. Включают источник питания и регуляторами тока нагрузки устанавливают заданное значение тока нагрузки, начиная с минимальной величины. Через интервалы времени 5, 10, 15, 20 и 25 минут открытием крана К-1 отбирают пробы жидкости, и на спектрофотометре КФК определяют величину оптической плотности. По калибровочной кривой определяют концентрацию красителя, и полученные значения заносят в табл.2.1.

Таблица 2.1

Номер опыта	Анодная плотность тока, А/м ²	Сила тока, А	Напряжение, В	Продолжительность обработки, ч	Концентрация красителя, мг/л	
					в исходном растворе	в обработанном растворе
1	2	3	4	5	6	7

Затем увеличивают плотность тока и повторяют опыты в описанной выше последовательности. По окончании опытов прибор выключают и обесточивают выдернув вилку из розетки. Отсоединяют соединительные провода электродного блока от выходных терминалов. Снимают крышку

вместе с электродными блоками. Электрофлотатор опорожняют и промывают водой.

2.6. Обработка опытных данных и составление отчета

По формуле (2.7) определяются удельные затраты электроэнергии, а по формуле (2.8) – эффект очистки. Результаты расчетов заносятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Номер опыта	Анодная плотность тока, А/м ²	Продолжительность обработки, t, ч	Эффект очистки, Э, %	Удельные затраты электроэнергии, $W, \frac{Вт \cdot ч}{л}$
1	2	3	4	5

По данным табл. 2.2 для каждого значения анодной плотности тока строится график зависимости $\mathcal{E} = f(t)$. По данным графикам определяется оптимальная плотность тока, для которой строится график зависимости $W = f(t)$.

Дается заключение об оптимальных режимах работы установки и эффективности очистки воды электрофлотацией.

2.7. Меры безопасности при проведении лабораторной работы

При проведении лабораторной работы на электрофлотационной установке необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе с электрическими приборами. Студенты, выполняющие данную лабораторную работу, должны пройти инструктаж по технике безопасности при работе с электроприборами. Так как при электролизе жидкости выделяются газы (водород, кислород), электрофлотатор должен иметь систему вытяжной вентиляции или должен быть установлен в вытяжном шкафу [3].

Источник питания должен располагаться в сухом, отапливаемом помещении, где отсутствуют любые агрессивные пары, вдали от предметов, излучающих тепло. К нему необходимо обеспечить свободный доступ воздуха. Источник питания должен быть заземлен.

Перед началом лабораторной работы необходимо произвести внешний осмотр источника питания, ознакомить студентов с расположением элементов управления и индикации измерительных данных

источника питания НУ-3005, объяснить правила включения и выключения, порядок установки требуемых величин силы тока и напряжения [3].

Категорически запрещается [3]:

- работать с незаземленным источником питания;
- нарушать правила его эксплуатации (включение, выключение, регулирование параметров);
- производить ремонт при включенном в сеть источнике питания;
- дотрагиваться до находящихся под напряжением контактов;
- снимать крышку электрофлотатора во время его работы;
- работать с электрофлотатором в местах, не оборудованных принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических занятий
по дисциплине «Водообеспечение и водоотведение в производственных процессах»
для студентов очной/заочной формы обучения
направления подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии

Практическое занятие № 1

Реконструкция водоводов и водопроводных сетей. Повышение пропускной способности и надежности водоводов

Цель работы: освоить методы реконструкции водоводов и водопроводных сетей. Повышение пропускной способности и надежности водоводов.

Теоретические сведения

Необходимость реконструкции водопроводных сетей возникает вследствие того, что фактические условия их работы с течением времени начинают отличаться от проектных. Чаще всего отдельные линии или вся сеть работают с гидравлической перегрузкой, что вызывает дополнительные потери напора и недостачу его у потребителей. Появляется необходимость в установке насосных станций подкачки и т.п. Периодическая реконструкция водопроводных сетей вполне закономерна, так как нормальное развитие (укрупнение) населенного пункта периодически требует развития водопроводных сетей.

Перед началом реконструкции водопроводных сетей работа сети тщательно изучается, проводится манометрическая съемка, определяются фактические гидравлические сопротивления трубопроводов разных диаметров, затем выполняется гидравлический расчет кольцевой сети на ПЭВМ для характерных режимов ее работы, анализируются результаты и намечаются пути реконструкции [1].

Для обеспечения требуемой надежности работы водовода при аварии на нем устанавливаются переключения, позволяющие исключить из работы аварийный участок. Если водовод, подающий воду в резервуар (башню), состоит из линий одинакового диаметра и длины, то количество переключений n , шт. рассчитывается по формуле [1]:

$$n = \frac{\varepsilon^2 (2m - 1) S_B}{(1 - \varepsilon^2)(m - 1)^2 (S_\phi + S_k + S_g)} \quad (1.1)$$

где ε – коэффициент допустимого снижения подачи воды при аварии; S_g и S_k – сопротивление, соответственно, водовода и коммуникаций насосной

станции, $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$; S_ϕ – параметр в формуле, описывающей зависимость Q-H насоса; m – количество линий водоводов, шт.

Сопrotивление водовода S_ϵ , $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$ рассчитывается по формуле [1]:

$$S_\epsilon = AL / m^2, \quad (1.2)$$

где A – удельное сопротивление труб водовода, м/м; L – длина каждой линии водовода, м.

Коэффициент ϵ зависит от минимального допускаемого расхода воды при аварии, который определяется из условий подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не менее 70% расчетной потребности, а на производственные нужды – по аварийному графику. Величина ϵ рассчитывается по формуле [1]:

$$\epsilon = \frac{Q_{\text{авар}}}{Q_n} \quad (1.3)$$

где Q_n – расход воды по водоводу при нормальной работе, $\text{м}^3/\text{с}$.

Переключения на водоводах необходимы лишь в том случае, если $n > 0$. При подаче воды по водоводам из напорного резервуара $S_\phi = 0$ и $S_k = 0$. В этом случае имеем [1]:

$$n = \frac{\epsilon^2(m-1)}{(1-\epsilon^2)(m-1)^2} \quad (1.4)$$

Для этого случая число переключений на водоводе зависит не от сопротивления водовода (его длины и диаметра), а лишь от числа линий водовода m и принятого коэффициента ϵ . При назначенном числе переключений n этот коэффициент рассчитывается по формулам [1]:

– для всасывающего трубопровода:

$$\epsilon = \sqrt{\frac{(n+1)(m-1)^2(S_\phi + S_k + S_b)}{(2m-1)S_b + (n+1)(m-1)^2(S_\phi + S_k + S_\epsilon)}} \quad (1.5)$$

– для напорного водовода:

$$\epsilon = \sqrt{\frac{(n+1)(m-1)^2}{(2m-1) + (n+1)(m-1)^2}} \quad (1.6)$$

Если водовод состоит из линий различного диаметра или длины, то максимальное расстояние между переключениями l , м рассчитывается по формуле [1]:

$$l = \sqrt{\frac{(n-\epsilon^2)(S_\phi + S_k + S_b)}{\epsilon^2(A_{BA} - A_B)}} \quad (1.7)$$

где A_ϵ – удельное сопротивление водовода из n линий при нормальной работе, $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$; A_{BA} – то же при выключении одной линии между переключениями на ремонт, $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$.

Значения A_B и A_{BA} , $(\text{с}/\text{м}^3)^2 \cdot \text{м}$ рассчитываются по формулам [1]:

$$A_B = 1 / \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{A_i} \right) \quad (1.8)$$

$$A_{BA} = 1 / \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{\sqrt{A_i}} - \frac{1}{\sqrt{A_k}} \right)^2 \quad (1.9)$$

где A_i – удельное сопротивление каждой из линий водовода, $(\text{с}/\text{м}^3)^2 \cdot \text{м}$; A_k – наименьшее удельное сопротивление линий водовода с наибольшим диаметром труб, $(\text{с}/\text{м}^3)^2 \cdot \text{м}$.

При проектировании реконструируемых систем водоснабжения приходится решать задачу увеличения подачи воды по водоводу. Это возможно осуществить следующими способами [1]:

- установкой более мощного насоса или включением в параллельную работу дополнительного однотипного насосного оборудования;
- уменьшением сопротивления водовода за счет дополнительной прокладки еще одной линии водовода;
- совмещением первого и второго способов.

При первом способе определяют расчетные параметры насосного оборудования (расход и напор) [1]:

$$Q_{\text{н}} = \phi Q_{\text{н}} ; \quad (1.10)$$

$$H = H_2 + Q_{\text{н}} (S_B + S_K) \quad (1.11)$$

где $Q_{\text{н}}$ – увеличенный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; ϕ – коэффициент увеличения расхода воды по водоводу ($\phi > 1$); $Q_{\text{н}}$ – расход воды, ранее пропускавшийся по водоводу, $\text{м}^3/\text{с}$; H_2 – геометрическая высота водоподъема, измеряемая между уровнями воды в приемном и аккумулирующем резервуарах, м; S_B и S_K – сопротивления в коммуникациях насосной станции и водоводах, $(\text{с}/\text{м}^3)^2 \cdot \text{м}$.

Величина S_B $(\text{с}/\text{м}^3)^2 \cdot \text{м}$ рассчитывается по формуле [1]:

$$S_B = 1 / \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{\sqrt{S_i}} \right)^2 \quad (1.12)$$

где m – количество линий водовода.

При втором способе увеличения подачи воды задача сводится к определению длины или диаметра дополнительно прокладываемой линии. Если дополнительно прокладываемый трубопровод имеет такую же длину, как и существующие водоводы, то сначала определяют его сопротивление, а затем по таблицам [2] находят соответствующий ему диаметр.

Сопротивление дополнительно прокладываемой линии S_i $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$ рассчитывается по формуле [1]:

$$S_i = \left(\frac{\left(\frac{S_B - S_{BY}}{S_B \sqrt{S_{BY}}} \right) + S_{BY} \sqrt{S_B}}{S_B - S_{BY}} \right)^2, \quad (1.13)$$

где S_{BY} – сопротивление усиленного водовода, $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$.

Величина S_{BY} $(\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$ рассчитывается по формуле [1]:

$$S_{BY} = \frac{S_B - (\phi^2 - 1)(S_\Phi + S_K)}{\phi^2}, \quad (1.14)$$

где S_Φ – параметр в формуле (1.1).

Если известно удельное сопротивление дополнительно прокладываемой линии A_1 , то требуемую длину этой линии l , м, ($l < L$) при условии обеспечения подачи увеличенного расхода воды Q_{HY} существующим насосом рассчитывают по формуле [1]:

$$l = \frac{(S_B - S_{BY})(A_B + 2\sqrt{A_1 A_B} + A_1)}{A_B(A_B + 2\sqrt{A_1 A_B})} \quad (1.15)$$

Если водовод из двух линий одинакового диаметра и длины усиливают трубопроводом с таким же удельным сопротивлением $A_1 = m^2 \cdot A_B$, то длина данного трубопровода рассчитывается по формуле [1]:

$$l = \frac{7,2(S_B - S_{BY})}{A_1} = \frac{1,8(S_B - S_{BY})}{A_B} \quad (1.16)$$

В случае подачи увеличенного расхода воды потребителям путем установки более мощного насоса или большего количества насосов с известными характеристиками $H-Q$ и прокладки дополнительной линии, сопротивление которой требуется определить, сначала вычисляют расчетное сопротивление усиленного водовода по формуле [1]:

$$S_{BY} = \frac{S_B - \Delta H / Q_H^2 + S_\Phi - \phi^2 S_\Phi^1 - S_K (\phi^2 - 1)}{\phi^2} \quad (1.17)$$

где $\Delta H = H_\Phi - H_{CP}$ – увеличение напора, развиваемого более мощным насосом, м.

Далее определяется сопротивление дополнительно прокладываемой линии по формуле (1.13) и длина этой линии, проверяется возможность подачи расчетного расхода воды существующим насосом. Это требование будет выполнено, если фактическое сопротивление водовода, вычисленное

по формуле (1.12) не будет превышать расчетного, определяемого по формуле (1.14).

Задача № 1

Определить расход воды на производственные нужды промпредприятия при аварии, если расход воды по водоводам в нормальных условиях равен $1,2 \text{ м}^3/\text{с}$. На водоводах, подающих техническую воду на промпредприятия имеется четыре переключения, а число водоводов, по которым подается эта вода, равно двум.

Задача № 2

Подача водопроводной насосной станции второго подъема ВНС-II составляет $240000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Рассчитать параметры данной насосной станции после реконструкции, если коэффициент увеличения расхода равен 1,5; геометрическая высота подъема воды составляет 25 м, сопротивление водовода достигает $156,75 \text{ (с/м}^3)^2 \cdot \text{м}$, а сопротивление коммуникаций ВНС-II – $3,5 \text{ (с/м}^3)^2$.

Практическое занятие № 2

Реконструкция насосных станций для перекачки сточных вод

Цель работы: изучить реконструкцию насосных станций для перекачки сточных вод

Водопроводные насосные станции первого подъема (ВНС-I) забирают воду из источников водоснабжения (подземных и поверхностных) и подают ее на водопроводные очистные сооружения (ВОС) или непосредственно потребителям.

При заборе воды из подземных источников (скважин или трубчатых колодцев) со временем наблюдается снижение расходов воды, поступающих на ВНС-I, что вызвано увеличением сопротивления в водоносных горизонтах. Это, в свою очередь, требует изменения Q-H характеристики насосов, установленных на данных насосных станциях. Одним из способов решения этой задачи является переход на забор воды из скважин без использования водоподъемных труб.

При значительном снижении дебета скважины возникает необходимость в замене погружного насоса. В этом случае применяется насос меньшей производительности, а значит меньшего диаметра. Такой насос оборудуется специальным кожухом, позволяющим не только разместить его в обсадной трубе, но и служащим для охлаждения электродвигателя, обтекающим его потоком воды [1].

При заборе воды из поверхностных источников за счет изменения уровня воды в них, может измениться Q-H характеристика напорных водоводов за счет изменения геометрической высоты подъема воды. В этом случае необходимо регулировать работу насосов, установленных на ВНС-I. Наиболее перспективный метод регулирования – изменение частоты вращения насоса с помощью частотных преобразователей [3].

При модернизации и интенсификации работы ВОС с целью увеличения их производительности возникает необходимость подачи большего количества воды потребителю. Для этого необходима реконструкция водопроводных насосных станций второго подъема, которые подают воду из резервуаров чистой воды (РЧВ) в систему водоснабжения населенных пунктов. Такая реконструкция осуществляется путем замены насосного оборудования на более мощное или путем установки на существующих ВНС-II дополнительных насосов.

Важным фактором при реконструкции ВНС-II является экономия электроэнергии на ВНС-II. Одним из путей такой экономии является подача воды питьевого качества потребителю с постоянным напором. Такой режим подачи воды также может обеспечить регулирование насосов, установленных на ВНС-II [1].

Необходимость в реконструкции канализационных насосных станций (КНС) возникает при изменении графика притока сточных вод и их количества, а также при изменении гидравлических характеристик напорных водоводов. Обычно возникает необходимость увеличить производительность КНС и ее требуемый напор. Наиболее простым решением может быть установка дополнительных рабочих насосов или замена существующих насосов на более мощные. В обоих случаях может возникнуть необходимость в увеличении мощности трансформаторов. При реконструкции КНС могут использоваться центробежные насосы с «сухой» установкой или погружные насосы. Наименее затратный метод реконструкции – это сохранение отечественных насосов «сухой» установки. В этом случае оптимизация режимной точки достигается путем обточки рабочего колеса или регулированием работы насосов, установленных на КНС [3].

Расчеты, необходимые при реконструкции насосных станций, производятся по рекомендациям [4; 5]. Принимается число рабочих насосов n_p , шт. Расход воды через всасывающий трубопровод $q_{вс}$, м³/с рассчитывается по формуле:

$$\text{– для КНС [4]} \quad q_{вс} = \frac{q_{н.с.}}{n_p}, \quad (2.1)$$

где $q_{н.с.}$ – требуемая подача насосной станции, м³/с;

– ВНС-II [5]

$$q_{вс} = \frac{q_{н.с.}}{n_{вс}}, \quad (2.2)$$

где $n_{вс}$ – число всасывающих трубопроводов, шт.

Диаметр всасывающего трубопровода $d_{вс}$, мм рассчитывается по формуле [4; 5]:

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{4q_{вс}}{\pi \cdot v_{вс}}}, \quad (2.3)$$

где $v_{вс} = 1-1,5$ м/с – скорость движения воды во всасывающем трубопроводе [4; 5].

Потери напора во всасывающих трубопроводах ВНС-II $h_{вс}$, м рассчитываются по формуле [5]:

$$h_{вс} = 1,1 \cdot i_{вс} \cdot l_{вс}, \quad (2.4)$$

где $i_{вс}$ – гидравлический уклон всасывающих трубопроводов [2]; $l_{вс}$ – длина всасывающего трубопровода, м.

Расход воды в напорном водоводе q_n , м³/с рассчитывается по формуле [4; 5]:

$$q_n = \frac{q_{н.с.}}{n_n}, \quad (2.5)$$

где n_n – число напорных водоводов, шт.

Диаметр напорного водовода, мм рассчитывается по формуле [4; 5]:

$$d_n = \sqrt{\frac{4q_n}{\pi \cdot v_n}}, \quad (2.6)$$

где $v_n = 1-2$ м/с – скорость движения воды в напорном водоводе [4; 5].

Диаметр напорного трубопровода внутри насосной станции обычно принимается равным диаметру напорных водоводов. Изготавливается он из стальных труб [4; 5]. Напорные водоводы КНС изготавливаются обычно из неметаллических труб [3]. Напорные водоводы ВНС-II изготавливаются из неметаллических труб, а также из стальных и чугунных труб [4; 5].

Потери напора в напорных водоводах h_n , м рассчитываются по формуле [4; 5]:

$$h_n = 1,1 \cdot i_n \cdot l_n, \quad (2.7)$$

где i_n – гидравлический уклон напорных водоводов [2; 6]; l_n – длина напорных водоводов, м.

Требуемый напор для КНС H_{mp} , м, рассчитывается по формуле [4]:

$$H_{mp} = Z_2 - Z_1 + h_n + H_{н.с.} + h_{изл}, \quad (2.8)$$

где Z_2 – отметка поверхности воды в приемной камере очистных сооружений, м; Z_1 – отметка поверхности воды в приемном резервуаре КНС, м; $H_{н.с.} = 1,5 \div 2,5$ м – потери напора в коммуникациях насосной станции [4; 5]; $h_{изл} = 1 \div 1,5$ м – запас напора на излив.

Величина Z_1 , м рассчитывается по формуле [4]:

$$Z_1 = Z_3 - a, \quad (2.9)$$

где Z_3 – отметка дна лотка подводящего коллектора, м; $a = 1 - 1,5$ м [4].

Требуемый напор для ВНС-II H_{mp} , м рассчитывается по формуле [5]:

$$H = Z_5 + Z_4 + h_{вс} + h_n + H_{б} + h_{б} + H_{н.с.}, \quad (2.10)$$

где Z_5 – отметка земли в точке водопотребления (у водонапорной башни); Z_4 – отметка воды в резервуаре чистой воды, м; $H_{б}$ – высота водонапорной башни, м; $h_{б}$ – высота бака водонапорной башни, м.

Величина Z_4 , м рассчитывается по формуле [5]:

$$Z_4 = Z_6 + 0,5, \quad (2.11)$$

где Z_6 – отметка дна резервуара чистой воды, м.

Подача одного насоса $q_{1н}$, м³/с рассчитывается по формуле [4; 5]:

$$q_{1н} = \frac{q_{н.с.}}{n_p} \cdot k_i, \quad (2.12)$$

где k_i – коэффициент параллельности работы i -ого насоса [4; 5].

По подаче одного насоса к требуемому напору подбирается марка насоса, устанавливаемого в реконструируемой насосной станции.

Задача № 1

Предложить вариант реконструкции КНС, предназначенной для перекачки хозяйственно-бытовых стоков. Производительность КНС

должна увеличиться с 900 м³/ч до 1200 м³/ч. Отметка поверхности воды в приемной камере очистных сооружений составляет 129,18 м, а отметка дна лотка коллектора, подводящего воду к КНС – 70,35 м.

Задача № 2

Предложить вариант реконструкции ВНС-II. Производительность ВНС-II должна увеличиться с 1200 м³/ч до 1600 м³/ч. Отметка земли в точке водопотребления – 211,75 м, высота водонапорной башни – 15 м, а высота бака водонапорной башни – 3 м.

Практическое занятие № 3

Выбор технологической схемы очистки питьевой воды при увеличении расхода или ухудшении качества воды в источнике

При увеличении производительности станций водоподготовки необходимо увеличить количество установок, осуществляющих подготовку воды. Это требует значительных капитальных вложений. Кроме того, увеличения числа работающих аппаратов необходимо осуществлять по всей технологической цепочке водоподготовки. Кроме экстенсивного пути реконструкции увеличение производительности водопроводных очистных сооружений возможно за счет использования интенсивных технологий. Применение новейших технологий водоподготовки, кроме увеличения производительности водопроводных очистных сооружений (ВОС), ведет тоже к улучшению качества очищаемой воды, повышению экономической эффективности (снижения эксплуатационных затрат, экономии реагентов, материалов и электроэнергии) [1].

При реконструкции существующих ВОС могут быть внедрены следующие инновационные технологические схемы [1].

При реагентной обработке мутных, цветных вод с использованием отстойников или осветлителей со взвешенным слоем осадка, последующим фильтрованием и обеззараживанием может быть дополнительно применено озонирование перед подачей воды в скорые фильтры с зернистой загрузкой.

При очистке маломутных цветных вод может быть применено первичное озонирование с целью достижения эффекта флокуляции и для окисления органических соединений перед традиционными сооружениями (микрофильтры, фильтры с зернистой загрузкой), а также вторичное озонирование для дезинфекции и дезодорации воды. В южных регионах страны в технологическую схему очистки этих природных вод могут быть включены биореакторы с прикрепленной микрофлорой, образующейся в

результате жизнедеятельности микроорганизмов при аэрации природной воды и ее биофильтрации через специальные насадки.

Опыт работы по удалению из воды антропогенных загрязнений, которые из-за их малой концентрации удаляются обычно на стадии глубокой очистки, показал, что полярные и гидратированные органические вещества (например, фенолы) легче поддаются деструкции озоном, а неполярные (например, углеводороды) лучше извлекаются с помощью сорбции.

Перед вторичным озонированием или сорбцией следует удалить вначале грубодисперсные примеси методом отстаивания, фильтрования или контактного осветления во взвешенном слое осадка.

Очистку методом сорбции следует осуществлять путем фильтрования воды через слой гранулированных активированных древесных углей [1]. Вследствие присутствия в воде различных загрязнений, высокий эффект очистки может быть достигнут лишь при совместном использовании двух или трех типов сорбентов, загруженных в один фильтр [1].

Адсорбционный фильтр представляет собой колонку с неподвижным слоем сорбента, через который фильтруется вода. Крупность зерен сорбента не превышает 0,8–5 мм, а скорость фильтрования находится в пределах 1–12 м/ч [7].

Направления движения воды при ее очистке в адсорбционных фильтрах принимается как сверху вниз, так и снизу вверх. При фильтровании снизу вверх происходит равномерное распределение воды по сечению фильтров, однако в этом случае адсорбционные фильтры имеют значительно более сложную конструкцию, так как в них необходимо предотвращать вынос сорбента с очищенной водой [7].

Адсорбционные фильтры могут работать в напорном (под избыточным давлением) и в безнапорном (со свободной поверхностью воды) режимах. Регенерация загрузки адсорбционных фильтров обычно не предусматривается. Отработанный сорбент после истечения определенного времени выгружается из фильтров, высушивается и вывозится на утилизацию. Площадь адсорбционных фильтров $F_{ад}$, м² рассчитывается по формуле [7]:

$$F_{ад} = \frac{Q_p}{v_{ф}^{ад}}, \quad (3.1)$$

где Q_p – расчетный расход воды, поступающий на очистку, м³/ч;

$v_{ф}^{ад}$ – скорость фильтрования в адсорбционных фильтрах, м/ч.

Число рабочих адсорбционных фильтров при производительности ВОС до 1600 м³/сут. должно быть не менее четырех. При большей

производительности число рабочих фильтров $N_{ад.ф.}$, шт. рассчитывается по формуле [8]:

$$N_{ад.ф.} = \sqrt{\frac{F_{ад}}{2}}. \quad (3.2)$$

Если принят один рабочий адсорбционный фильтр, на станции подготовки воды должен устанавливаться один резервный [8]. Схема загрузки адсорбционного фильтра с учетом рекомендаций [7; 8] приведена на рис. 3.1.

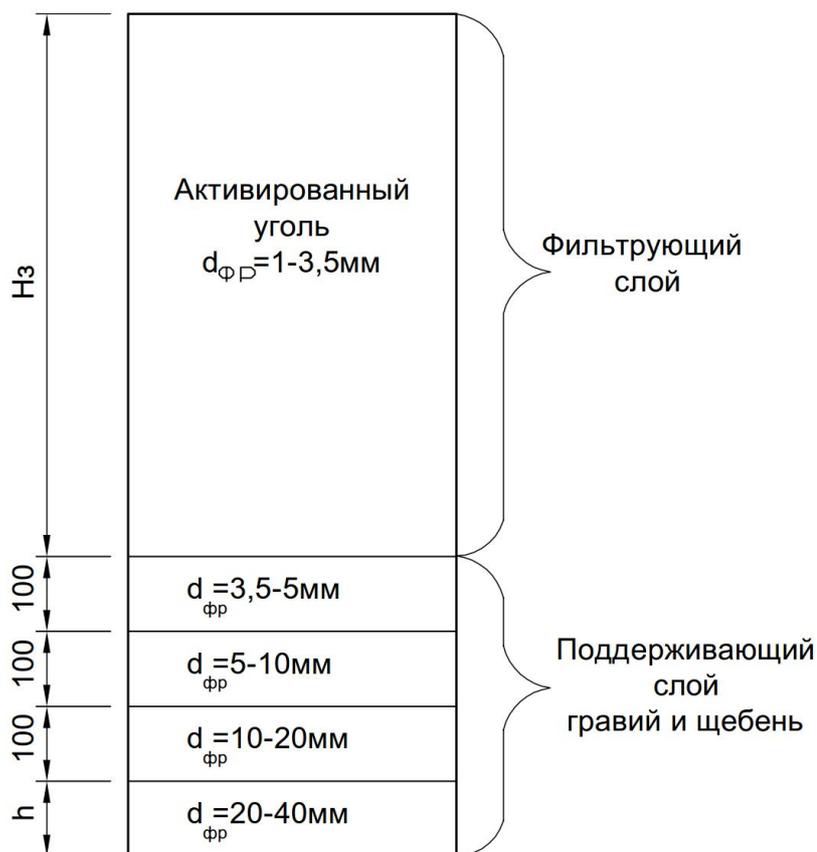


Рис. 3.1. Схема загрузки адсорбционного фильтра

Величина h зависит от диаметра водоотводящей системы [3]. Высота слоя сорбента $H_з$, м рассчитывается по формуле [7]:

$$H_з = \frac{(C_n - C_k) \cdot Q_p \cdot T}{F_{ад} \cdot \gamma} \left(\frac{1}{K \cdot a_{\max}} + \frac{1}{a_{\min}} \right) + H_p, \quad (3.3)$$

где C_n – концентрация загрязнений в воде, поступающей на очистку, мг/л; C_k – концентрация загрязнений в очищенной воде, мг/л; T – время работы адсорбционного фильтра, ч; γ – насыпная плотность сорбента, г/м³, [9];

$K = 0,6 \div 0,8$ – коэффициент сорбции [7]; a_{\max} , a_{\min} – максимальная и минимальная емкость сорбента, определяемые экспериментально, г/м³; $H_p = 0,3 \div 0,5$ м – высота резервного слоя [8].

Число параллельного работающих адсорбционных фильтров $N_{ад}$, шт. рассчитывается по формуле [7]:

$$N_{ад} = \frac{H_3}{H_1}, \quad (3.4)$$

где H_1 – высота слоя загрузки одного адсорбционного фильтра, м.

Общая высота адсорбционного фильтра $H_{ад}^{общ}$, м рассчитывается по формуле [7]:

$$H_{ад}^{общ} = H_3 + H_n + H_2, \quad (3.5)$$

где H_n – высота поддерживающего слоя, м; H_2 – расстояние от верха загрузки до верха фильтра, м.

Для адсорбционных фильтров величина H_2 составляет 0,5–1 м [8]. Потери напора в слое сорбента составляют 0,5 м на 1 м высоты слоя фильтрующей загрузки [7].

В напорных адсорбционных фильтрах в качестве водораспределительного устройства применяется расширительная воронка диаметром $1,5 d_k$ и высотой d_k , где d_k – диаметр подводящего коллектора [7]. В безнапорных адсорбционных фильтрах вода распределяется с помощью лотков. Водосборная система адсорбционных фильтров представляет собой лучевую систему с перфорированными ответвлениями или коллектор с двойными перфорированными ответвлениями [7; 8]. Отверстия на ответвлениях располагаются в шахматном порядке и направлены вверх или вниз под углом 45° к ответвлениям. Суммарная площадь отверстий на водосборной системе адсорбционного фильтра $F_{сум}$, мм² рассчитывается по формуле [7]:

$$F_{сум} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{F_{ад}}{N_{ад.ф.}}. \quad (3.6)$$

Диаметр отверстий на водосборной системе адсорбционного фильтра принимается равным 10–20 мм [2]. Число отверстий на водосборной системе адсорбционного фильтра $N_{отв}$, шт. рассчитывается по формуле [7]:

$$N_{отв} = \frac{F_{сум}}{f_{отв}}, \quad (3.7)$$

где $f_{отв}$ – площадь сечения одного отверстия, мм².

Скорость движения воды в коммуникациях адсорбционного фильтра составляет 1–1,5 м/с [8].

Водопроводные очистные сооружения производительностью до 5 тыс. м³/сут. могут иметь в своем составе электродиализные, обратно-

осмотические и ионообменные установки [1]. Выбор технологической схемы водоочистной станции при ее реконструкции производится с учетом технико-экономических показателей. Экономическая и экологическая целесообразность применения биореакторов на первой ступени подготовки природной воды заключается в экономии окислителей и коагулянтов, а также в снижении концентрации хлорорганических соединений при первичном ее хлорировании [1].

ЦНИИЭП разработал и запроектировал инженерное оборудование для водоподготовки производительностью 20, 50 и 100 тыс.м³/сут. с использованием методов озонирования и сорбции, которое может быть использовано при реконструкции существующих водопроводных очистных сооружений [1]. Техничко-экономические расчеты показывают, что стоимость установок ориентировочно составляет 27% от общей стоимости оборудования, используемого при реконструкции ВОС, а стоимость адсорбционных угольных фильтров – 35% [1]. В то же время себестоимость обработки природных вод при внедрении окислительно-сорбционной технологии увеличивается на 30–40 %. Данная технология особенно необходима, если в воде содержится более 1 мг/л марганца и более 15 мг/л железа. При этом принимается двухстадийная очистка природных вод. На первом этапе удаляется железо с помощью упрощенной аэрации и фильтрования природной воды на песчаных фильтрах, а на втором этапе осуществляется окисление марганца озоном с последующим удалением его нерастворимых соединений на песчаных или угольных фильтрах [1].

Задача № 1

Рассчитать напорные адсорбционные фильтры, предназначенные для очистки природных вод от нефтепродуктов. Расход природных вод, поступающих на очистку, составляет 45 м³/ч. Концентрация нефтепродуктов в воде, поступающей на очистку достигает 2 мг/л, а содержание нефтепродуктов в очищенной воде, применяемой для технического водоснабжения, не должно превышать 0,5 мг/л. В качестве сорбента используется активированный уголь марки АГ-2, для которого $\gamma=6 \cdot 10^5$ г/м³, $a_{\max}=1$ г/м³, $a_{\min}=0,11$ г/м³, $K=0,8$.

Задача № 2

Определить общую высоту безнапорного адсорбционного фильтра предназначенного для очистки природной воды от бензола. Расход природных вод, поступающих на очистку, составляет 5 м³/ч. Концентрация бензола в воде, поступающей на очистку, достигает 0,85 мг/л, а содержание бензола в очищенной воде, применяемой для технического

водоснабжения, не должно превышать 0,25 мг/л. В качестве сорбента используется активированный уголь марки АГ-3, для которого, $\gamma=5,5 \cdot 10^5$ г/м³, $a_{\max}=1,5$ г/м³, $a_{\min}=0,14$ г/м³, $K=0,75$.

Практическое занятие № 4

Реконструкция сооружений водоочистой станции

Для увеличения производительности водопроводных очистных сооружений и повышения эффективности их работы проводится реконструкция всего комплекса сооружений водоподготовки.

При реконструкции реагентного хозяйства следует применять железосодержащие реагенты (сернокислое и хлорное железо), которое имеет большую эффективность, чем сульфат алюминия. Однако стоимость железосодержащих реагентов больше, чем у глинозема, а коррозионная способность их водных растворов выше. Поэтому в качестве коагулянтов для очистки природной воды возможно использование смеси сернокислого алюминия и хлорного железа в пропорции 1:1 [1]. Для снижения дозы коагулянтов, а также времени пребывания обрабатываемой воды в камере хлопьеобразования, применяется ее искусственное замутнение глинистой взвесью, загрязненными промывными водами фильтров или осадком отстойников [1].

Интенсификация процесса коагуляции возможна путем аэрации обрабатываемой воды, воздействием на нее ультразвука, а также наложением электрического или магнитного поля [1]. При реконструкции реагентного хозяйства водопроводных очистных сооружений следует переходить на дозирование растворов коагулянтов и флокулянтов с помощью насосов – дозаторов [10]. Для очистки природной воды методом коагуляции очень важным является быстрое и равномерное перемешивание обрабатываемой воды с реагентами. Этого можно достигнуть при использовании растворов коагулянтов с низкой концентрацией (до 1%) [1].

Смешение природной воды с реагентами осуществляется обычно в вертикальных (вихревых), дырчатых или перегородчатых смесителях [10].

При реконструкции вихревые смесители оборудуются перфорированными распределителями реагента [1].

В КГАСУ разработан смеситель со струйным элементом, который работает под избыточным давлением [11]. Расчетная схема смесителя со струйным элементом представлена на рис. 4.1. Струйный элемент представляет собой цилиндр, заглушенный с обоих торцов и имеющий перфорированную боковую поверхность. Вода подается в струйный элемент через приточный патрубок. Распространяясь вдоль оси струйного

элемента, вода образует в нем прямой и обратный потоки, а также внешний рецикл [11]. В каждом из перечисленных выше потоков имеет место соответствующее распределение скоростей как в поперечных сечениях, так и по длине струи. Во всех трех частях потока осуществляется турбулентное движение жидкости.

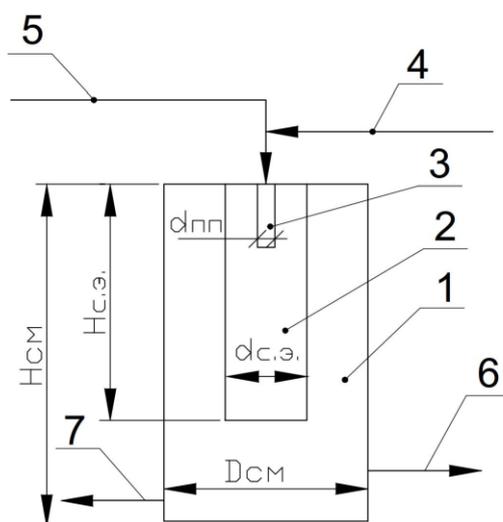


Рис. 4.1. Расчетная схема смесителя со струйным элементом:
 1 – корпус смесителя; 2 – струйный элемент; 3 – приточный патрубок;
 4 – подача обрабатываемой воды; 5 – подача реагента; 6 – отвод воды;
 7 – отвод осадка

Молекулы реагента под действием турбулентных пульсаций перемещаются по всему объему жидкости в смесителе. Кроме того, они переносятся и самими потоками [11]. Все это ведет к интенсивному перемешиванию реагента с обрабатываемой водой.

Объем смесителя $W_{см}$ м³ рассчитывается по формуле [10]:

$$W_{см} = \frac{Q_p \cdot t_{см}}{60}, \quad (4.1)$$

где Q_p – расчетный расход обрабатываемой воды, м³/ч; $t_{см}$ – время пребывания воды в смесителе, мин. [10].

Высота смесителя $H_{см}$, м рассчитывается по формуле [10]:

$$H_{см} = \frac{4W_{см}}{N_{см} \cdot \pi \cdot D_{см}^2}, \quad (4.2)$$

где $N_{см}$ – число рабочих смесителей, шт. [8]; $D_{см}$ – диаметр смесителя, м.

Диаметр приточного патрубка $d_{п.п.}$, мм рассчитывается по формуле [11]:

$$d_{n.n.} = \sqrt{\frac{4Q_p}{N_{cm} \cdot \pi \cdot v_{n.n.}}}, \quad (4.3)$$

где $v_{n.n.}$ – скорость истечения воды из патрубка, м/с [11].

Диаметр струйного элемента $d_{c.э.}$, мм рассчитывается по формуле [11]:

$$d_{c.э.} = 10 \cdot d_{n.n.} \quad (4.4)$$

Длина струйного элемента составляет $l_{c.э.}$, м, рассчитывается по формуле [11]:

$$l_{c.э.} = 5 \sqrt{\frac{F_{c.э.}}{2}} + 0,25, \quad (4.5)$$

где $F_{c.э.}$ – площадь поперечного сечения струйного элемента, м².

Число Рейнольдса в потоке при истечении воды из приточного патрубка Re рассчитывается по формуле [12]:

$$Re = \frac{v_{n.n.} \cdot d_{n.n.}}{\nu}, \quad (4.6)$$

где ν – кинематическая вязкость обрабатываемой воды, см²/с [12].

Суммарная площадь отверстий на поверхности струйного элемента $F_{сум}$, мм², рассчитывается по формуле [11]:

$$F_{сум} = 0,02 \cdot F_{нов}, \quad (4.7)$$

где $F_{нов} = \pi \cdot d_{c.э.} \cdot l_{c.э.}$ – площадь поверхности струйного элемента, мм².

Диаметр отверстий на поверхности струйного элемента принимается равным 10–20 мм [11]. Число отверстий на поверхности струйного элемента $n_{отв}$, шт. рассчитывается по формуле [11]:

$$n_{отв} = \frac{F_{сум}}{f_{отв}}, \quad (4.8)$$

где $f_{отв}$ – площадь сечения одного отверстия, мм².

Скорость движения воды в коммуникациях смесителя составляет 1–1,5 м/с [11].

При реконструкции ВОС следует применять новые конструкции камер хлопьеобразования [1]:

- а) контактные самопромывающиеся камеры со слоем зернистого пенопласта или полистирола;
- б) тонкослойные камеры, оборудованные полочными блоками;
- в) тонкослойно-эжекционные камеры, имеющие под полочными блоками низконапорные рециркуляторы, через которые подается обрабатываемая вода.

Для горизонтальных и вертикальных отстойников следует применять встроенные камеры хлопьеобразования [1; 11].

При реконструкции отстойников, прежде всего, осуществляется модернизация систем водораспределения и сбора очищенной воды. Кроме того, отстойники оборудуются полочными блоками [1]. Для улучшения гидравлического режима горизонтальных отстойников они оборудуются дырчатыми перегородками. Суммарная площадь отверстий на перегородке составляет 6–8% от площади сечения отстойника. Отверстия имеют диаметр 8–12 мм и располагаются в шахматном порядке [1].

При обработке природных вод, особенно маломутных и цветных, в осветлителях со взвешенным слоем, повышают эффективность их работы за счет увеличения концентрации твердой фазы во взвешенном слое путем рециркуляции ранее образовывавшегося осадка [1].

В процессе реконструкции скорых фильтров, применяемых на водопроводных очистных сооружениях, с целью повышения эффективности их работы увеличивается высота фильтрующего слоя с одновременным укрупнением зерен загрузки, производится замена загрузки на материал с высокой пористостью и развитой поверхностью зерен, применяется двухслойная загрузка, используется тяжелый фильтрующий материал при движении воды в фильтрах снизу вверх [1].

В последнее время на водопроводных очистных сооружениях стали широко применяться фильтры с плавающей загрузкой из полимерных материалов [1]. Реконструкция дренажных систем фильтров для подготовки природных вод также позволяет повысить производительность и эффективность их работы. Хорошие результаты дает применение безгравийных дренажных систем типа «щелевая лента» и «Полидеор» [1].

Интенсификация промывки скорых фильтров, применяемых при водоподготовке, также способствует увеличению эффективности работы этих аппаратов [1]. Для фильтров с песчаной загрузкой возможна замена водяной промывки на водовоздушную. При использовании скорых фильтров с зернистой загрузкой для реагентного умягчения природных вод или их обезжелезивания применяется поверхностная промывка [1]. В последнее время стала применяться чередующаяся промывка [1].

При обеззараживании очищенной воды на ВОС вместо жидкого хлора стали широко применяться гипохлорит натрия, озонирование и ультрафиолетовое облучение [1].

В качестве первой ступени очистки сточных вод после их обработки коагулянтами может быть использована напорная флотация [1].

Схема флотационной установки для очистки природных вод приведена на рис. 4.2.

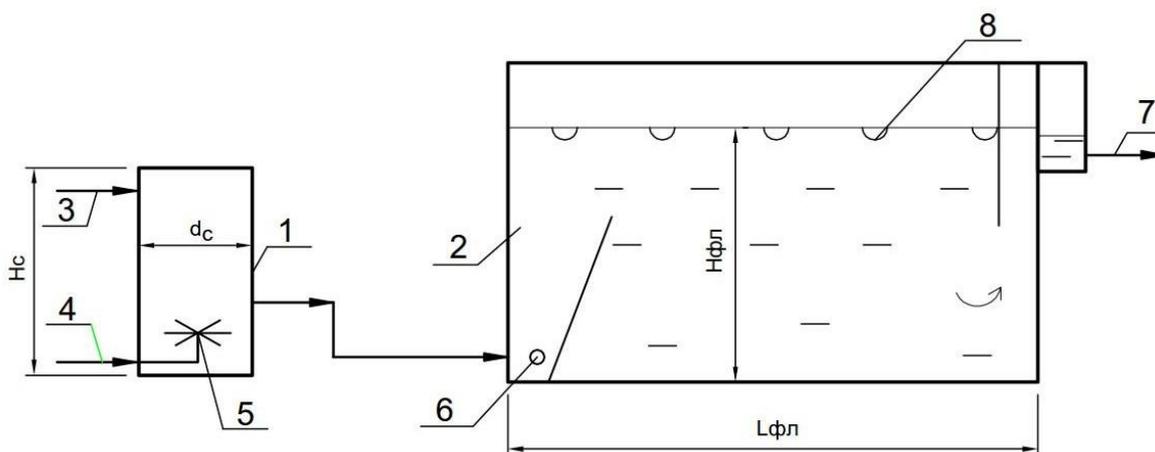


Рис. 4.2. Схема флотационной установки

В состав данной установки входят сатуратор и флотатор. Сатуратор представляет собой напорную емкость, в которой под давлением 0,6–0,8 МПа осуществляется растворение воздуха в обрабатываемой воде, которая подается в этот аппарат насосом. Сжатый воздух подается в сатуратор компрессором. Воздух распределяется в сатураторе с помощью лучевой системы, состоящей из перфорированных ответвлений. Отверстия на ответвлениях направлены вверх и располагаются в шахматном порядке под углом 45° к оси ответвлений. Диаметр отверстий на ответвлениях принимается равным 5–8 мм [1].

Из сатуратора вода поступает во флотатор, работающий при атмосферном давлении, что вызывает активное выделение из воды растворенного воздуха. Пузырьки воздуха захватывают частицы загрязнений, заставляя их интенсивно всплывать. На поверхности воды образуется пена, отводимая по лоткам в специальный карман из которого она самотеком поступает в емкость для гашения пены. Распределение воды во флотаторе осуществляется с помощью перфорированного трубопровода отверстия, на котором направлены вверх и располагаются в шахматном порядке под углом 45° к оси трубопровода. Диаметр отверстий на водораспределительной системе флотатора принят равным 10–20 мм [13]. Ось водораспределителя располагается на высоте 250–350 мм от дна флотатора [1]. Угол наклона струенаправляющей перегородки во флотаторе к горизонту составляет $60\text{--}70^{\circ}$ [1].

Объем сатуратора W_c , м^3 рассчитывается по формуле [14]:

$$W_c = \frac{Q_p \cdot t_c}{N_c}, \quad (4.9)$$

где Q_p – расчетный расход обрабатываемой воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; $t_c = 1\text{--}3$ мин. – время пребывания воды в сатураторе [14]; N_c – число сатураторов, шт.

Высота сатуратора H_c , м рассчитывается по формуле [14]:

$$H_c = \frac{4W_c}{\pi d_c}, \quad (4.10)$$

где d_c – диаметр сатуратора, м.

Расход воздуха, подаваемого в сатуратор, Q_ϵ , м³/с рассчитывается по формуле [1]:

$$Q_\epsilon = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot Q_p \quad (4.11)$$

Диаметр воздуховода d_ϵ , м рассчитывается по формуле [15]:

$$d_\epsilon = \sqrt{\frac{4Q_\epsilon}{\pi \cdot v_\epsilon}}, \quad (4.12)$$

где $v_\epsilon = 7$ м/с – скорость движения воздуха в воздуховоде [15].

Суммарная площадь отверстий на воздухораспределителе сатуратора $F_{сум}^c$, мм² рассчитывается по формуле [15]:

$$F_{сум}^c = \frac{Q_\epsilon}{v_\epsilon^{вых}}, \quad (4.13)$$

где $v_\epsilon^{вых} = 45$ м/с – скорость выхода воздуха из отверстий [15].

Число отверстий на воздухораспределителе сатуратора $N_{отв}^c$, шт. рассчитывается по формуле [15]:

$$N_{отв}^c = \frac{F_{сум}^c}{f_{отв}^c}, \quad (4.14)$$

где $f_{отв}^c$ – площадь сечения отверстия, мм².

Глубина воды во флотаторе составляет $H_\phi = 1,5–2,5$ м. Общая высота флотатора $H_\phi^{общ}$, м рассчитывается по формуле [8]:

$$H_\phi^{общ} = H_\phi + H_1, \quad (4.15)$$

где $H_1 = 0,5$ м – высота борта флотатора над уровнем воды [3].

Площадь зеркала воды во флотаторе $F_{\phi л}$, м² рассчитывается по формуле [1]:

$$F_{\phi л} = \frac{Q_p}{N_{\phi л} \cdot q_{\phi л}}, \quad (4.16)$$

где $q_{\phi л} = 6-8$ м³/ч·м² – нагрузка на флотатор [1].

Длина флотатора $L_{\phi л}$, м рассчитывается по формуле [1]:

$$L_{\phi л} = \frac{F_{\phi л}}{B_{\phi л}}, \quad (4.17)$$

где $B_{\phi л}$ – ширина флотатора (не более 6 м), м [1].

Время флотации $t_{\phi л}$, мин. рассчитывается по формуле [13]:

$$t_{\phi л} = \frac{60 \cdot B_{\phi л} \cdot L_{\phi л} \cdot H_{\phi л} \cdot N_{\phi л}}{Q_p} \quad (4.18)$$

Продолжительность флотации $t_{\phi л}$ должна быть не менее 20–30 мин. [14]. Объем пены W_n , % рассчитывается по формуле [13]:

$$W_n = 1,5 \cdot C, \quad (4.19)$$

где C – концентрация загрязнений в воде, поступающей на очистку, г/л.

Суммарная площадь отверстий на водораспределителе флотатора $F_{\text{сум}}^{\phi л}$, м² рассчитывается по формуле [1]:

$$F_{\text{сум}}^{\phi л} = \frac{Q_p}{N_{\phi л} \cdot v_{\text{отв}}^{\phi л}}, \quad (4.20)$$

где $v_{\text{отв}}^{\phi л} = 20 \div 25$ м/с – скорость истечения воды из отверстий распределительной системы флотатора [1].

Число отверстий на водораспределителе флотатора $N_{\text{отв}}^{\phi л}$, шт. рассчитывается по формуле [13]:

$$N_{\text{отв}}^{\phi л} = \frac{F_{\text{отв}}^{\phi л}}{f_{\text{отв}}}, \quad (4.21)$$

где $f_{\text{отв}}^{\phi л}$ – площадь сечения отверстия, мм².

Методом флотации обрабатываются воды с мутностью до 150 мг/л и цветностью 200⁰. Скорость движения воды в коммуникациях флотатора составляет 1 м/с, а в просвете над или под перегородками – 0,02 м/с [1].

Задача № 1

Рассчитать смеситель со струйным элементом для смешения водопроводной и хлорной воды. Расход обрабатываемой воды составляет 10м³/ч.

Задача № 2

Рассчитать флотационную установку очистки природных вод производительностью 50 м³/ч. Мутность воды, поступающей на очистку, составляет 100 мг/л, а ее цветность – 150⁰.

Практическое занятие № 5

Выбор технологической схемы очистки сточных вод при увеличении расхода или ухудшении качественных показателей сточных вод

При увеличении расхода сточных вод или ухудшении качественных показателей стоков возникает необходимость реконструкции канализационных очистных сооружений (КОС). При этом на территории действующих очистных сооружений может быть введено в действие дополнительное технологическое оборудование (экстенсивная реконструкция) или произведенная такая модернизация существующих аппаратов, которая обеспечит необходимое увеличение производительности КОС и эффективности их работы (интенсивная реконструкция) [16].

Основными мероприятиями по реконструкции КОС являются [16]:

- достижение современных требований к сбросу очищенных стоков в поверхностные источники и утилизации осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод;
- увеличение пропускной способности и эффективности очистки сточных вод на каждом отдельном этапе или сооружении;
- переход на современные технологии очистки сточных вод с удалением азота и фосфора;
- переход на современное энергоэффективное оборудование;
- ликвидация песковых и иловых площадок с переходом на современные методы обезвоживания песка и осадка;
- создание санитарно-защитных зон, удовлетворяющих современным требованиям;

- полное перекрытие емкостных сооружений с отводом загрязненного воздуха на газоочистку;
- использование технических средств снижения шума.

На рис. 5.1 приведена широко применявшаяся в типовых проектах 90-х годов прошлого века схема очистных сооружений канализации. На очистных сооружениях предусмотрена механическая и полная биологическая очистка сточных вод. Применены следующие сооружения механической очистки: механизированные решетки с прозорами 16 мм, песколовки (горизонтальные, аэрируемые, горизонтальные с круговым движением воды) и первичные отстойники (вертикальные, горизонтальные, радиальные). Сооружения биологической очистки: аэротенки или высоконагружаемые биофильтры, рассчитанные на полную биологическую очистку. Обеззараживания очищенной воды производится хлором. В состав сооружений для обеззараживания воды входят: хлораторная со складом хлора, смеситель и контактные резервуары. Избыточный активный ил уплотняется в илоуплотнителях вертикального или радиального типа и, вместе с осадком из первичных отстойников, поступает в аэробные стабилизаторы или метантенки. Стабилизированный осадок подается в цех механического обезвоживания осадка (ЦМО), оборудованный вакуум-фильтрами, фильтр-прессами или центрифугами. На случай аварии в ЦМО предусмотрены резервные иловые площадки. Очищенная и обеззараженная сточная вода через русловой рассеивающий выпуск сбрасывается в поверхностный источник. Подобная технология позволяет очистить сточную воду от взвешенных веществ и органических загрязнений до 15–20 мг/л и от соединений азота и фосфора на 40%. Она не предназначена для их глубокого удаления. Сооружения для механической обработки осадка работают, как правило, неудовлетворительно и основная нагрузка ложится на иловые площадки.

- K14-Пескопульпа
- K15-Сырой осадок
- K16-Циркулирующий активный ил
- K17-Избыточный активный ил
- K18-Осадок контактных резервуаров
- K19-Уплотненный осадок
- K20-Стабилизированный осадок
- X1- Хлорная вода

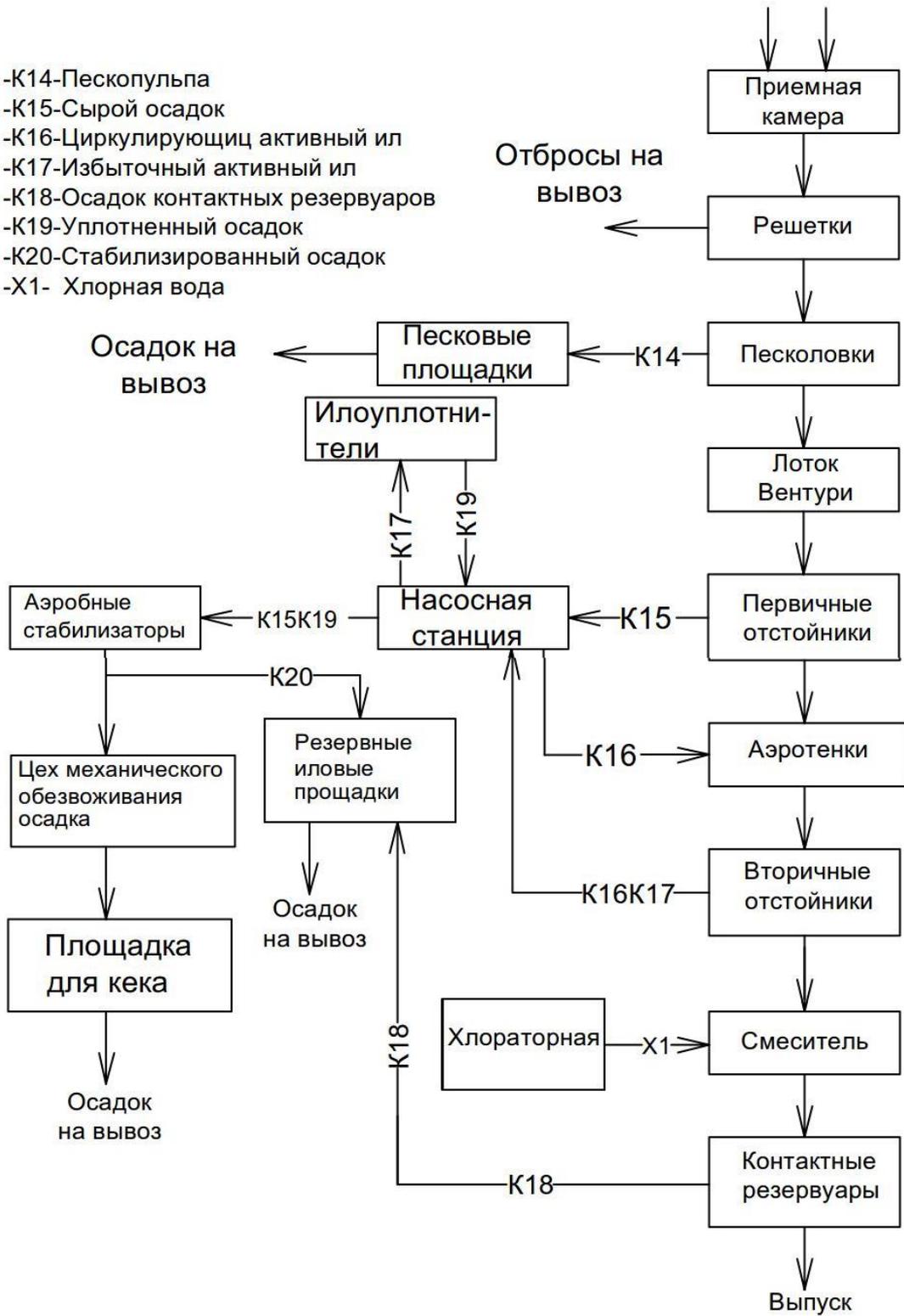


Рис. 5.1. Схема очистной станции до реконструкции

На рис. 5.2 приведен вариант реконструкции очистных сооружений: Согласно [17] рекомендуется использовать решетки с прозорами не более 10 мм. В зависимости от принимаемой технологической схемы очистных сооружений допускается применение решеток (сит) с меньшими прозорами, процеживателей, измельчителей, двухступенчатых схем процеживания (грубые и тонкие решетки). Если принято решение об использовании барабанных решеток при реконструкции очистных сооружений, то целесообразно механическую очистку сточных вод производить на комбинированных установках (решетки и аэрируемая пескожировловка), совмещающих в себе операции извлечения из сточных вод твердых включений, песка и всплывающих веществ [18]. Песколовки рекомендуются аэрируемые; обезвоживание осадка из песколовки предпочтительнее производить в песковых бункерах, как более компактных и экологичных по сравнению с песковыми площадками. Сооружения осветления сточных вод рекомендуется применять на очистных сооружениях производительностью свыше 1000 м³/сут. При обосновании допускается отказ от стадии осветления сточных вод. В этом случае прозоры процеживающих решеток должны быть не более 6 мм, а время пребывания в песколовках – не менее 10 мин.

При реконструкции очистных сооружений с переходом на современные технологии с удалением азота или азота и фосфора изменяется функция первичных отстойников. Технологии удаления азота денитрификацией и фосфора в составе избыточного активного ила требует повышенного содержания в сточной воде легкоокисляемых органических веществ (субстрата). Использование этанола или метанола связано с большими экономическими затратами. В то же время осадок первичных отстойников содержит легкодоступные органические вещества, извлекаемые из них в ходе кислого брожения. Сооружения для кислого брожения загрязнений, называемые ацидофикаторами, могут быть самостоятельными (в виде емкостей с перемешиванием), либо включенными в объем первичных отстойников. В последнем случае организуется постоянная циркуляция осадка, а часть объема отстойника выделяется под сбрасыватель (ацидофикатор) [19]. При использовании осветления, осветленная вода приобретает темноватый оттенок вследствие образования сульфидов железа. Но высокий эффект осветления в данном случае не требуется. На первый план выходит насыщение субстратом подаваемой на биологическую очистку сточной воды.

При реконструкции очистных сооружений следует учитывать, что согласно [17] при ЭЧЖ более 500 условных жителей должна осуществляться биологическая очистка от соединений азота. При ЭЧЖ более 5000 условных жителей должны применяться специальные методы удаления фосфора.

Биологический метод очистки сточных вод от соединений азота основан на процессах нитрификации и денитрификации. Процесс нитрификации представляет собой совокупность реакций биологического окисления аммонийного азота до нитритов и далее до нитратов. В ходе денитрификации происходит окисление органических веществ при восстановлении азота нитратов до свободного азота. В отличие от азота, который может выводиться из системы в газообразном состоянии при денитрификации, фосфор распределяется между илом и очищенной водой. Биологическое удаление фосфора заключается только в выводе его в составе избыточного активного ила. Пребывание в анаэробных, а затем в аэробных условиях приводит к повышению содержания фосфора в активном иле. При удалении избыточного ила происходит выведение фосфора из системы [19].

Биологическая очистка сточных вод осуществляется в блоках биологической очистки (биоблоках). Технология удаления азота и фосфора включает три основных элемента в биоблоке: зону анаэробной обработки смеси ила и сточной воды; аноксидную зону для денитрификации и оксидную (аэробную) зону для проведения нитрификации. Каждая зона биоблока может состоять из нескольких отсеков с различным перемешивающим и аэрационным оборудованием [19].

В качестве сооружений глубокой очистки биологически очищенных сточных вод рекомендуется [20] использование дисковых микрофильтров «Huber RoDisk®» производства компании «Huber». В конструкции фильтра реализован принцип самотечной безнапорной фильтрации с высокой эффективностью задержания взвешенных веществ. При использовании дискового фильтра в качестве третичной ступени очистки, концентрация взвешенных веществ на выходе не превышает 5 мг/л.

Согласно [17] обеззараживание сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, рекомендуется производить ультрафиолетовым излучением.

В реконструкции сооружений обработки осадка ведущей тенденцией является переход от естественных методов сушки и уплотнения (иловые карты и гравитационные уплотнители) к механическому сгущению и обезвоживанию. Здесь используется весь имеющийся набор современного оборудования, такого как ленточные и барабанные сгустители, шнековые сгустители, уплотняющие и обезвоживающие центрифуги, ленточные и камерные фильтр-прессы и др. [17]. Осадки очистных сооружений с нагрузкой свыше 50 тыс. ЭЧЖ должны подвергаться стабилизации. Анаэробное (метановое) сбраживание рекомендуется для стабилизации осадков на очистных сооружениях с нагрузкой свыше 100 тыс. ЭЧЖ (при обосновании допускается на сооружениях с нагрузкой 50–100 тыс. ЭЧЖ) [17]. При меньшей нагрузке по ЭЧЖ применяется аэробная стабилизация осадков. Кроме того, учитывая, что иловая вода из метантенков содержит 300–500 мг/л аммонийных соединений и 50–60 мг/л фосфатов, а сливная –

вода из аэробных стабилизаторов – 100–120 мг/л нитратов и 40–50 мг/л фосфатов, целесообразно принять метод аэробной стабилизации. При отсутствии резервных иловых площадок, осадок необходимо направлять в накопители с временем пребывания не менее двух суток и предусматривать дополнительную единицу резервного оборудования для механического обезвоживания осадка [17].

Перед выбором схемы очистки сточных вод определяется необходимая степень их очистки. Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в стоках, сбрасываемых в водоем m , мг/л, рассчитывается по формуле [12]:

$$m = P \left(\frac{aQ_p}{q_c} + 1 \right) + b, \quad (5.1)$$

где P – допустимое увеличение содержания взвеси в водоеме после сброса сточных вод, мг/л [12]; a – коэффициент смешения; Q_p – наименьший среднемесячный расход воды в водоеме при 95% обеспеченности, м³/с; q_c – расход сточных вод, м³/с; b – концентрация взвеси в воде водоема, мг/л.

Величина q_c , м³/с рассчитывается по формуле [12]:

$$q_c = \frac{Q_{сут}}{24 \cdot 3600}, \quad (5.2)$$

где $Q_{сут}$ – среднесуточный расход сточных вод, м³/сут.

Допустимая $БПК_{полн}$ сточных вод, сбрасываемых в водоем, определяется, исходя из условий минимального содержания растворенного кислорода. Величина $L_{см}$, мг/л рассчитывается по формуле [12]:

$$L_{см} = \frac{aQ_p}{0,4q_c} (O_p - 0,4L_p - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (5.3)$$

где O_p – содержание растворенного кислорода в воде водоема, мг/л; L_p – $БПК_{полн}$ воды в водоеме, мг/л; O – минимальное содержание кислорода в воде водоема, мг/л [12].

Коэффициент смешения a для проточных озер, водохранилищ и морей, имеющих явно выраженное течение, рассчитывается по формуле [12]:

$$a = \frac{(n-1)q_c}{Q_p}, \quad (5.4)$$

где n – наименьшее разбавление.

Величина n рассчитывается по формуле [12]:

$$n = A(0,2L/d_0)^{PS}, \quad (5.5)$$

где A – параметр, определяющий разбавление; P – параметр, зависящий от степени проточности водоема; S – параметр, определяющий относительную глубину водоема; L – расстояние от выпуска до расчетного створа, м; d_0 – диаметр выпускного отверстия, м.

Величина $A=1$ для сосредоточенных выпусков и $A=0,74$ для рассеивающих выпусков [12]. Величина P рассчитывается по формуле [12]:

$$P = \frac{v_m}{1,5 \cdot 10^{-5} v_g + v_m}, \quad (5.6)$$

где v_m – скорость течения воды в водоеме, м/с; v_g – скорость истечения воды из выпуска, м/с.

Величина S рассчитывается по формуле [12]:

$$S = \frac{0,325H_{cp}}{360 + \left(\frac{v}{v}\right) \cdot 10^5}, \quad (5.7)$$

где H_{cp} – средняя глубина водоема, м.

Задача № 1

Определить коэффициент смешения для проточного водохранилища с расходом воды $10 \text{ м}^3/\text{с}$, если расход сточных вод составляет $4800 \text{ м}^3/\text{сут.}$ расстояние между рассеивающим выпуском и расчетным створом $5,25 \text{ км}$, диаметр выпускного отверстия равен 400 мм , скорость движения воды в водохранилище не превышает $0,95 \text{ м/с}$, скорость истечения воды из выпуска достигает $3,6 \text{ м/с}$, а средняя глубина водохранилища равна 5 м .

Задача № 2

Определить допустимую концентрацию взвеси в сточных водах и их БПК_{полн} с учетом минимального содержания растворенного кислорода в озере, если коэффициент смешения равен $0,65$; расход стоков составляет $5200 \text{ м}^3/\text{сут.}$, расход воды в озере достигает $12 \text{ м}^3/\text{с}$; концентрация взвеси в воде озера не превышает 15 мг/л , содержание кислорода в этой воде составляет 6 мг/л , а ее БПК_{полн} – $1,85 \text{ мг/л}$. Озеро относится ко второй категории водопользования.

Практическое занятие № 6

Реконструкция сооружений механической очистки сточных вод

Эффект предварительного осветления стоков зависит от эффективности работы решеток, песколовков и первичных отстойников. Улучшение работы решеток возможно за счет применения вместо устаревших более совершенных типов решеток, строгого соблюдения технологического режима их эксплуатации (своевременная очистка от отбросов, регулирование нагрузок на отдельные решетки и др.). При установке новых решеток стремятся уменьшить прозоры с целью увеличения количества задержанных отбросов. Такое решение приводит к уменьшению количества осадков, образующихся в песколовках и первичных отстойниках, к уменьшению нагрузки на все сооружения по обработке осадков. В последнее время широко используются барабанные (роторные) решетки с интегрированной промывкой и уплотнением извлекаемых отходов. Барабанная решетка характеризуется максимальной эффективностью очистки при минимальных затратах на эксплуатацию и техническое обслуживание. Если принято решение об использовании барабанных решеток, то целесообразно механическую очистку сточных вод производить на комбинированной установке (решетки и аэрируемая пескожироловка), совмещающей в себе операции извлечения из сточных вод твердых включений, песка и всплывающих веществ. Установка состоит из следующих узлов: барабанная решетка с интегрированным транспортером и прессом для извлечения и отжима твердых включений; горизонтальная аэрируемая пескожироловка; шнековый транспортер для удаления песка [18].

Повышение эффекта задержания песка в горизонтальных песколовках может быть достигнуто стабилизацией скорости потока с помощью специальных водосливов, а также за счет улучшения работы скребковых механизмов для удаления осадка [1]. Повысить эффективность задержания песка в горизонтальной песколовке с круговым движением воды и существенно увеличив ее производительность можно следующим образом [1]:

- установить в круговой лотке плоские вертикальные решетки, разделяющие его на ряд секций;

- установить в каждой секции свой аэратор;

- установить в центральной зоне песколовки конические перегородки, обеспечивающие максимально полезное использование зоны отстаивания;

- установить в центре песколовки вертикальную телескопическую отводную трубу, погруженную под уровень жидкости на определенную глубину, предназначенную для более эффективного удаления песка из отстойной зоны.

Аэрируемые песколовки могут быть использованы в качестве преаэраторов с биокоагуляцией. Для этого в них организуется подача избыточного активного ила. В этом случае время пребывания воды в аэрируемой песколовке должно быть не менее 10–20 мин. [1].

Для интенсификации работы аэрируемых песколовок можно разделить их рабочую зону вертикальными перегородками на отдельные секции. Перегородки могут быть сплошными не доходящими до дна на 0,2–0,3 м их глубины и до стенок на 0,25–0,3 м, или в виде плоских решеток, устанавливаемые на всю их глубину и ширину [1].

В технологиях глубокой биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора эффект задержания песка в аэрируемых песколовках зависит от общей продолжительности пребывания воды в песколовке t_s . Начальное содержание песка в воде J_{so} в расчетах рекомендуется принимать 20%. При механическом обезвоживании осадка первичных отстойников, допустимое содержание в нем песка достигает $J_{st}=3\%$ [19].

Продолжительность пребывания воды в песколовке t_s , с, рассчитывается по формуле [19]:

$$t_s = \frac{1000}{J_{SO}^{0,8}} \left(\frac{J_{SO}}{J_{st}} - 1 \right) \quad (6.1)$$

Объем одного отделения песколовки W , м³ рассчитывается по формуле [19]:

$$W = \frac{Q_p \cdot t_s}{N_n}, \quad (6.2)$$

где Q_p – расчетный расход сточных вод, м³/с; N_n – число рабочих отделений песколовки, шт.

Величина Q_p , м³/с рассчитывается по формуле [19]:

$$Q_p = \frac{Q_{cym}}{24 \cdot 3600}, \quad (6.3)$$

где Q_{cym} – среднесуточный расход сточных вод, м³/с.

При выборе размеров отделения песколовки следует руководствоваться размерами типовых аэрируемых песколовок [21].

Скорость потока воды в песколовке v_e , м/с рассчитывается по формуле [19]:

$$v_e = \frac{Q_p}{B_n \cdot H_n}, \quad (6.4)$$

где B_n – ширина песколовки, м; H_n – глубина воды в песколовке, м.

Длина песколовки L_n , м рассчитывается по формуле [19]:

$$L_n = \frac{K \cdot H_n \cdot v_e}{U_0}, \quad (6.5)$$

где K – коэффициент, учитывающий влияние турбулентности на работу песколовки [21]; $U_0 = 13,2$ мм/с – гидравлическая крупность песка [21].

Объем задерживаемого песка W_n , м³/сут. рассчитывается по формуле [19]:

$$W_n = \frac{Q_{cym} \cdot C_{в.в.} \cdot \mathcal{E}_n \cdot J_{so}}{\gamma \cdot 10^6}, \quad (6.6)$$

где $C_{в.в.}$ – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в песколовку, мг/л; $\mathcal{E}_n = 30\%$ – эффект очистки сточных вод от взвеси в песколовке [21]; $\gamma = 1,5$ т/м³ – плотность песка [19].

Осадок смывается при помощи гидросмыва в специальный бункер, диаметр которого равен ширине песколовки. Из бункера песок удаляется либо песковыми насосами, либо гидроэлеваторами [12].

Интенсификация работы первичных отстойников может быть осуществлена следующими способами [1]:

- совершенствованием водораспределительных и водозаборных систем, что позволяет улучшить гидродинамический режим их работы;
- оборудованием существующих отстойников полочными блоками, что позволяет увеличить их пропускающую способность в 5–6 раз;
- предварительной аэрацией сточных вод с биокоагуляцией;
- применением коагулянтов и флокулянтов.

При оборудовании существующих отстойников полочными блоками скорость движения воды в полочном блоке при прямоточной или противоточной схеме движения $v_{\text{бл}}$, м/с рассчитывается по формуле [22]:

$$v_{\text{бл}} = \frac{Q_p}{3,6 \cdot K \cdot N_{\text{отс}} \cdot H_{\text{отс}} \cdot B_{\text{отс}}}, \quad (6.7)$$

где Q_p – расчетный расход сточных вод м³/ч; $K = 0,5 \div 0,7$ – коэффициент использования объема полочного отстойника при прямоточной или противоточной схеме движения [22]; $N_{\text{отс}}$ – число рабочих отстойников, шт.; $H_{\text{отс}}$ – рабочая глубина отстойника, м; $B_{\text{отс}}$ – ширина отстойника, м.

Число Рейнольдса в полочном блоке Re рассчитывается по формуле [22]:

$$Re = \frac{v_{\text{бл}} \cdot h_{\text{яр}}}{K \cdot \nu} \quad (6.8)$$

где $h_{\text{яр}} = 0,05 \div 0,1$ м – расстояние между полками в тонкослойном блоке [22]; ν – кинематическая вязкость воды, $\text{см}^2/\text{с}$ [12].

В полочном блоке сохраняется ламинарный режим движения воды, если $Re < 700$ [12]. Длина полочного отстойника $L_{\text{омс}}$, м рассчитывается по формуле [22]:

$$L_{\text{омс}} = l_1 + l_{\text{бл}} + l_2 + l_3, \quad (6.9)$$

где $l_1 = B_{\text{омс}} \geq 1,5$ м – длина зоны грубой очистки [22]; $l_{\text{бл}}$ – длина полочного блока, м; l_2 – длина зоны выхода из полочного блока, м; $l_3 \geq 1$ м – длина зоны дополнительного отстаивания [22].

Величина $l_{\text{бл}}$, м рассчитывается по формуле [22]:

$$l_{\text{бл}} = \frac{v_{\text{бл}} \cdot h_{\text{яр}}}{K \cdot U_0}, \quad (6.10)$$

где U_0 – гидравлическая крупность взвешенных веществ, $\text{мм}/\text{с}$.

Величина l_2 , м рассчитывается по формуле [22]:

$$l_2 = l_{\text{бл}} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (6.11)$$

где $\alpha = 45^\circ$ – угол наклона полок тонкослойного блока к горизонту [22].

Задача № 1

Рассчитать аэрируемую песколовку для канализационных очистных сооружений производительностью $Q_{\text{сут}} = 150000$ $\text{м}^3/\text{сут}$. Концентрация взвеси в сточных водах, поступающих на очистку $C_{\text{в.в.}} = 280$ $\text{мг}/\text{л}$.

Задача № 2

На очистных сооружениях работают четыре первичных отстойника длиной $L_{\text{омс}} = 24$ м и шириной $B_{\text{омс}} = 6$ м. Рабочая глубина отстойников составляет $H_{\text{омс}} = 3,15$ м. Расход сточных вод равен 1200 $\text{м}^3/\text{ч}$. Рассчитать размеры полочного блока, позволяющего вдвое увеличить производительность первичных отстойников без снижения их эффективности, если гидравлическая крупность взвеси при $+20^\circ\text{C}$ составляет $0,25$ $\text{мм}/\text{с}$.

Практическое занятие № 7

Реконструкция сооружений биологической очистки сточных вод

Большинство действующих в настоящее время КОС позволяют очистить сточные воды населенных пунктов по взвешенным веществам и органическими загрязнениями ($BPK_{полн}$) до 15–20 мг/л. Глубокая очистка стоков позволяет снизить эти показатели до 3–5 мг/л. В то же время данные очистные сооружения не рассчитаны на глубокую очистку сточных вод от соединений азота и фосфора (они снижают концентрацию этих соединений на 30–40%). Для обеспечения нормативных требований к очищенным стокам необходима реконструкция КОС [1].

Реконструкция аэротенков. Реагентный метод глубокого удаления соединений азота и фосфора связан с большими капитальными и эксплуатационными расходами, поэтому предпочтение отдается биологическим методам очистки сточных вод от данных соединений [19].

Предлагаемая технология предусматривает реконструкцию первичных отстойников и сооружений биологической очистки (аэротенков и вторичных отстойников). Технологии удаления азота денитрификацией и фосфора в составе избыточного активного ила требуют повышенного содержания субстрата (легкоокисляемых органических веществ) в сточной воде, подаваемой на биологическую очистку. Использование химических добавок (этанола, метанола и др.) связано с большими экономическими затратами. В качестве субстрата могут использоваться легкоокисляемые органические вещества, извлекаемые из осадка первичных отстойников (ОПО) в результате его кислого брожения. Предлагаемая технология предусматривает реконструкцию системы первичных отстойников с организацией циркуляции части ОПО в распределительную чашу отстойников и выделение части объема отстойников под сбраживатель (ацидофикатор).

Основным элементом предлагаемой технологии [23] является блок биологической очистки (биоблок). Возможны либо проектирование и строительство новых биоблоков, либо реконструкция действующих аэротенков. Технология биологического удаления соединений азота и фосфора предполагает наличие в биоблоке следующих зон: анаэробной зоны обработки иловой смеси; аноксидной зоны (денитрификатор) и оксидной (аэробной) зоны для нитрификации. Для циркуляции нитратов организуется возврат нитратосодержащей иловой смеси из конца аэробной зоны в аноксидную. Фосфаты и нитраты в анаэробной зоне оказывают взаимное ингибирующее действие, поэтому либо организовывается циркуляция частично денитрифицированного ила из аноксидной зоны в анаэробную, либо в начале биоблока устраивается дополнительная аноксидная зона – предденитрификатор. Пребывание в анаэробных, а

затем в аэробных условиях приводит к повышенному содержанию фосфора в активном иле. В анаэробных условиях, когда в иловой смеси нет растворенного и химически связанного кислорода (в форме нитритов и нитратов) микроорганизмы активного ила приспосабливаются к экстремальным условиям, включая в систему дыхания процессы трансформации фосфора. Бактерии выводят фосфор в виде ортофосфатов и продуцируют низшие кислоты жирного ряда. В аэробных условиях микроорганизмы активно поглощают и накапливают фосфаты в виде полифосфатов. Чередование анаэробных и аэробных условий вызывает миграцию фосфора из клеток микроорганизмов в воду и обратно. Если выводить активный ил из системы в момент максимального поглощения фосфора, то его можно удалить не нарушая прироста биомассы нитрифицирующих бактерий [19]. Технологическая схема глубокой очистки сточных вод от азота и фосфора приведена на рис. 7.1.

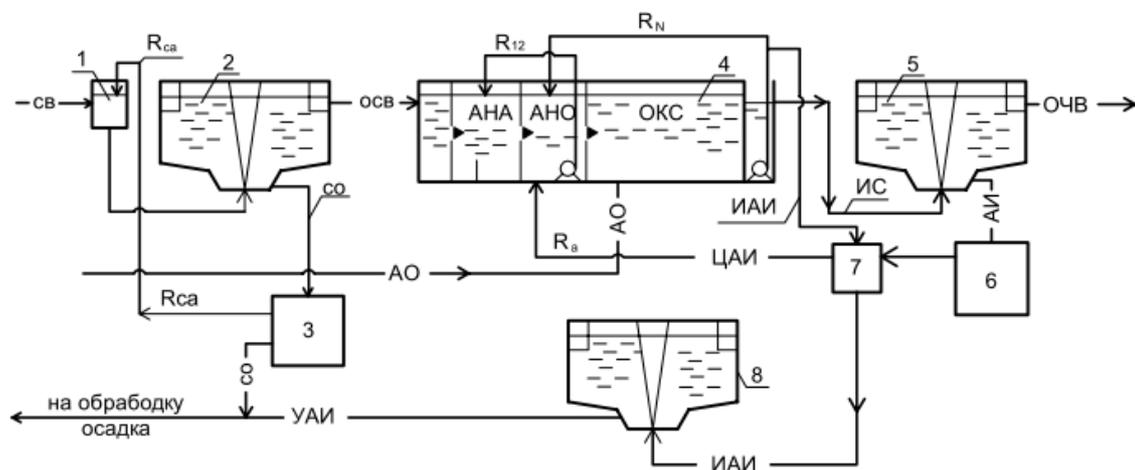


Рис. 7.1. Технологическая схема глубокой очистки сточных вод от азота фосфора: 1 – распределительная чаша; 2 – первичный радиальный отстойник; 3 – насосная станция перекачки сырого осадка; 4 – блок биологической очистки; 5 – вторичный радиальный отстойник; 6 – насосная станция перекачки активного ила; 7 – камера переключения активного ила; 8 – илоуплотнитель; СВ – сточная вода; ОСВ – осветленная сточная вода; ОЧВ – очищенная сточная вода; СО – сырой осадок первичного отстойника; ИС – иловая смесь; АИ – активный ил; ЦАИ – циркулирующий активный ил; ИАИ – избыточный активный ил; УАИ – уплотненный активный ил

Сточная вода после азрируемых песколовок поступает в первичный отстойник – 2. Осветленная вода после отстаивания направляется по отдельному трубопроводу в биоблок – 4 на биологическую очистку с денитрификацией и дефосфотированием. Предусматривается рециркуля-

ция осадка первичных отстойников (R_{CO}) в распределительную чашу – 1, чтобы обеспечить возможность слабого кислого брожения в осадочной части отстойника (увеличивается уровень стояния осадка и время его пребывания в осадочной части) для насыщения осветленных сточных вод органическими кислотами. При этом увеличивается вынос мелких частиц взвеси, снижается эффект осветления, сточная вода насыщается органическими кислотами, что необходимо для эффективного удаления азота денитрификацией и удаления фосфора в составе избыточного активного ила. Реконструируемый аэротенк – 4 по технологии UCT (University Of Cape Town) делится на анаэробную (АНА), аноксидную (АНО) и оксидную (ОКС) зоны. Аноксидная зона является зоной денитрификации; при этом аэробная зона рассчитывается на достаточно глубокую нитрификацию. Из последней секции биоблока организуется возврат иловой смеси в начало аноксидной зоны для рециркуляции нитратов (R_N).

Поскольку фосфаты и нитраты оказывают взаимное ингибирующее действие в анаэробной зоне, то возникает необходимость удаления нитратов из циркулирующего активного ила. Циркулирующий ил (R_{i1}) направляется в аноксидную зону, где осуществляется частичная денитрификация, и далее при помощи рецикла R_{i2} перекачивается в анаэробную зону, в которой осуществляется высвобождение фосфора без ингибирующего влияния нитратов. В аноксидную зону возвращаются нитраты (R_N) из аэробной части.

Перемешивание сточной воды с активным илом и поддержание иловой смеси во взвешенном состоянии в анаэробной и аноксидной зонах осуществляется при помощи погружных пропеллерных мешалок. Аэробная зона оснащена аэрационной системой, например, на базе дисковых аэраторов. Из биоблока иловая смесь поступает во вторичный отстойник – 5. Очищенная вода обеззараживается и сбрасывается в поверхностный источник. Циркулирующий активный ил насосной станцией – 6 подается в начало аноксидной зоны. Удаление избыточного активного ила производится либо из линии R_N , либо через камеру переключения – 7 [23].

Реконструкция биофильтров. Одним из путей реконструкции биофильтров сточных вод является рециркуляция. Обычно рециркуляционную воду отбирают после вторичных отстойников и смешивают со стоками, осветленными в первичных отстойниках, что ведет к увеличению нагрузки на вторичные отстойники. Поэтому при рециркуляции необходимо увеличивать число рабочих вторичных отстойников [1]. Эффективность работы повышается, если рециркуляционная вода вместе с биопленкой из осадочной части вторичных отстойников смешивается со стоками, которые подаются в

первичные отстойники. В этом случае стоки уже на этапе первичного отстаивания за счет биокоагуляции подвергаются биологической очистке [1]. Одним из способов интенсификации работы биофильтров является увеличение количества активной биопленки в фильтрующей загрузке. Этого можно добиться применением в качестве загрузочного материала веществ с высокой пористостью [1].

Интенсифицировать работу биофильтров также можно при использовании в них неоднородных по высоте композитных загрузок, чем выше расположен слой загрузочного материала, тем он крупнее. Использование неоднородных загрузок позволяет также интенсифицировать процесс удаления из них загрязнений, исключить заиливание и повысить надежность работы биофильтров [1]. При увеличении в стоках концентрации органических загрязнений, интенсификация работы биофильтров осуществляется путем их перевода на двухступенчатый режим работы. В качестве первой ступени принимаются биофильтры с плоскостной загрузкой [1].

Коэффициент K для биофильтров рассчитывается по формуле [12]:

$$K = \frac{L_{исх}}{L_a}, \quad (7.1)$$

где $L_{исх}$ – $BPK_{полн}$ сточной воды, поступающей на очистку, мг/л; L_a – $BPK_{полн}$ очищенной воды, мг/л.

Степень рециркуляции n_p рассчитывается по формуле [12]:

$$n_p = \frac{L_{исх} - L_{см}}{L_{см} - L_a} \quad (7.2)$$

где $L_{см}$ – $BPK_{полн}$ смеси сточных вод, мг/л.

$$L_{mix} = K \cdot L_a \quad (7.3)$$

Площадь биофильтра при очистке сточных вод с использованием рециркуляции $F_{б.ф.}$, м² рассчитывается по формуле [12]:

$$F_{б.ф.} = \frac{Q_{сут}(n+1)}{N_{б.ф.} \cdot q_{б.ф.}}, \quad (7.4)$$

где $Q_{сут}$ – среднесуточный расход сточных вод, м³/сут; $q_{б.ф.}$ – нагрузка на биофильтр [12]; $N_{б.ф.}$ – число рабочих биофильтров.

Диаметр биофильтра $D_{б.ф.}$, м рассчитывается по формуле [12]:

$$D_{б.ф.} = \sqrt{\frac{4F_{б.ф.}}{\pi}}. \quad (7.5)$$

Эффект очистки сточных вод от органических загрязнений для биофильтров с плоскостной загрузкой при нагрузке по $BPK_{полн}$ на 1 м^2 площади загрузочного материала до $3,5 \text{ г/сут}$ составляет $\mathcal{E}_{б.ф.} = 75 \%$ [24].

$BPK_{полн}$ сточной воды на выходе из биофильтров с плоскостной загрузкой L , мг/л рассчитывается по формуле [24]:

$$L = L_{исх} (1 - \mathcal{E}_{б.ф.}). \quad (7.6)$$

Для высоконагружаемых фильтров без рециркуляции площадь биофильтра F , м^2 рассчитывается по формуле [12]:

$$F = \frac{Q_{сут}}{N_{б.ф.} \cdot q_{б.ф.}}. \quad (7.7)$$

Объем загрузочного материала в фильтрах с плоскостной загрузкой W , м^3 рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{Q_{сут}}{N \cdot q}, \quad (7.8)$$

где N – число биофильтров с плоскостной загрузкой, шт.; q – нагрузка на фильтры с плоскостной загрузкой, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ [12].

Площадь фильтров с плоскостной загрузкой $F_{н.з.}$, м^2 рассчитывается по формуле [12]:

$$F = \frac{W}{H}$$

где H – высота фильтра с плоскостной загрузкой, м.

Задача № 1

Для очистки сточных вод от органических загрязнений, расход которых составляет $6800 \text{ м}^3/\text{сут.}$, используются два высоконагружаемых биофильтра диаметром $D_{б.ф.} = 24 \text{ м}$ и высотой $H_з = 3 \text{ м}$. Предложить вариант реконструкции биофильтров, если $BPK_{полн}$ сточных вод увеличилась со 120 мг/л до 180 мг/л . $BPK_{полн}$ очищенной воды не должна превышать 20 мг/л . Среднезимняя температура сточной воды составляет $+10^0\text{С}$.

Задача № 2

Предложить вариант реконструкции биофильтров на действующих очистных сооружениях, производительностью $1600 \text{ м}^3/\text{сут}$. На данных КОС действуют четыре высоконагружаемых биофильтра диаметром $= 24 \text{ м}$ и высотой $H_з = 3 \text{ м}$. Среднезимняя температура сточных вод составляет $+12^0\text{С}$. $BPK_{полн}$ сточной воды, поступающей на очистку, равна 400 мг/л , а $BPK_{полн}$ очищенной воды не должна превышать 20 мг/л .

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания по выполнению лабораторных работ	4
<i>Практическое занятие № 1</i> Трубы, фасонные части и типы соединений внутреннего водопровода.....	4
<i>Практическое занятие № 2</i> Трубопроводная и водоразборная арматура.....	9
<i>Практическое занятие № 3</i> Гидравлические характеристики водоразборной арматуры.....	14
<i>Практическое занятие № 4</i> Учет расхода воды, определение гидравлических характеристик водомеров	17
<i>Практическое занятие № 5</i> Системы противопожарного водоснабжения зданий. Устройство простых и автоматических систем противопожарного водоснабжения	22
<i>Практическое занятие № 6</i> Трубы, фасонные части, приемники сточных вод внутренней водоотведения.....	25
<i>Практическое занятие № 7</i> Конструкция и принцип действия смывных устройств.....	30
<i>Практическое занятие № 8</i> Основные положения по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения	34
Список литературы	38
Приложение А Трубы, фасонные части и типы соединений внутреннего водопровода..	40
Приложение Б Устройство и назначение штангенциркуля. Методика измерений.....	44
Приложение В Элементы систем внутреннего водопровода и водоотведения.....	49
Приложение Г Основные элементы системы внутренней водоотведения.....	56
Приложение Д Устройства по борьбе с шумом	63

ТРУБЫ, ФАСОННЫЕ ЧАСТИ И ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

Цель работы: ознакомиться с типами и материалами труб и фасонных соединительных частей к ним для прокладки внутреннего водопровода.

Инструменты и материалы: штангенциркуль, трубный ключ, разводной ключ, стенд труб и фасонных частей.

Краткие сведения из теории

Водопроводные трубы. Наибольшее распространение для монтажа водопроводных сетей получили стальные водогазопроводные трубы по

ГОСТ 3262–75. Эти трубы изготавливаются на установках непрерывной печной сварки труб встык внутренним диаметром: 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 90; 110; 125; 140; 150 мм. По толщине стенки они бывают обыкновенные, усиленные и легкие, а по качеству отделки – черные и оцинкованные. Для устройства хозяйственно-питьевых водопроводов холодного и горячего водоснабжения и для хозяйственно-противопожарного водопровода применяют оцинкованные трубы, а для производственных и противопожарных водопроводов допускается применение черных (неоцинкованных) труб. Трубы легкие и обыкновенные рассчитаны на условное (рабочее) давление $P_y = 1,0$ МПа, а усиленные – на $P_y = 1,6$ МПа. Длина труб – 4–12 м. Концы труб имеют цилиндрическую резьбу с навернутой муфтой (на одном из концов). Оцинкованные трубы с резьбой снабжаются оцинкованными муфтами [10].

При монтаже сетей водопроводов применяют также электросварные трубы по ГОСТ 10704–91 и ГОСТ 10705–91 $D_y = 65...500$ мм на давление $P_y = 1,0...1,6$ МПа.

Размеры водогазопроводных труб обозначают по внутренним диаметрам, а остальных типов – по наружным. Для нормализации размеров диаметров труб используют понятие условный проход (диаметр) – D_y .

Для устройства некоторых производственных водопроводов и хозяйственно-питьевых в жилых и общественных зданиях все большее применение находят пластмассовые трубы из полиэтилена высокой плотности диаметром от 10 до 630 мм при давлении до 1,0 МПа. Пластмассовые трубы обладают меньшей массой, небольшим гидравлическим сопротивлением и большой коррозионной стойкостью. К недостаткам следует отнести меньшую механическую прочность при повышении температуры и значительный коэффициент линейного расширения. Полиэтиленовые трубы для противопожарного водоснабжения не используют. В зависимости от основных свойств полиме-

ры бывают: «сшитый» полиэтилен, поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен высокого давления (ПВД), полипропилен (ПП) и поливинилиденфторид (ПВДФ). Трубы ПВДФ используют при температуре от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$. За основу нормализации принят наружный диаметр, который при изменении толщины стенки остается постоянным, а внутренний диаметр изменяется. Полный ряд наружных диаметров (в мм) труб из полимерных материалов следующий: 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1200.

Материалы на основе полимеров способны под влиянием нагревания и давления формоваться и затем устойчиво сохранять приданную им форму. Они широко используются для производства труб и соединительных деталей. Помимо полимера пластмассы содержат добавки, улучшающие их технологические и эксплуатационные свойства (приложение А). Пластмассы по типу полимерных соединений разделяются на термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты). К термопластам, нашедшим наибольшее применение для изготовления пластмассовых трубопроводов, относятся следующие пластмассы: полиэтилен, полипропилен, полибутен, поливинилхлорид, фторполимеры. К реактопластам относятся пластмассы, которые в процессе формирования в изделие отверждаются и в отличие от термопластов теряют способность к повторному формированию. Обычно реактопласты в чистом виде не применяются, а используются в качестве компонентов композитных материалов в сочетании со стеклянными, углеродными, полимерными и другими волокнами. К ним относятся стеклопластик, углепластик, полиэфирный пластик [5, 15].

Для изготовления металлополимерных труб, представляющих собой многослойную конструкцию (рисунок 1.1), применяется сердечник из тонкой алюминиевой трубы (толщиной 0,5–2 мм), снаружи и изнутри покрытый сшитым полиэтиленом. Полиэтилен зафиксирован на алюминиевом стержне клеем. Эти трубы объединяют в себе достоинства металлических и полимерных труб, при этом они лишены недостатков, присущих тем и другим видам труб.

Металлополимерные трубы выпускаются наружным диаметром от 16 до 63 мм, поставляются в бухтах длиной от 200 до 50 м, массой от 0,1 до 0,3 кг/м. Интервал их рабочих температур – от -40 до $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Недостатком металлополимерных труб, по сравнению с полимерными, является чувствительность к замораживанию в заполненном водой состоянии, поэтому их применяют в основном для разводки внутренней водопроводной сети к водо-разборным приборам.

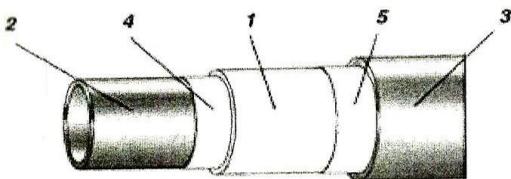


Рисунок 1.1 – Конструкция металлополимерной трубы: 1 – слой алюминия; 2 – внутренний слой из сшитого методом электронного облучения полиэтиленом; 3 – наружный слой из сшитого полиэтилена; 4, 5 – два адгезионных слоя, связывающие между собой слой полиэтилена и алюминия

Чугунные трубы внутренним диаметром от 65 до 500 мм обладают большой долговечностью и коррозионной стойкостью и поэтому в основном используются для прокладки вводов в здания и квартальных сетей при давлении до 1,0 МПа.

Хризотилцементные напорные трубы внутренним диаметром от 100 до 500 мм используются так же, как и чугунные трубы, при давлении в сети не более 0,6 МПа, в основном, для технического водопровода [11].

Фасонные части. Для соединения коротких труб в единые длинные разветвленные сети применяют сварные соединения, муфтовые, резьбовые, фланцевые и раструбные соединения (рисунок 1.2). Соединение труб выполняют: стальных – сваркой, муфтовым резьбовым, фланцевым соединением и с помощью накидной гайки; чугунных – с помощью раструба с заделкой соединения резиновыми уплотнительными кольцами; хризотилцементных – муфтами с герметизацией резиновыми кольцами; пластмассовых – сваркой, раструбной и муфтовой склейкой, фланцевыми соединениями и накидными гайками.

Соединения труб бывают разъемные и неразъемные. При неразъемном соединении между концами труб, ввернутыми до отказа в муфту, должен оставаться зазор не менее 5 мм. В разъемном соединении один из концов труб имеет длинную резьбу, что позволяет согнать контргайку и муфту с запасом в 2-3 нитки. Такое соединение называют также сгоном.

При соединении стальных труб сваркой применяют в основном два вида сварки – газовую (ацетилено-кислородную) и электродуговую [8].

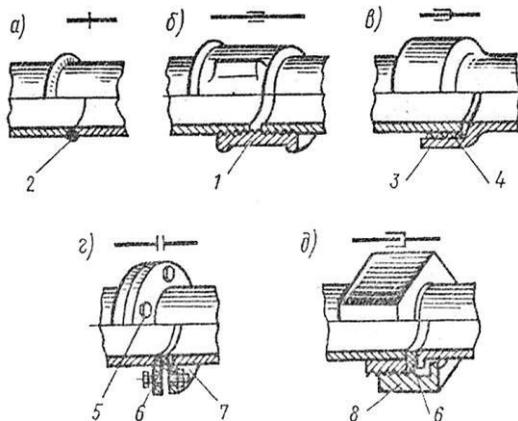


Рисунок 1.2 – Соединения труб [11]:

a – сварное в стык; *б* – муфтовое (резьбовое); *в* – раструбное; *г* – фланцевое; *д* – с накидной гайкой; 1 – муфта; 2 – сварной шов; 3 – раструб; 4 – уплотнение; 5 –

болт с гайкой; 6 – уплотнительная прокладка; 7 – фланец; 8 – накидная гайка

Переход с одного диаметра на другой в водопроводной сети, осуществление поворотов и ответвлений выполняют с помощью фасонных частей (фитингов) с внутренней трубной резьбой. Соединительные части изготавливают из ковкого чугуна внутренним диаметром от 8 до 100 мм и из стали внутренним диаметром от 8 до 150 мм на давление до 1,0 и 1,6 МПа.

Чугунные соединительные части по краям снабжают буртиками для увеличения жесткости, а муфты по боковой поверхности – ребрами для лучшего захвата ключом. Стальные соединительные части делают гладкими. Соединительные части подразделяют на прямые, у которых все присоединительные размеры одинаковы, и переходные, у которых эти размеры разные. Наиболее часто применяют фасонные части из ковкого чугуна с цилиндрической резьбой: прямая муфта (может быть стальная) для соединения двух труб одинакового диаметра; переходная муфта для соединения двух труб разного диаметра; угольник для изменения направления трубопровода под углом 90°; прямой и переходной тройники для устройства ответвления под прямым углом; прямая и переходная крестовины для соединения двух трубопроводов, пересекающихся под углом 90°. Для соединения оцинкованных стальных труб применяют оцинкованные фасонные части, имеющие сплошное цинковое покрытие по всей наружной и внутренней поверхностям (кроме резьбы).

Уплотнение резьбовых соединений трубопроводов при температуре воды до 105 °С обеспечивается подмоткой льняной пряди, пропитанной в пасте, состоящей из цинковых белил или свинцового сурика, замешанных на натуральном олифе. При более высокой температуре используют тонкий асбестовый шнур, промазанный графитовой замазкой [14].

Для изменения направления стальных труб используют фасонные части (фитинги), которые изображены на рисунке 1.3.

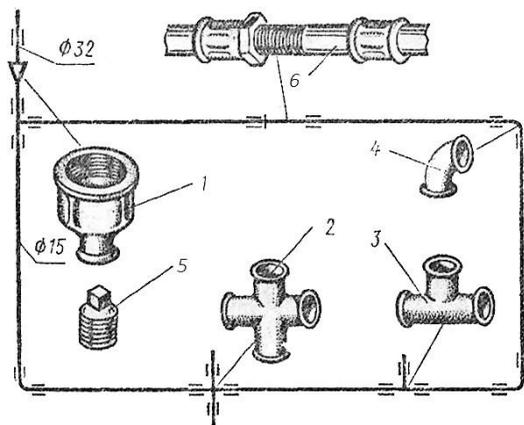


Рисунок 1.3 – Фасонные части для соединения труб: 1 – муфта; 2 – крест (крестовина); 3 – тройник; 4 – угольник; 5 – пробка; 6 – сгон

Для работы с трубопроводами применяют следующие инструменты: штангенциркуль – инструмент, сочетающий в себе масштабную линейку; глубиномер; устройства для измерения как наружного, так и внутреннего диаметра трубопровода (приложение Б); трубные ключи разных конструкций (рычажный, раздвижной, накидной) для соединения труб на резьбе; разводной ключ с длинной ручкой для замены кранов и смесителей (рисунок А.7), двухсторонние гаечные ключи – 19×22, 17×19, 14×17 мм.

Разводка трубопроводов из полимерных материалов к водоразборным устройствам может выполняться в полу и в стене, при этом применяют неразъемные соединения труб (рисунки А.4–А.6).

Порядок выполнения работы

1 Составить эскизы пяти выбранных образцов фасонных частей труб (отрезок трубы, крестовина, тройник, угольник, переходная муфта, сгон и т.д.).

2 Для каждого изученного образца выполнить замеры внутреннего и наружного диаметра, толщины стенки и другие измерения в зависимости от вида образца.

3 Записать точную маркировку по ГОСТ изученных образцов, с указанием материала и всех типовых размеров.

4 Произвести анализ изученного и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Какие соединения труб относятся к разъемным и неразъемным?

2 Что такое сгон и где его устанавливают?

3 Назначение фитингов.

4 Перечислить основные диаметры стальных труб и из полимерных материалов для монтажа внутренних водопроводных сетей.

Практическое занятие № 9

ТРУБОПРОВОДНАЯ И ВОДОРАЗБОРНАЯ АРМАТУРА

Цель работы: изучить виды арматуры, устанавливаемой на сетях внутреннего водопровода.

Инструменты и материалы: штангенциркуль, трубный ключ, разводной ключ, образцы трубопроводной и водоразборной арматуры, стенд и плакаты водоразборной арматуры.

Краткие сведения из теории

Трубопроводную арматуру устанавливают на водопроводной сети для управления потоком жидкости: изменения его расходов, давления и перекрытия потока. **Водоразборная арматура** регулирует подачу воды потребителю. Качество и параметры арматуры должны быть не ниже, чем у трубопроводов, на которых она устанавливается. Арматура должна выдерживать максимальное давление, не меньше, чем трубы системы водоснабжения. В закрытом положении арматура не должна пропускать воду, на корпусе и уплотнительных поверхностях не допускается появление стекающих капель. Диаметр арматуры имеет те же величины условных проходов, что и трубы для их соединения. По способу присоединения к трубопроводам арматура разделяется на муфтовую, имеющую присоединительные патрубки с внутренней резьбой; цапковую, где патрубки с наружной резьбой, и фланцевую. Арматура является местным сопротивлением, характеризуемым коэффициентом местного сопротивления, величина которого дана для некоторых типов арматуры дана в справочной литературе.

В зависимости от назначения применяют следующие **виды арматуры**:

- *запорную* – для перекрытия потока жидкости и отключения отдельных участков водопроводной сети для осмотра и ремонта;
- *регулирующую* – для поддержания на сети расхода или давления на уровне, обеспечивающем работу системы в оптимальном режиме;
- *предохранительную* – для защиты системы от повреждения при случайном повышении параметров транспортируемой среды над предельно допустимыми;
- *водоразборную* – для отбора холодной или горячей воды из системы для проведения процедур или для технологического оборудования [8].

Основными материалами для изготовления деталей арматуры служат серый и ковкий чугун, сталь, бронза, латунь.

Основные параметры арматуры – условный диаметр D_y и условное давление P_y , по которому определяют рабочее и пробное давления.

Корпус арматуры, в зависимости от материала изготовления и в соответствии с СТБ ГОСТ Р 52760–90, окрашивают в определенный цвет: чугун серый и ковкий – в черный; сталь углеродистую – в серый; сталь коррозионно-стойкую – в голубой; сталь легированную – в синий. Арматуру с корпусом из латуни и бронзы, а также водоразборную, туалетную и смесительную в отличительные цвета не окрашивают, а применяют защитное декоративное хромоникелевое покрытие, стойкое к воздействию кислой и щелочной среды при температуре до 90 °С.

Запорная арматура. В качестве запорной арматуры применяют задвижки, вентили и пробочные краны, различающиеся характером перемещения запорного элемента и его формой.

В задвижках запорный диск перемещается поступательно в направлении, перпендикулярном движению потока рабочей среды. По конструкции затвора задвижки бывают параллельные и клиновые, а по конструкции шпинделя – с выдвигаемым и невыдвигаемым шпинделями. Задвижки устанавливаются на трубопроводах диаметром от 50 мм и более (рисунок 1.4, з).

Достоинства задвижек: незначительное гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе, возможность подачи среды в любом направлении; недостатки задвижек: большая габаритные размеры и масса, невысокая скорость срабатывания запорного элемента, сложность ремонта при замене уплотнительных элементов [11].

В вентилях запорное устройство (золотник) перемещается поступательно в направлении, совпадающем с направлением потока. По конструкции они бывают с наклонным и прямым шпинделями, муфтовые, фланцевые. В системах водоснабжения применяют обычно муфтовые вентили диаметром до 50 мм. В качестве уплотнителя под клапан (золотник) на трубопроводах холодной воды ставят кожу, резину или пластмассу, а на трубопроводах горячей воды – прокладку из специальной эбонитовой массы или термостойкой резины (см. рисунок 1.4, а).

Достоинства вентилей: простота конструкции, обслуживания и ремонта, малый ход шпинделя (до полного перекрытия прохода), относительно небольшие габаритные размеры и масса; недостатки вентилей: высокое гидравлическое сопротивление, подача среды только в одном направлении.

В пробочных кранах запорное устройство (пробка) имеет форму тела вращения (цилиндра, конуса, шара) с прорезью для прохода среды. В зависимости от способа обеспечения герметичности между корпусом и пробкой краны подразделяют на натяжные, сальниковые и со смазкой. Они бывают также муфтовыми и фланцевыми (см. рисунок 1.4, е) и используются на системах с давлением, не превышающем 0,1 Мпа [11].

Установка запорной арматуры на внутренних сетях преду-

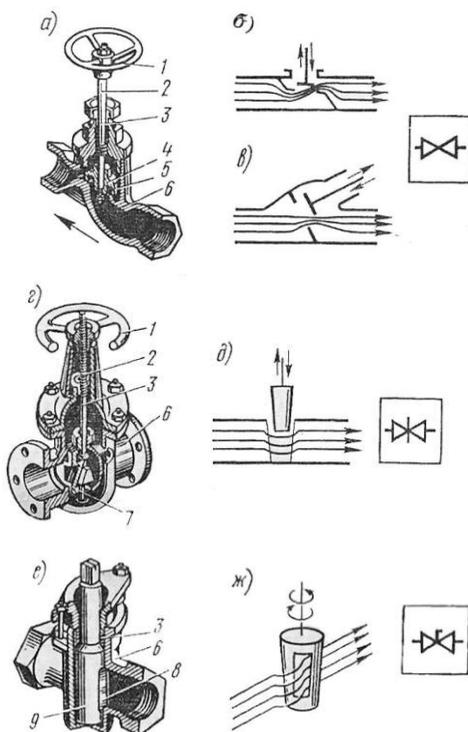


Рисунок 1.4 – Запорная арматура [11]:
 а – вентиль; б – схема прямого вентиля; в – схема наклонного вентиля; з – задвижка; д – схема за-

смачивается: на каждом вводе; на кольцевой разводящей сети; у основания стояков; на ответвлениях в каждую квартиру или номер гостиницы; подводках к смывным бачкам, смывным кранам и водонагревательным колонкам; ответвлениях к групповым душам и умывальникам.

Регулирующая арматура. К регулирующей арматуре относятся регуляторы давления и расхода. В качестве регулирующей арматуры используют также запорные вентили и диафрагмы, установленные перед водоразборной арматурой, на разводках, у основания стояков и магистралей. Регулирующая арматура изготавливается из тех же материалов, что и запорная.

Регулятор давления поддерживает постоянное давление в системе независимо от расхода. Наибольшее распространение во внутренних системах получили регуляторы «после себя». Они имеют условный диаметр от 25 до 150 мм. Диапазон настройки регулируемого давления 0,1–1 МПа (приложение В) [7].

Стабилизаторы давления устанавливают на этажных разводках к арматуре, чтобы поддерживать постоянное давление перед арматурой и уменьшить произвольные расходы воды (до 40 %). Стабилизатор диаметром 15 мм при давлении перед ним – 0,1–1,0 МПа поддерживает после себя давление 0,03–0,1 МПа при изменении расхода от 0 до 0,35 л/с (см. приложение В).

Регуляторы расхода воды представляют собой гидравлические сопротивления, обеспечивающие постоянный расход при изменяющемся давлении на входе регулятора. Самым простым средством регулирования (ограничения) расхода воды являются диафрагмы (диски с отверстиями), на которых гасится избыточное давление перед арматурой (давление, превышающее рабочее давление арматуры). Установка диафрагм на квартирных разводках и перед водоразборной арматурой снижает расход воды в здании на 10–15 % (см. приложение В) [7].

Предохранительная арматура. К предохранительной арматуре относятся предохранительные, обратные клапаны и воздухоотводчики. Предохранительные клапаны автоматически выпускают воду из труб, водяных резервуаров при повышении давления сверх допустимого. При понижении давления они закрываются. Во внутренних системах используют предохранительные клапаны диаметром от 20 до 100 мм из чугуна или стали и устанавливают их вертикально [9].

Обратные клапаны предотвращают движение воды в обратном направлении при остановке насосов, падении давления в наружной сети ниже, чем во внутренней системе. Они бывают двух типов – подъемные (диа-

метром от 10 до 25 мм) и поворотные (диаметром от 50 до 300 мм). На трубопроводах в зданиях устанавливают подъемные клапаны с подъемным запорным элементом. Изготавливают их из латуни или чугуна с муфтовыми и фланцевыми концами (см. приложение В).

Водоразборная арматура. К водоразборной арматуре относятся краны водоразборные, туалетные, писсуарные, банные, смывные, смесители для ванн, душевых установок, умывальников и моек, а также лабораторная арматура.

Водоразборную арматуру изготавливают в основном из латуни и бронзы. Для изготовления отдельных деталей применяют сталь, чугун, пластмассу, фарфор и полуфарфор и т.п. Арматура должна иметь красивый внешний вид, быть герметичной и при закрытом положении клапана выдерживать статическое давление воды не менее 0,9 МПа. Для обеспечения долговечности и коррозионной стойкости водоразборную арматуру покрывают защитным декоративным хромоникелевым покрытием, стойким к воздействию кислоты и щелочной среды [10].

Краны водоразборные бывают настенными диаметром 15 и 20 мм, с аэратором, со струевыпрямителем и без них. Применяют их для раковин в общественных и производственных зданиях [10].

В жилых и общественных зданиях для моек применяют настольные водоразборные краны диаметром 15 мм с аэратором и без него, а для умывальников – краны туалетные настольные диаметром 10 мм. Поэтому же стандарту выпускают и другие туалетные краны (рисунок В.4).

Банный кран диаметром 20 мм имеет запорное устройство пробкового типа, сразу создает компактную струю с большим расходом. Его устанавливают в банях, прачечных и других местах, где требуется быстрое включение и прекращение разбора воды.

Смывной кран полуавтоматический предназначен для промывки унитазов и напольных чаш в общественных и производственных зданиях. Условный диаметр подводки к крану – 25 мм, а свободный напор перед ним – 8 м (рисунок В.6).

Для смешивания холодной и горячей воды, поступающей по системам внутреннего холодного и горячего водоснабжения, применяются смесители различных конструкций. Ими снабжаются ванны, души, умывальники, мойки.

Смесители изготавливают самых разнообразных конструкций в зависимости от назначения, места установки, конструкции камеры смешения, способа прокладки подводки (открыто или скрыто) и др. (рисунки В.1–В.3).

Поплавковые клапаны наиболее часто устанавливают в смывных баках и резервуарах. Существует два основных типа поплавокных клапанов: работающих и закрывающихся против давления в подводке и клапанов попутного давления.

Краны смывные используются для промывки унитазов и изготавливаются диаметром 20–25 мм. В основном применяют смывные краны полуавтоматического действия [14].

Условные обозначения элементов санитарно-технических систем по ГОСТ 21.205–93 представлены в таблицах В.1–В.3.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить по стендам и плакатам водоразборную и запорную арматуру.
- 2 Выбрать один из образцов арматуры и подробно изучить его конструкцию.
- 3 Изобразить в разрезе выбранный образец арматуры с указанием размеров и экспликацией деталей.
- 4 Для выбранного образца выполнить замеры внутреннего и наружного диаметров, толщины стенки и другие измерения в зависимости от вида образца.
- 5 Записать точную маркировку по ГОСТ изученного образцов, с указанием материала и всех типовых размеров.
- 6 Произвести анализ изученного и сделать вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Какая арматура относится к трубопроводной?
- 2 Какая арматура называется запорной и ее назначение?
- 3 Какая арматура называется регулирующей и ее назначение?
- 4 Какие требования предъявляются к водоразборной арматуре?

Практическое занятие № 10

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДРАЗБОРНОЙ АРМАТУРЫ

Цель работы: определение зависимости между степенью открытия крана и расходом воды, проходящем через него.

Оборудование и приборы: опытная установка, секундомер.

Краткие сведения из теории

Водоразборная арматура предназначена для отбора воды из системы внутреннего водоснабжения на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Водоразборная арматура является запорно-регулирующей, ее изго-

тавливают из бронзы и латуни с хромоникелевым покрытием.

По своему назначению водоразборная арматура подразделяется на собственно водоразборную (туалетные краны умывальников, смесители умывальников, моек и ванн) и наполнительную (поплавковые клапаны смывных бачков), также подающую воду одной температуры (туалетные краны либо только холодной, либо только горячей воды), и смесители, имеющие две подводки (холодной и горячей воды) (см. приложение В).

Конструктивно по принципу работы запорных органов водоразборная арматура бывает следующих типов: вентильная, золотниковая, шайбовая и клапанная (см. приложение В) [11].

Водоразборная арматура является запорно-регулирующей, т.е. в процессе использования регулирует расход, по окончании использования герметично перекрывает поток. Наиболее распространенной является арматура вентильного типа, основной частью которой является вентильная головка с неразрезным шпинделем (см. приложение В), передающим возвратно-поступательное движение клапану, и арматура с разрезным шпинделем (см. приложение В), передающая клапану только поступательное движение.

Водоразборная арматура имеет следующие характеристики:

- расчетный расход q_0 , л/с, – количество воды, которое необходимо подать потребителю в единицу времени. Расчетные расходы воды санитарными приборами, согласно нормативным требованиям [2], представлены в таблице 3.1;
- рабочее давление P , МПа, – это давление, которое необходимо иметь перед водоразборной арматурой, чтобы обеспечить подачу расчетного количества воды и создать необходимую струю излива.

Таблица 3.1 – Расходы воды санитарными приборами

Санитарно-технический прибор или устройство	Секундный расход воды, л/с			Часовой расход воды, л/ч			Свободное давление H_f , МПа	Минимальный диаметр условного прохода подводки, мм
	общий q_0^{tot}	холодной q_0^c	горячей q_0^h	общий $q_{0,hr}^{tot}$	холодной $q_{0,hr}^c$	горячей $q_{0,hr}^h$		
Умывальник, рукомойник со смесителем	0,12	0,09	0,09	60	40	40	0,02	10
Мойка со смесителем	0,12	0,09	0,09	80	60	60	0,02	10
Ванна со смесителем	0,25	0,18	0,18	300	200	200	0,03	10
Душевая кабина с поддоном	0,12	0,09	0,09	100	60	60	0,03	10

Унитаз со смывным бачком	0,10	0,10	–	83	83	–	0,02	8
Унитаз со смывным краном	1,40	1,40	–	81	81	–	0,04	–

Описание установки. Водоразборный кран (диаметром 15 мм) установлен на сети внутреннего водопровода. На маховике водоразборного крана нанесены стрелки (рисунок 3.1), позволяющие достаточно точно определить степень открытия крана (поворот маховика на 0,25; 0,5; 0,75 и целый оборот).

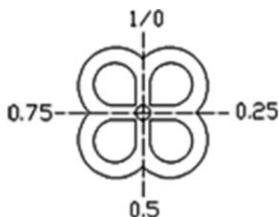


Рисунок 3.1 – Степень открытия крана

За рабочее давление в опытной установке принимается постоянное давление 0,6 МПа сети внутреннего водопровода, на котором установлен водоразборный кран. Расход воды, проходящий через кран, замеряется с помощью мерной емкости площадью 1120 см² (35×32 см). Время фиксируется секундомером.

Порядок выполнения работы

1 Изобразить схему опытной установки (рисунок 3.2).

2 Произвести серию опытов из 6–7 замеров со степенью открытия водоразборного крана от 0,25 до 3,0 оборотов маховика.

3 Время каждого опыта принять равным 60 с.

4 Рассчитать расходы воды, см³/с, проходящей через кран, в каждом опыте по формуле

$$q = \frac{F \cdot \Delta h}{t}, \quad (1)$$

где F – площадь мерной емкости, см²;

Δh – высота наполнения емкости, см;

t – продолжительность опыта, с.

5 Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 3.2.

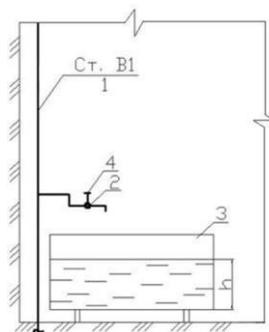


Рисунок 3.2 – Схема опытной установки для определения расхода воды, проходящего через водоразборный кран:

1 – стояк водоснабжения; 2 – водоразборный кран; 3 – мерная емкость; 4 – маховик.

Таблица 3.2 – Результаты измерений и расчетов

Показатель	Обозначение	Значения			
Степень открытия водоразборного крана, об.	N				
Время опыта, с	T				
Высота наполнения мерного бака, см	Δh				
Расход воды, проходящий через кран, см ³ /с	q				
Рабочее давление в сети, МПа	P				

6 Построить график $q = f(n)$, характеризующий работу крана при различной степени его открытия и постоянном давлении сети внутреннего водопровода.

7 Произвести сравнительный анализ полученных данных и сделать вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение водоразборной арматуры.
- 2 Основные характеристики водоразборной арматуры.
- 3 На какие группы подразделяется водоразборная арматура?
- 4 Каких типов бывает водоразборная арматура по принципу работы запорных органов?

Практическое занятие № 11

УЧЕТ РАСХОДА ВОДЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОМЕРОВ

Цель работы: ознакомиться с типами водомерных узлов, конструкцией счетчика воды. Определить основные рабочие параметры счетчика воды и величину погрешностей его показаний.

Оборудование и приборы: опытная установка; секундомер.

Краткие сведения из теории

Для учета потребления воды внутренний водопровод оборудуется водомером (счетчиком воды), который устанавливается на вводе в здание за наружной стеной, в помещении с температурой не ниже +5 °С. С каждой стороны счетчика предусматривается установка задвижек или вентилях, в зависимости от диаметра и прямые участки трубопровода длиной не менее 8 и 3 диаметров трубопровода соответственно до и после счетчика. В состав водомерного узла могут входить манометр, фильтр и спускной кран, который ис-

пользуется для контроля точности показателей счетчика [8].

Существуют водомерные узлы двух типов: простые и с обводной линией. Устройство обводной линии на водомерном узле обязательно в тех случаях, когда не допускается перерыв в подаче воды или водосчетчик не рассчитан на пропуск противопожарного расхода воды. На обводной линии устанавливают задвижку, в обычное время запломбированную в закрытом положении, или с электроприводом, открывающуюся автоматически одновременно с пуском пожарных насосов. Счетчик устанавливается только на прямой линии.

В зависимости от конструкции рабочего органа различают две группы счетчиков: турбинные, у которых ось вращения турбины параллельна направлению движения воды, и крыльчатые, ось вращения крыльчатки которых перпендикулярна направлению движения воды (рисунок 4.1, а, б). При резких колебаниях расхода воды устанавливают комбинированные счетчики (рисунок 4.1, в).

В системе водоснабжения наиболее распространены скоростные крыльчатые счетчики воды, принцип действия которых состоит в суммировании (счете) числа оборотов рабочего органа, установленного в поток жидкости. Крыльчатые счетчики применяют при расходах воды до 2,8 л/с, устанавливают только горизонтально и присоединяют к трубопроводу на муфтах; турбинные счетчики – при большем расходе воды, присоединяют к трубопроводу на фланцах и устанавливают как в горизонтальном, так и в наклонном или вертикальном положении при условии движения воды снизу вверх.

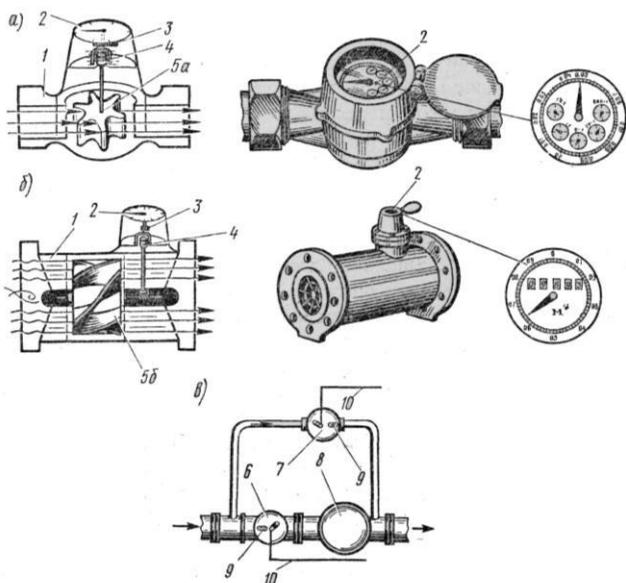


Рисунок 4.1 – Счетчики воды [11]:
 а – крыльчатый; б – турбинный; в – комбинированный; 1 – корпус; 2 – циферблат; 3 – счетный механизм; 4 – магнитная муфта; 5 – рабочее колесо; 5а – крыльчатка; 5б – турбинка; 6 – счетчик большого диаметра; 7 – счетчик малого диаметра; 8 – переключающий клапан; 9 – датчик; 10 – линия связи

По допустимой максимальной температуре воды крыльчатые счетчики подразделяются на счетчики холодной (до 40 °С) и горячей (до 90 °С) воды, калибром до 40 мм. Турбинные счетчики также предназначены для учета холодной и горячей воды, калибром от 50 до 250 мм [10].

В квартирах следует устанавливать индивидуальные счетчики для учета холодной и горячей воды (рисунок 4.2), окрашенные соответственно в голубой и красный цвет.

Рисунок 4.2 – Индивидуальный крыльчатый счетчик:

- 1 – корпус; 2 – крыльчатка; 3 – магнитная муфта; 4 – счетный механизм; 5 – стрелочные индикаторы; 6 – цифровые индикаторы расхода воды; 7 – патрубки



Перед индивидуальным счетчиком воды необходимо устанавливать фильтры-грязевики, которые предназначены для улавливания механических примесей и фильтрации воды. Грязевеки относят к фильтрам грубой очистки до 300 мкм. Наиболее функциональными фильтрами для улавливания механических примесей являются сетчатые фильтры механической очистки, подсоединяемые в трубопровод резьбовым соединением (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Сетчатый фильтр механической очистки

Основными параметрами, характеризующими водомер (счетчик воды), являются: калибр водомера – D , коэффициент сопротивления – S ; предел чувствительности – $Q_{\text{чув}}$ и предел точности – $Q_{\text{точн}}$.

Предел чувствительности водомера – наименьший расход воды, при прохождении которого через водомер начинает вращаться крыльчатка (турбинка) и счетный механизм приходит в действие, при этом погрешность водомера может превышать $\pm 5\%$.

Предел точности показаний водомера является наименьший расход воды, при прохождении которого через водомер погрешность не будет превышать $\pm 3\%$.

Описание установки. Трубопровод, на котором установлен водомер, питается водой от сети внутреннего водопровода (рисунок 4.4). Давление на подающем трубопроводе постоянное – 0,6 МПа. Расход воды, проходящий через водомер, замеряется с помощью пьезометра мерной емкости. Время фиксируется секундомером.

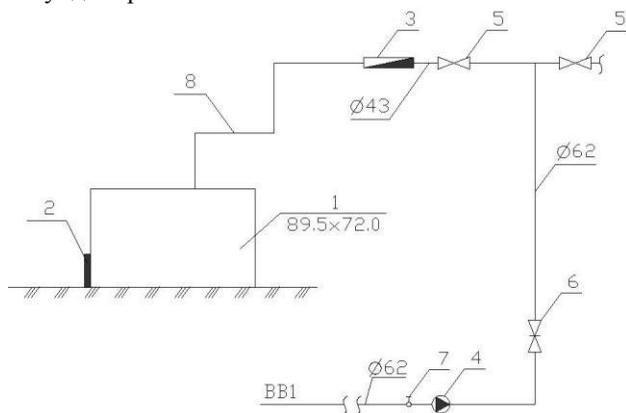


Рисунок 10 – Схема опытной установки для определения расхода воды, проходящего через водомер:

- 1 – мерная емкость; 2 – пьезометр; 3 – водомер (крыльчатый счетчик); 4 – повысительный насос; 5 – запорные вентили; 6 – задвижка; 7 – спускной кран

Порядок выполнения работы

- 1 Изобразить схему опытной установки.
- 2 Произвести серию опытов из 4 замеров при максимальных и минимальных расходах воды.
- 3 Во время каждого опыта замерить высоту наполнения емкости, снять показания водомера и зафиксировать время опыта.
- 4 Результаты измерений занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Наименование	Обозначение	Номер эксперимента			
		1	2	3	4
Показания счетчика, м ³	W				
Высота наполнения емкости, см	Δh				
Продолжительность эксперимента, с	t				
Рабочее давление в сети, кПа	$P_{\text{раб}}$				

- 5 Выполнить расчеты по полученным данным:
 - а) определить расход воды, м³/с:

- по счетчику –

$$q_1 = \frac{W}{t};$$

- по мерной емкости –

$$q_2 = \frac{F \cdot \Delta h}{t};$$

б) найти погрешность показаний счетчика, %:

$$N = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100;$$

в) установить потери напора в счетчике, м:

$$h_{сч} = S q_1^2,$$

где S – гидравлическое сопротивление счетчика, $S = 0,32 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$.

Потери напора $h_{сч}$ должны быть в пределах $0,03 \text{ м} \geq h_{сч} \geq 2,5 \text{ м}$ для крыльчатых счетчиков.

6 Результаты расчетов свести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчетов

Наименование	Обозначение	Номер эксперимента			
		1	2	3	4
Расход по показаниям счетчика, м ³ /с	q_1				
Расход по мерной емкости, м ³ /с	q_2				
Погрешность показаний счетчика, %	N				
Потери напора в счетчике, м	$h_{сч}$				

7 Произвести анализ полученных результатов и записать вывод по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение обводной линии водомерного узла.
- 2 Места установки счетчиков воды.
- 3 Что называется калибром счетчика?
- 4 Допустимые потери напора в крыльчатых и турбинных счетчиках.

СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ. УСТРОЙСТВО ПРОСТЫХ И АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с оборудованием пожарных кранов и устройством автоматических спринклерных и полуавтоматических дренчерных противопожарных систем водоснабжения здания.

Оборудование и приборы: пожарные краны, рулетка.

Краткие сведения из теории

Для эффективной борьбы с огнем система противопожарного водоснабжения должна подаваться в каждую точку здания, где возможно возникновение пожара, необходимое количество струй воды с заданным расходом под давлением, достаточным для ликвидации очага пожара. В зависимости от пожароопасности и огнестойкости здания, согласно нормативам [1], устраивают следующие системы противопожарного водоснабжения: а) с пожарными кранами; б) автоматические и полуавтоматические.

Противопожарный водопровод состоит из стальных магистральной сети и распределительных трубопроводов, пожарных кранов, противопожарных насосов, запасных баков или пневматических установок. Системы противопожарного водоснабжения бывают отдельные и объединённые. Максимальное рабочее давление в отдельных системы противопожарного водоснабжения составляет 0,9 МПа, в объединённых с хозяйственно-питьевыми или производственными – 0,6 МПа [11].

Пожарный кран следует устанавливать на высоте 1,35 м над уровнем чистого пола помещения и размещать в специальных шкафчиках ПК, которые располагаются в нишах стены или на самой стене размерами 155×620×270 мм. Спаренные пожарные краны устанавливают один над другим в одном шкафу, нижний кран – на высоте 1 м от пола.

В комплект пожарного крана входят (рисунок В.7): ответвление от стояка с запорным устройством в виде обыкновенного проходного вентиля или специального пожарного вентиля; быстросмыкающиеся соединительные полугайки; пожарный рукав и ствол (брандспойт). Все оборудование пожарного крана должно храниться в собранном виде и быть постоянно готово к использованию.

Обычно применяют пожарные краны диаметром 50 мм, обеспечивающие расходы струи 2,5 л/с. При расходе струи 5 л/с и более устанавливают краны диаметром 65 мм.

Пожарные вентили по конструкции аналогичны обычным вентилям. Пожарные рукава изготавливают из пеньки, и для увеличения их прочности, герметичности и долговечности покрывают резиной. Длина рукавов принимается 10; 20; 25 м.

Пожарный ствол (брандспойт) с одной стороны заканчивается быстрооткрывающейся гайкой, а с другой имеет конический наконечник, выходное отверстие которого (спрыск) изготавливается диаметром 16;18;19; 22 мм.

Высота действия струи в жилых высотных зданиях – не менее 8 м. Максимальный радиус действия пожарного крана равен сумме длины пожарного рукава и компактной струи. Расход на пожаротушение при вводе в здание не учитывается счётчиками, вода подаётся по обводной линии водопроводного узла.

Согласно требованиям п. 5.3.10 нормативов [1], в каждой квартире в зданиях классов Ф1.3 и Ф1.4 следует предусматривать установку устройств внутриквартирного пожаротушения (УВП). Эти устройства должны состоять из вентиля, пожарного рукава, пожарного ствола с запорным устройством и выдерживать гидростатическое давление внутренней системы водоснабжения не более 0,6 МПа. Устанавливается УВП на вводе водопровода в квартиру после водосчетчика в любом удобном месте для его открывания: в ванной, туалетной комнате, кухне (рисунок 5.1).

Пожарный рукав должен быть присоединен постоянно, а его длина должна определяться размерами квартиры из условия обеспечения подачи воды в самую отдаленную точку. Диаметр вентиля и рукава должен быть не более диаметра ответвления водопровода в квартиру.

Автоматические (спринклерные) системы пожаротушения (рисунок 5.2) гасят пожар без участия человека с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги, устанавливают в помещениях, где возможно возникновение и быстрое распространение огня. Спринклерные системы состоят из водопитателей (наружная сеть, гидропневматического; водонапорного баков), подводящих и распределительных трубопроводов; контрольно-сигнального клапана (КСК); спринклеров (оросителей). Спринклеры системы бывают: водяные, воздушно-водяные, воздушно-пенные [8].

Подающие трубопроводы спринклерных установок – кольцевые, питающиеся от двух водопитателей, диаметром более 70 мм. Наименьший диаметр

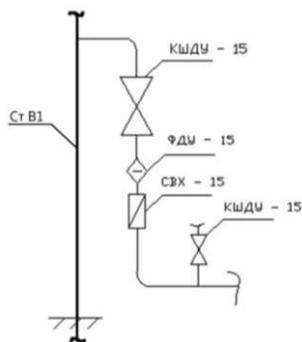


Рисунок 5.1 – Поквартирная обвязка холодного водоснабжения с присоединением УВП

распределительной сети – 20 мм в зависимости от количества установленных оросителей. Уклон сети для опорожнения системы составляет от 0,01 до 0,005.

Спринклерные оросители вскрываются при повышении температуры в помещении и заливают очаг пожара. Они состоят (см. рисунок 5.2, а) из штуцера с рамкой и розеткой, диафрагмы с отверстием, которое закрывается стеклянным клапаном. Клапан прижат к отверстию замком, состоящим из трех пластинок меди, спаянных легкоплавким припоем. При возникновении пожара припой под действием температуры плавится: замок распадается, давление воды выбивает клапан, вода, ударяясь о розетку, разбрызгивается и орошает площадь от 9 до 12 м² [11].

Максимальное допустимое давление перед оросителями – 1,0 МПа, рабочее давление – 0,04–0,1 МПа в зависимости от диаметра выходного отверстия оросителя. Устанавливают оросители на расстоянии 3–4 м друг от друга; от стен и перегородок – 1,2–2,0 м; от перекрытия – не более 0,4 м и не менее 0,08 м. В водных системах оросители размещают розетками вверх и вниз, в воздушных и водовоздушных – вниз. В специальном помещении устанавливают контрольно-сигнальные клапаны (КСК) по одному на секцию для автоматического включения водопитателя и оповещения о возникновении пожара.

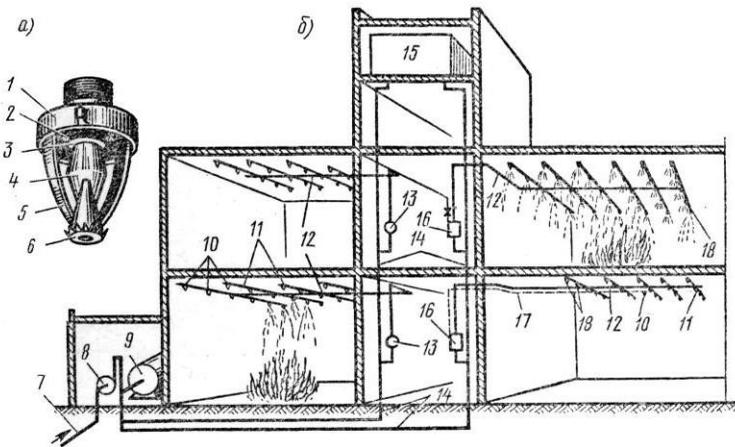


Рисунок 5.2 – Схема автоматической (спринклерной) системы пожаротушения [11]:

- 1 – штуцер с резьбой; 2 – диафрагма; 3 – стеклянный клапан; 4 – пластины замка; 5 – рамка;
- 6 – розетка; 7 – ввод; 8 – насос; 9 – гидропневматическая установка; 10 – спринклер; 11 – распределительный трубопровод; 12 – подающий трубопровод; 13 – контрольно-сигнальный клапан; 14 – подводящий трубопровод; 15 – водонапорный бак; 16 – клапан группового действия;
- 17 – побудительный трубопровод; 18 – дренаж

Полуавтоматические дренажные системы дистанционного действия включаются человеком при возникновении пожара и предназначены

для локализации огня. Пуск системы осуществляется задвижкой с электроприводом или обычной задвижкой, находящейся в узле управления. Дренчерные системы можно применять в тех же помещениях, что и спринклерные установки. Но предназначены они для недопущения распространения огня из помещения возгорания.

Дренчерные оросители отличаются от спринклерных тем, что в них отсутствует замок и выходное отверстие всегда открыто. Расстояние между дренчерными оросителями – не более 3 м, до стен – не более 1,5 м. Площадь пола, защищаемая одним дренчером, – не более 9 м². При создании водяных завес расстояние между дренчерами определяют, исходя из расчёта расхода воды (л/с) на 1 м ширины проёма. В каждой дренчерной системе устанавливается до 70 оросителей, на одной ветке распределительного трубопровода – не более 6 оросителей [8].

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить комплект пожарного крана, расположенного в коридоре университета.
- 2 Изобразить в разрезе выбранный шкафчик одинарного пожарного крана.
- 3 Определить соответствие длины пожарного рукава и расстояния между пожарными кранами в коридоре университета.
- 4 Изобразить схему и изучить работу автоматической (спринклерной) системы пожаротушения.
- 5 Изобразить спринклерный ороситель и указать его составные элементы. 6 Произвести анализ изученного и сделать вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислить, что входит в комплект пожарного крана.
- 2 Какой длины бывают пожарные рукава?
- 3 Назначение брандспойта.
- 4 Перечислить составные элементы спринклерного оросителя.

Практическое занятие № 13

ТРУБЫ, ФАСОННЫЕ ЧАСТИ, ПРИЕМНИКИ СТОЧНЫХ ВОД ВНУТРЕННЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с типами труб, фасонных частей и оборудованием системы внутренней водоотведения.

Инструменты и материалы: штангенциркуль, трубный ключ, разводной ключ, стенд труб и фасонных частей.

Краткие сведения из теории

Система внутренней водоотведения состоит из приемников сточных вод и сети трубопроводов, включающих отводные трубопроводы, сточки, выпуски и коллекторы.

Для устройства сетей внутренней бытовой водоотведения применяют чугунные, полиэтиленовые, полипропиленовые, винилпластиковые и хризотилцементные безнапорные трубы. Чугунные трубы выпускают одноразубными с условным проходом 50, 100, 150 мм, длиной от 500 до 2100 мм, с внутренним антикоррозионным покрытием на основе нефтяного битума.

Канализационные чугунные трубы предназначены для работы без напора, поэтому в отличие от водопроводных чугунных труб они являются тонкостенными, выдерживающими испытательное давление 0,1 МПа. Трубы соединяют с помощью раструбов на конце каждой трубы или соединительных фасонных частей (рисунок 5.3).

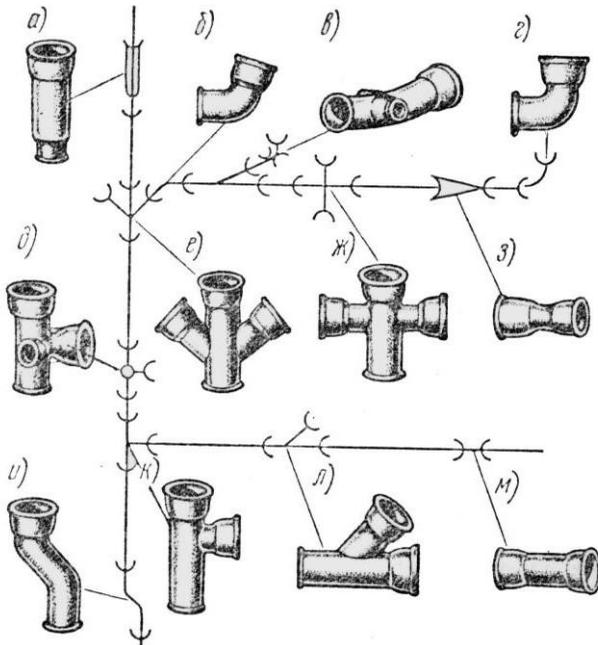


Рисунок 5.3 – Соединительные фасонные части раструбных канализационных труб [11]: а – простой канализационный патрубок; б – отводы под углом 100, 120 и 135°; в – отвод-крест; г – колено; д – двухплоскостная крестовина; е – крестовины косые (под углом 45, 60°); ж – крестовина прямая (под углом 90°); з – патрубок переходной; и – отступ со смещением 75 мм для обхода строительных конструкций; к – тройник прямой; л – тройник косой; м – муфты

К соединительным частям относятся отводы под углом 110, 120, 135°; колена (под 90°); патрубки простые компенсационные на разную длину от 150 до 400 мм; тройники косые под углом 45, 60° и прямые – 90°; крестовины прямые и косые; муфты переходные и простые для соединения труб разного и одинакового диаметров; отступы со смещением; компенсационные патрубки с боковым присоединением; отводы-кресты и т.д.

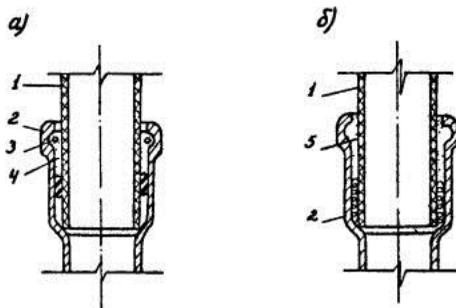
Кольцевые зазоры раструбов стыковых соединений заполняют просмоленной льняной прядью и специальной мастикой. Для ускорения заделки раструбных стыков применяют резиновые уплотнительные кольца. Монтируют чугунные трубы так, чтобы раструбы были обращены в противоположном направлении движения сточных вод сторону [14].

Пластмассовые трубы обладают высокой устойчивостью против воздействия агрессивных жидкостей (кислот и щелочей), имеют меньшую массу и большую пропускную способность за счет значительно меньших гидравлических сопротивлений. Пластмассовые канализационные трубы и фасонные части из поливинилхлорида (ПВХ) выпускают диаметром 50, 80, 100, 150 мм, а из полиэтилена высокой плотности (ПВП) – диаметром 50, 63, 75, 90, 100, 125, 140, 160 мм. За основу нормализации принят наружный диаметр данных труб, который при изменении толщины стенки остается постоянным, а внутренний диаметр изменяется.

При монтаже пластмассовые трубы соединяются сваркой, с помощью клея на сильных растворителях, с помощью разъемного раструбного соединения с резиновыми уплотнительными кольцами. Номенклатура фасонных соединительных частей для пластмассовых труб аналогична номенклатуре чугунных фасонных частей. Соединение пластмассовых труб с чугунными трубами выполняется на резиновых кольцах или с заполнением кольцевого зазора раструба белым канатом с расширяющим цементом (рисунок 5.4).

Рисунок 5.4 – Соединение пластмассовых труб с чугунными трубами [14]:

а – на резиновом кольце; *б* – с заполнением кольцевого зазора раструба белым канатом; 1 – гладкий конец пластмассовой трубы; 2 – чугунный раструб; 3 – расширяющийся конец раструба; 4 – резиновое кольцо; 5 – заделка белым канатом с расширяющим цементом



На сети внутренней бытовой и производственной водоотведения следует предусматривать установку ревизий – устройств, позволяющих прочистить вертикальную трубу в обоих направлениях, и прочисток – устройств, необхо-

димых для прочистки – горизонтальных труб только в одном направлении (рисунки 5.5).

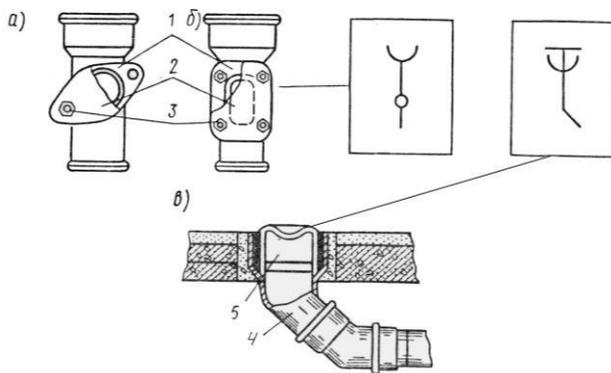


Рисунок 5.5 – Устройства для прочистки канализационных труб [11]:
а, б – ревизия; в – прочистка; 1 – резиновая прокладка; 2 – крышка; 3 – болты; 4 – отвод;
5 – заглушка

Ревизии (*R* – фасонная часть трубы) устанавливают на стояках, не реже чем через три этажа, на высоте 1 м от пола. Прочистка (*Пр* – отвод 135°) устанавливается в местах поворота трубопровода, перед выходом из здания выпуска, на прямых участках диаметром 50 мм – через 6–15 м, диаметром 100, 150 мм – через 8–20 м.

Хризотилцементные безнапорные трубы диаметром 100–400 мм длиной 2950–3950 мм применяют для внутренних сетей производственной канализации, соединяются эти трубы хризотилцементными муфтами с резиновыми кольцами.

Приёмники сточных вод выполняют в виде открытых сосудов или воронок, которые собирают загрязнённую воду и транспортируют ее за пределы здания. Различаются они по ряду признаков: по назначению, функциональным режимам, конструктивным решениям и техническим характеристикам. К основным техническим характеристикам относятся размеры, объем (вместимость), акустические показатели (частота и уровень шума, возникающего при эксплуатации прибора), монтажное положение, химическая и термическая стойкость внутренней поверхности прибора, надежность в работе, долговечность, эстетичность внешнего вида. Каждый приёмник сточных вод, кроме унитаза, оборудуется выпуском, закрываемым решеткой, проводное сечение которой на менее сечения отводной трубы, и гидравлическим затвором (сифоном) (рисунок 5.6) [10].

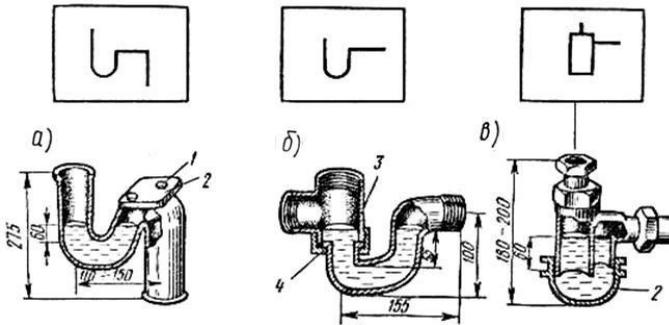


Рисунок 5.6 – Схемы гидрозатворов (сифонов) [11]:

a, б – U-образные гидрозатворы; *в* – бутылочный гидрозатвор; 1 – болт; 2 – крышка; 3 – тройник; 4 – накидная гайка

Изготавливают приёмники сточных вод из керамики (фаянса и фарфора) с глазурованной внутренней поверхностью (унитазы, ванны, умывальники), эмалированного чугуна, стали и пластмассы (приложение Г).

Внутренние водостоки отводят дождевые и талые воды с кровли по трубопроводам, расположенным внутри здания. Монтируют их из напорных чугунных, хризотилцементных, пластмассовых труб. Внутренние водостоки состоят из приемников атмосферных вод – водосточных воронок (рисунок Г.10); стояков, выпусков, устройств для прочистки.

Порядок выполнения работы

1 Составить эскизы пяти выбранных образцов соединительных фасонных частей раструбных канализационных труб.

2 Для каждого изученного образца выполнить замеры внутреннего и наружного диаметров, толщины стенки и другие измерения в зависимости от вида образца.

3 Записать точную маркировку по ГОСТ изученных образцов, с указанием материала и всех типовых размеров.

4 Произвести анализ изученного и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Перечислить виды соединений канализационных труб для монтажа внутренних сетей.

2. Чем отличаются канализационные чугунные трубы от водопроводных чугунных труб?

3. Назначение ревизии и прочистки.

4. Назначение гидравлического затвора в приёмнике сточных вод.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ
ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Цель работы: ознакомиться с основными причинами неисправности внутренних систем водоснабжения и водоотведения и мероприятиями по их устранению.

Приборы и материалы: прибор для измерения уровня шума, секундомер, стенды и плакаты.

Краткие сведения из теории

Основными задачами эксплуатации водопроводных сетей являются:

- обеспечение подачи воды ко всем потребителям с нужным напором, в нужном количестве и требуемого качества;
- недопущение утечек и замерзания воды в трубах;
- предотвращение отпотевания труб и образования конденсата;
- устранение шумов в системе водопровода.

Для этого системы водопроводов систематически осматривают, выявленные недостатки устраняют 1 раз в месяц. Проверяют состояние напора на вводе подключением манометра к контрольно-спускному крану водомерного узла. Технический осмотр сети производится 1–2 раза в квартал, одновременно выполняется текущий и профилактический ремонт оборудования.

Проверяют состояние работы системы горячего водоснабжения, выполняя замеры температуры воды в подающих стояках и местах водоразбора, у водонагревателей, в циркуляционной магистрали.

Особое внимание уделяют устранению утечек. Утечки могут быть видимые и невидимые. Видимые происходят через водоразборные неисправные краны и смывные бачки, невидимые утечки – через соединения труб, проложенных в панелях, каналах, земле и т.д.

Для снижения утечек и непроизводительных расходов воды производятся следующие мероприятия:

- стабилизация напоров – установка регуляторов давления в квартирах, на этажах и на вводе в здание;
- зонирование системы водоснабжения для здания с повышенной этажностью;
- улучшение гидрометрических характеристик арматуры;
- постоянное поддержание исправности арматуры;
- предотвращение замерзания воды в трубах, утепление труб в неотапливаемых помещениях;
- отопление труб лампами, паром, горячей водой или электропрогревом;
- предотвращение отпотевания труб посредством уменьшения влажности воздуха в помещении.

Причиной шума в водопроводе являются: неисправность в арматуре; скорость воды в трубе >3 м/с; сужение внутреннего сечения трубы; большие напоры при водоразборной арматуре; шум насосов и двигателей; вибрация незакрепленных к конструкции здания труб и т.д.

При эксплуатации обязательно ведется книга ремонта, в которую заносятся все замеченные недостатки и их устранение.

Для сети горячего водоснабжения при удлинении участков более чем на 50 мм необходимо устанавливать специальные компенсаторы.

Теплоизоляция трубопроводов и оборудования применяют для избежания теплопотерь на всех подающих и циркуляционных трубах, кроме подвоя к водоразборной арматуре. В верхних участках сети горячего водоснабжения предусматривается выпуск воздуха из системы.

Основными составными элементами эксплуатации системы водоотведения являются:

- периодическая прочистка и промывка сети;
- предотвращение засорения и замерзания сети;
- предупреждение проникновения газов из водоотведения.

Засорение канализационной сети происходит в тех случаях, когда в нее вместе со сточными водами попадают различные отбросы и при малых расходах сточных вод закупоривают водяные затворы сантехнических приборов и трубопроводов. Во избежание засорений их необходимо периодически промывать горячей водой и прочищать через ревизии, а выпуски – через stormовые колодцы с помощью ершей.

Основными задачами эксплуатирующих организаций являются:

- наблюдение за системами и устранение неполадок, вызывающих перебои в подаче воды потребителю;
- контроль за потреблением воды и давлением на вводах и в системах;
- предотвращение замерзания воды в трубопроводах системы;
- защита трубопроводов от коррозии и зарастания;
- борьба с шумом, возникающим при работе системы.

Контроль и технический осмотр систем должен быть не реже 1 раза в месяц. Технический осмотр всей сети – 1–2 раза в квартал.

Шум отрицательно действует на здоровье человека и является причиной нервных расстройств и болезней, поэтому санитарные нормы ограничивают уровень шума в различных помещениях жилых и общественных зданий до 25–40 дБ (децибел). Источниками шума в системах водоснабжения и канализации зданий могут быть любые элементы систем, начиная с водомерного узла (особенно при установке регуляторов давления) и кончая водоразборной арматурой и санитарно-техническим оборудованием.

Сравнительные акустические характеристики различных видов оборудования систем водоснабжения и водоотведения, полученных в лабораторных условиях при размещении микрофонов прибора (приложение Д) для измерения шума на расстоянии 0,5 м от источников шума в децибелах:

смывные бачки (наполнение).....	51–75,5;
смывные краны.....	60–85;
ванны (наполнение).....	50–78;
водоразборная арматура.....	36–58;
поквартирный регулятор давления...	61–91;
насосные установки	60–90.

При эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения принимаются основные технические решения по снижению шума. Для этого необходимо выявить:

- источники шума;
- возможную степень нарушения допустимых уровней шума;
- причину возникновения шума (природу шума);
- пути распространения шума.

Шумы в строительной акустике принято подразделять на воздушные, ударные и структурные.

Шум от водопроводно-канализационного оборудования может распространяться различными путями (рисунок 8.1):

- по воздуху, вызывая вибрацию ограждающих конструкций, которые в свою очередь излучают шум в смежные помещения;
- по конструктивным элементам здания (фундаментам);
- по стенкам трубопроводов;
- через жесткие стыки трубопроводов и их креплений с конструкциями зданий;
- по воде или другой транспортируемой среде;
- по «акустическим мостикам».

Акустическими мостиками могут быть твердые предметы (строительный мусор, подводка электропитания и т.п.), соединенные жестко со строительными конструкциями и источниками вибрации и шума.

Методы борьбы с шумом санитарно-технического оборудования подразделяются на пассивные и активные. Пассивные методы основаны на признании существования источников шума и заключаются в изыскании способов ограничения его распространения. К пассивным методам борьбы с шумом оборудования относятся:

1 Устранение передачи вибрации и звука по строительным конструкциям и в том числе звуко- и виброизоляционные мероприятия при устройстве оснований под насосы и другие агрегаты.

2 Звуко- и виброизоляция трубопроводов.

3 Увеличение звукоизолирующей способности ограждающих конструкций.

Активные методы предполагают устранение возможности возникновения шума в самом источнике:

1 Выбор малошумного оборудования.

2 Обеспечение режимов и условий работы оборудования и систем, способствующих уменьшению шума (снижение давления на подводках к водо-разборной арматуре).

3 Устранение условий возникновения шума в самом оборудовании и арматуре.

4 Обеспечение наименьшего уровня шума в жилых помещениях.

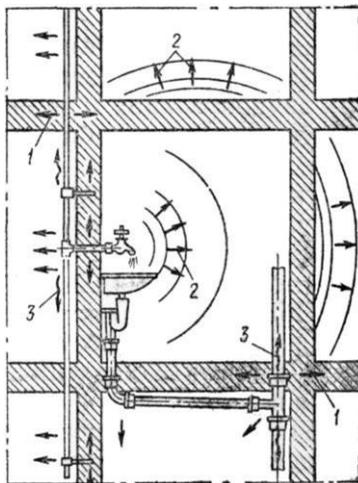


Рисунок 8.1 – Распространение шума от оборудования систем водоснабжения и водоотведения [11]:

1 – корпусный шум; 2 – воздушный шум; 3 – передача вибрации и шума по трубопроводам

Решить задачу уменьшения шума, используя только пассивные мероприятия, часто невозможно, а наиболее эффективным надо считать комплексный подход (приложение Д).

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить основные положения по эксплуатации систем водоснабжения и мероприятиями по их устранению.
- 2 Изучить основные положения по эксплуатации систем водоотведения и мероприятиями по их устранению.
- 3 Произвести серию экспериментов, зафиксировать уровень шума и времени наполнения смывного бачка, крана, ванны, работы водоразборной арматуры.
- 4 Результаты измерений занести в таблицу 8.1.
- 5 Построить график $t = f(\text{УР})$ зависимости времени наполнения от уровня шума.
- 6 Произвести анализ полученных результатов и записать вывод по работе.

Таблица 8.1 – Результаты измерений

Номер эксперимента	Уровень шума, дБ	Время наполнения, с	Наименование прибора

Контрольные вопросы

- 1 Перечислить неисправности систем водоснабжения.
- 2 Перечислить неисправности систем водоотведения.
- 3 Перечислить основные направления распространения шума от систем водоснабжения и водоотведения.
- 4 Перечислить пассивные и активные методы борьбы с шумом.

Практическое занятие № 16

Очистка сточных вод методом электрофлотации

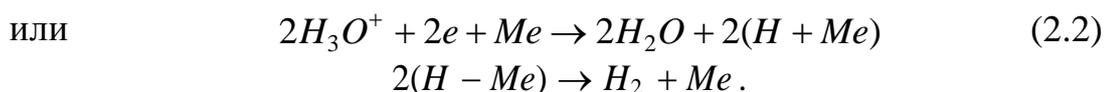
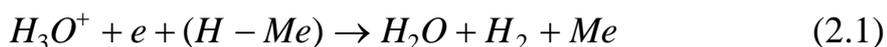
Общие положения

Флотация – это процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз: газа (воздуха) и жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания. Процесс очистки сточных вод методом флотации заключается в образовании комплексов «частицы-пузырьки», их всплывании и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности жидкости [3].

Для осуществления процесса флотации используют несколько способов диспергирования газа в воде, одним из которых является электрический. При нем насыщение воды пузырьками газа достигается электролизом воды. Различают следующие виды электрообработки сточных вод: удаление растворенных и взвешенных примесей органического и неорганического происхождения электролизом сточных вод с использованием растворимых (железных или алюминиевых) электродов – анодов; удаление взвешенных, частично растворенных загрязнений с использованием нерастворимых электродов; удаление растворенных примесей с использованием анодного окисления и катодного восстановления, сопровождаемых образованием нетоксичных

(малотоксичных), а в некоторых случаях – нерастворимых в воде продуктов, выпадающих в осадок [3].

Процесс электролиза воды в кислой среде (при $\text{pH} < 7$) включает две основные стадии. На первой происходит разряд ионов гидроксония на катоде с образованием атомарного водорода, адсорбированного на его поверхности. На следующей стадии – рекомбинация его в молекулярный. В зависимости от материала электродов и параметров электролиза может преобладать каталитический или электрохимический механизм процесса:

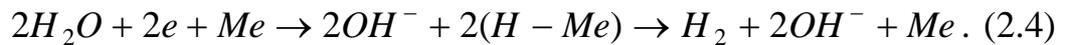


На аноде в этих условиях идет разряд молекул воды [3]:

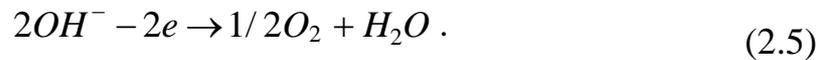


Электролиз воды в щелочной среде происходит при недостаточности катионов водорода, путем прямого восстановления молекул воды на

поверхности катода. В результате этой реакции образуется атом гидроксида и адсорбированный атомарный водород, затем рекомбинирующий в молекулярный по схеме [3]:



Анодный процесс в данном случае определяется разрядом гидроксидов [3]:



Таким образом, в процессе электролиза сточной воды на катоде выделяется водород, а на аноде – кислород. Основную роль в процессе флотации играют пузырьки, выделяющиеся на катоде. Размер пузырьков зависит от величины краевого угла смачивания, кривизны поверхности электрода и его конфигурации. При использовании нерастворимых электродов пузырьки выделяющихся газов сорбируют на своей поверхности загрязнения и поднимаясь вверх, выносят их на поверхность жидкости [3].

Конструкция электродной системы в электрофлотаторе позволяет равномерно распределить пузырьки газа по всему объему флотокамеры, что повышает коэффициент использования ее объема, а значит и эффективность очистки. При электрофлотации образуются только мелкие пузырьки газа практически одного размера, обладающие высокой адгезионной активностью и всплывающие при ламинарном режиме, что также способствует повышению эффективности очистки сточных вод [3].

Основным недостатком электрохимических методов очистки сточных вод является их высокая энергоемкость, поэтому их применяют при расходе сточных вод не более 1000 м³/сут [3].

Метод электрофлотации применяют для очистки производственных сточных вод от поверхностно-активных веществ (природных и синтетических), жиров, нефтепродуктов и т.п. Плотность тока при электрофлотации составляет 0,75–3 А/дм² [3].

Для очистки сточных вод от красителей и ПАВ используется метод электрохимической деструкции при плотности тока 1–2 А/дм². Сила тока при электрофлотации I , А, определяется по формуле [3]:

$$I = J_a \cdot F, \quad (2.6)$$

где J_a – анодная плотность тока, А/дм²; F – площадь электродов, дм².

Удельные затраты электроэнергии W , Вт-ч/л, определяются по формуле [3]:

$$W = \frac{I \cdot U \cdot t}{V}, \quad (2.7)$$

где U – напряжение, В; t – продолжительность электрообработки, ч; V – объем обрабатываемой жидкости, л.

Эффект очистки при электрообработке \mathcal{E} , %, определяется по формуле [3]:

$$\mathcal{E} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%, \quad (2.8)$$

где C_1 и C_2 – концентрация загрязняющего вещества в исходной и обработанной воде, мг/л.

Цель работы

Целью данной работы является изучение процессов очистки сточных вод методом электрофлотации.

Практическое оборудование

Для проведения данной практического занятия необходимо иметь: электрофлотатор; источник питания с устройством управления; секундомер; спектрофотометр.

Описание практической установки

Схема практической установки представлена на рис. 2.1. Лабораторная установка состоит из модели электрофлотатора и источника питания типа НУ3005. Модель электрофлотатора выполнена из оргстекла и состоит из двух флотокамер 1, отстойной камеры 2 и пеносборного кармана 3. Во флотокамерах установлены электродные блоки, состоящие из нерастворимых анодов 4 и катодов 5. В перегородках, разделяющих флотокамеры, отстойную камеру и пеносборник, имеются щелевые отверстия 6, через которые обработанная жидкость из флотокамер 1 поступает в отстойную камеру 2, а образовавшийся в флотокамерах пенный продукт – в пеносборник 3. Электрофлотатор сверху закрыт крышкой 7, в которой имеются отверстия 8, через которые выделяющийся в процессе электрофлотации газ отводится в систему вентиляции. В отстойной камере 2 имеется патрубок 9, по которому обработанная в электрофлотаторе жидкость отводится в емкость 11. Из пеносборника 3 пенный продукт отводится через патрубок 10.

Флотокамеры имеют размеры 65×55×160 мм и объем 0,52 л; камера отстаивания – 130×50×160 мм и объем 1,04 л; пеносборник имеет размеры 105×40×160 мм и объем 0,6 л. Электроды имеют размеры 65×35 мм; расстояние между электродами составляет 15 мм [3].

Электропитание практической установки осуществляется от источника питания НУ3005, который представляет высокостабильный регулируемый агрегат питания постоянного тока с регулируемым выходным напряжением и регулируемым выходом по току.

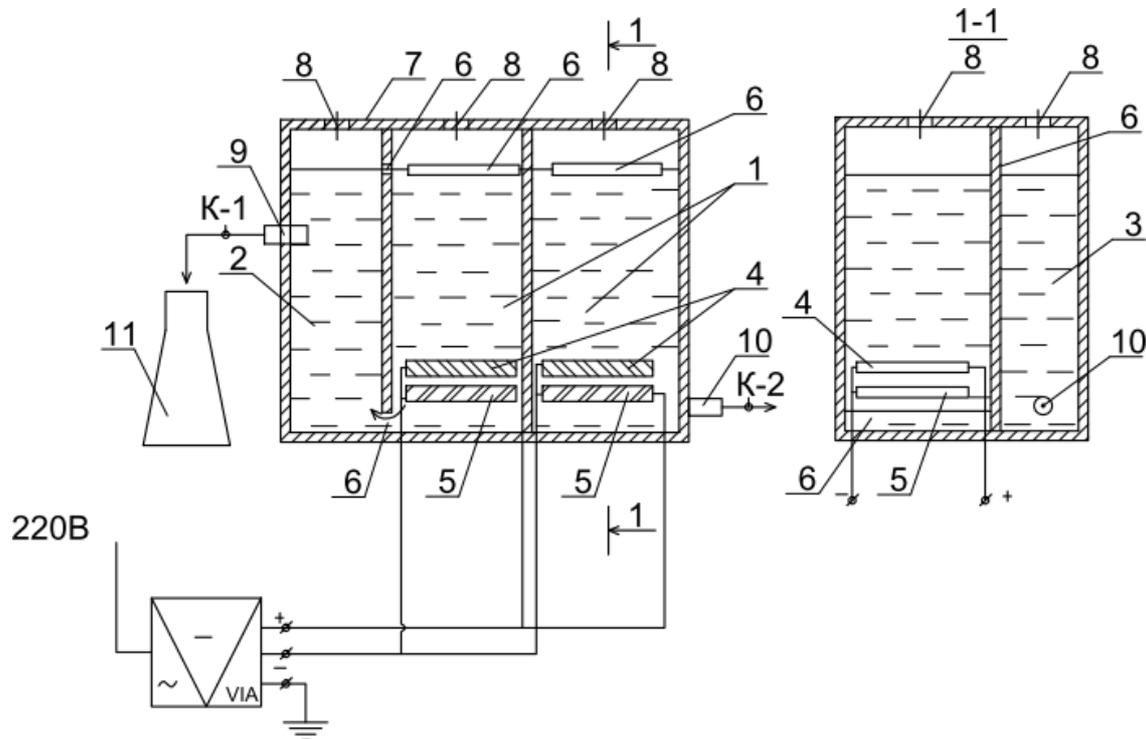


Рис. 2.1. Схема практической установки

Прибор имеет цифровую индикацию напряжения от 0 до 30 В и тока — от 0 до 5 А. Источник питания НУ 3005 предназначен для стабилизации постоянного напряжения или тока в зависимости от установленного режима, имеет плавную регулировку выходного напряжения и тока, которая осуществляется с передней панели и имеет грубую и точную настройку. Предусмотрена работа прибора как с изолированным выходом, так и при заземлении клеммы любой полярности. Прибор имеет защиту от короткого замыкания. В приборе использована линейная схема преобразования переменного напряжения в стабилизированное напряжение постоянного тока заданной силы [3].

Включение прибора с ограничением по току [3]:

- а) подключить прибор к заземляющему контуру через терминал подключения заземления 9;
- б) подключить шнур питания прибора к сети однофазного переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц;
- в) установить ступенчатый регулятор напряжения 6 и плавный регулятор напряжения 5 по часовой стрелке на максимальную позицию;

г) установить ступенчатый регулятор тока нагрузки 4 и плавный регулятор тока нагрузки 3 против часовой стрелки на минимальную позицию.

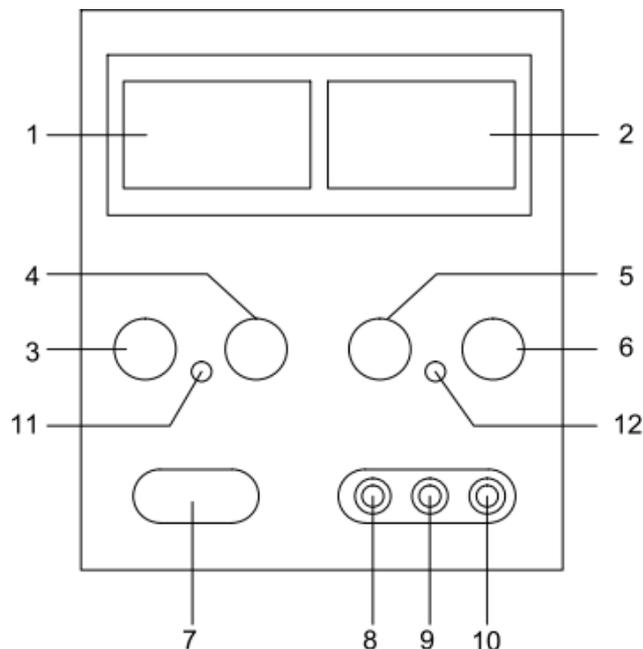


Рис. 2.2. Передняя панель прибора НУ 3005:

1 – цифровая шкала амперметра; 2 – цифровая шкала вольтметра; 3 – плавный регулятор тока нагрузки; 4 – ступенчатый регулятор тока нагрузки; 5 – плавный регулятор напряжения; 6 – ступенчатый регулятор напряжения; 7 – выключатель; 8 – отрицательный выходной терминал; 9 – терминал подключения заземления; 10 – положительный выходной терминал; 11 – светодиодный индикатор выходного тока; 12 – светодиодный индикатор выходного напряжения

- д) включить прибор ⁷ выключателем 7;
- е) подсоединить электрофлотатор комплектом соединительных проводов на выходные терминалы 8 и 10;
- ж) ступенчатым регулятором тока нагрузки 4 и плавным регулятором тока нагрузки 3 установите заданный выходной ток.

Порядок проведения работы

Изучение метода электрофлотации производится применительно к очистке сточных вод от синтетических красителей. До начала лабораторной работы приготавливают шкалу растворов красителя с концен-

трациями 5,10,20.50 и 100 мг/л. Каждый раствор фотометрируют на спектрофотометре КФК. По результатам фотометрирования строится калибровочный график [3].

С электрофлотатора снимают крышку 7 и заполняют его сточной водой, загрязненной красителем в концентрации 50–100 мг/л. Для определения точной концентрации красителя отбирают пробу раствора, на спектрофотометре КФК определяют его оптическую плотность и по калибровочной кривой – концентрацию красителя в исходном растворе. Полученные значения записывают в табл. 2.1. Крышку закрывают и проверяют надежность всех электрических соединений и заземление выпрямителя [3].

Параметры «плотность тока» и «продолжительность обработки» принимаются по заданию. Рекомендуемые значения плотности тока 1–3 А/дм², время обработки 5–25 минут [3].

Внимание: в случае короткого замыкания на выходе ток ограничится величиной, установленной текущими элементами управления, тем не менее устройство должно быть выключено, а короткое замыкание устранено.

Используя формулу (2.6) определяют силу тока, которая должна быть установлена в цепи электрофлотатора после его включения, и записывают эту величину в табл. 2.1. Включают источник питания и регуляторами тока нагрузки устанавливают заданное значение тока нагрузки, начиная с минимальной величины. Через интервалы времени 5, 10, 15, 20 и 25 минут открытием крана К-1 отбирают пробы жидкости, и на спектрофотометре КФК определяют величину оптической плотности. По калибровочной кривой определяют концентрацию красителя, и полученные значения заносят в табл.2.1.

Таблица 2.1

Номер опыта	Анодная плотность тока, А/м ²	Сила тока, А	Напряжение, В	Продолжительность обработки, ч	Концентрация красителя, мг/л	
					в исходном растворе	в обработанном растворе
1	2	3	4	5	6	7

Затем увеличивают плотность тока и повторяют опыты в описанной выше последовательности. По окончании опытов прибор выключают и обесточивают выдернув вилку из розетки. Отсоединяют соединительные провода электродного блока от выходных терминалов. Снимают крышку

вместе с электродными блоками. Электрофлотатор опорожняют и промывают водой.

Обработка опытных данных и составление отчета

По формуле (2.7) определяются удельные затраты электроэнергии, а по формуле (2.8) – эффект очистки. Результаты расчетов заносятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Номер опыта	Анодная плотность тока, A/m^2	Продолжительность обработки, $t, ч$	Эффект очистки, $\mathcal{E}, \%$	Удельные затраты электроэнергии, $W, \frac{Вт \cdot ч}{л}$
1	2	3	4	5

По данным табл. 2.2 для каждого значения анодной плотности тока строится график зависимости $\mathcal{E} = f(t)$. По данным графикам определяется оптимальная плотность тока, для которой строится график зависимости $W = f(t)$.

Дается заключение об оптимальных режимах работы установки и эффективности очистки воды электрофлотацией.

Меры безопасности при проведении практического занятия

При проведении практического занятия на электрофлотационной установке необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе с электрическими приборами. Студенты, выполняющие данную лабораторную работу, должны пройти инструктаж по технике безопасности при работе с электроприборами. Так как при электролизе жидкости выделяются газы (водород, кислород), электрофлотатор должен иметь систему вытяжной вентиляции или должен быть установлен в вытяжном шкафу [3].

Источник питания должен располагаться в сухом, отапливаемом помещении, где отсутствуют любые агрессивные пары, вдали от предметов, излучающих тепло. К нему необходимо обеспечить свободный доступ воздуха. Источник питания должен быть заземлен.

Перед началом практического занятия необходимо произвести внешний осмотр источника питания, ознакомить студентов с расположением элементов управления и индикации измерительных данных

источника питания НУ-3005, объяснить правила включения и выключения, порядок установки требуемых величин силы тока и напряжения [3].

Категорически запрещается [3]:

- работать с незаземленным источником питания;
- нарушать правила его эксплуатации (включение, выключение, регулирование параметров);
- производить ремонт при включенном в сеть источнике питания;
- дотрагиваться до находящихся под напряжением контактов;
- снимать крышку электрофлотатора во время его работы;
- работать с электрофлотатором в местах, не оборудованных принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Практическое занятие № 17

Очистка сточных вод методом ультрафильтрации

Общие положения

При разделении различных технологических растворов, их концентрировании, очистке природных и сточных вод успешно применяется баромембранная технология разделения, которая отличается от традиционных методов разделения отсутствием фазового перехода, возможностью проведения ее при температуре окружающей среды, относительной простотой конструкции аппаратов. Ультрафильтрация является одним из баромембранных методов разделения, осуществляемых за счет разности давления до и после мембраны. Классификация ультрафильтрационных процессов осуществляется либо по размеру задерживаемых частиц, либо по задерживаемой массе.

По размеру пор мембран и, соответственно, размеру задерживаемых примесей различают: микрофильтрацию (размер пор 0,01–1 мкм), ультрафильтрацию (0,001–0,01 мкм), нанофильтрацию (0,0001–0,001 мкм) и обратный осмос ($< 0,0001$ мкм) [4].

Все виды мембран имеют определенные требования к качеству исходной воды. Наименее требовательными являются мембраны микро- и ультрафильтрации, допускающие обработку хлорированной воды, относительно высокое содержание взвешенных частиц и работу в широком диапазоне рН (от 1 до 13). Для мембран нанофильтрации и обратного осмоса обычно требуется предварительная обработка воды, заключающаяся в удалении взвешенных частиц, растворенного железа и нейтрализации окислителей. Поэтому микро- и ультрафильтрацию применяют как для подготовки питьевой воды, так и для очистки сточной воды,

а нанофильтрацию и обратный осмос – только для подготовки питьевой воды [4].

Задержание ультрафильтрационной мембраной растворенных молекул или диспергированных частиц происходит вследствие того, что размер частиц больше размера пор в мембране, а также за счет адсорбции частиц поверхностью мембран и вследствие блокирования частиц внутри пор. Основной является первая причина.

Принципиальное различие процессов фильтрования и ультрафильтрации заключается в том, что при фильтровании извлекаемые из воды частицы остаются либо на поверхности, либо в объеме фильтрующей среды, которую либо периодически заменяют (медленные и намывные фильтры), либо регенерируют обратной промывкой (скорые фильтры). При ультрафильтрации образуются два раствора: фильтрат (пермиат) и концентрат, обогащенный удаляемым веществом [4].

Ультрафильтрация осуществляется при давлении 0,1–0,6 МПа. Эффективность ультрафильтрации в значительной степени зависит от проницаемости мембраны и ее способности задерживать какое-либо вещество и характеризуется коэффициентом задержания (селективностью).

Проницаемость G , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, определяется по формуле [4]:

$$G = W_{\phi} / F_{\text{м}} \cdot t, \quad (3.1)$$

где W_{ϕ} – объем фильтрата, м^3 ; $F_{\text{м}}$ – площадь мембран, м^2 ;
 t – продолжительность опыта, ч.

Селективность φ , %, определяется по формуле [4]:

$$\varphi = \frac{C_0 - C_K}{C_0} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где C_0 – концентрация растворенного вещества в воде, поступающей на очистку, мг/л ; C_K – концентрация данного вещества в фильтрате, мг/л .

Цель работы

Целью данной работы является изучение процессов очистки сточных вод методом ультрафильтрации.

Практическое оборудование

Для проведения данной практической работы необходимо иметь: секундомер; лабораторную установку УПЛ- 0,6; мерный стеклянный

цилиндр объемом 100 мл; оборудование для определения минерализации воды (сухой остаток).

Описание практической установки

Лабораторная ультрафильтрационная установка УПЛ-0,6 состоит из прибора с кронштейном для крепления разделительного аппарата АР-0,2Н, соединительных шлангов, вентиля и манометров [4]. Схема практической установки приведена на рис. 3.1.

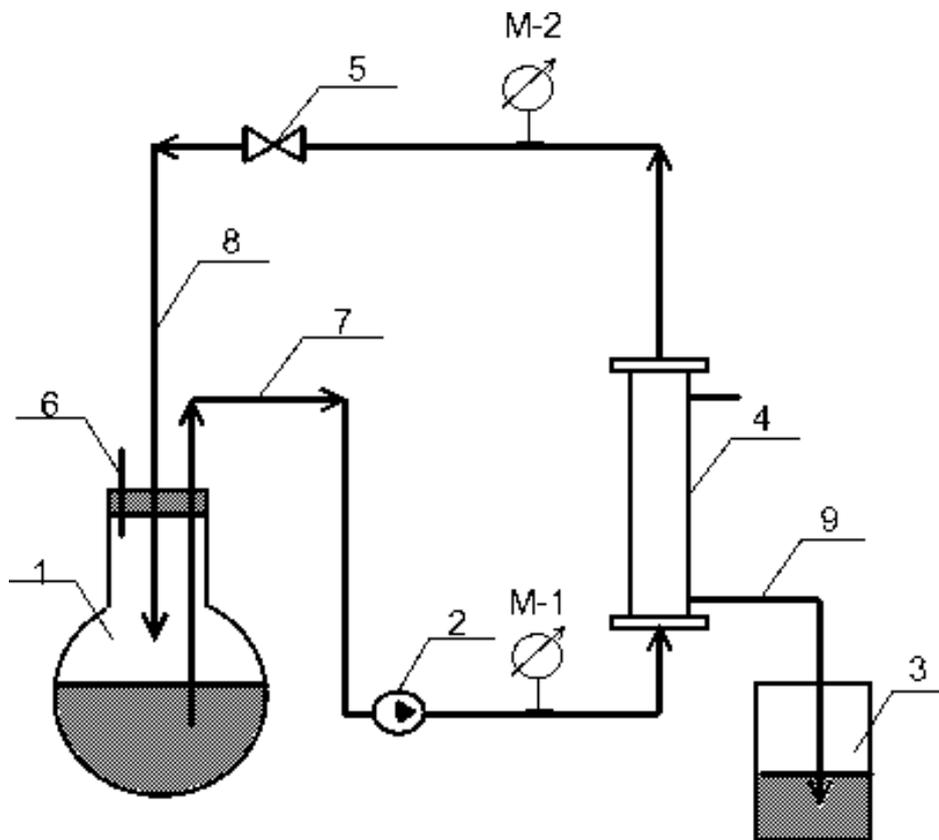


Рис. 3.1. Схема ультрафильтрационной установки

Лабораторная установка состоит из емкости исходной жидкости 1, перистальтического насоса 2, емкости фильтрата 3 и аппарата разделительного на полых волокнах АР-0,2Н 4 с площадью фильтрования $0,1 \text{ м}^2$. Для измерения давления на входе и выходе из аппарата 4 установлены манометры М1 и М2. Из емкости 1 исходная жидкость по трубопроводу 7 поступает в насос 2. На циркуляционном трубопроводе 8 установлен подпорный вентиль 5. Трубопровод 6 служит для удаления газа из емкости 1. Установка работает по замкнутой схеме «емкость 1 – насос – разде-

лительный аппарат – емкость 1». Технические характеристики ультрафильтрационной установки УПЛ-0,6 приведены в табл. 3.1 [4].

Ультрафильтрационный разделительный аппарат АР-0,2Н представляет собой прозрачный цилиндр из органического стекла, в котором расположен пучок параллельно уложенных полых волокон. Концы волокон герметично закреплены в корпусе аппарата заливочным композитом. Раствор подается и отводится из корпуса аппарата АР-0,2Н через торцевые штуцеры. Фильтрат отводится через боковые штуцеры [4].

Работа электродвигателя насоса Н1 регулируется блоком питания, который позволяет изменять скорость его вращения. Рабочее давление ультрафильтрации устанавливается подпорным вентилем 5 и контролируется манометром М2. Перепад давления в разделительном аппарате определяется разностью показаний манометров М-1 и М-2 [4].

На рис. 3.2 представлен внешний вид передней панели прибора АПЛ-0,6.

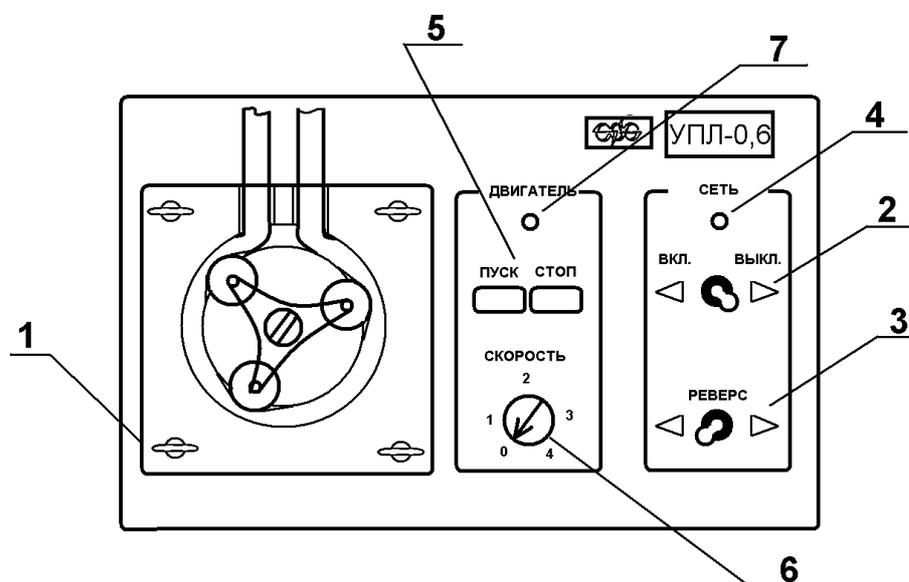


Рис. 3.2. Передняя панель прибора АПЛ-0,6:

1 – посадочное гнездо для крепления перистальтического насоса; 2 – выключатель питания прибора «ВКЛ./ВЫКЛ.»; 3–переключатель «РЕВЕРС», меняющий направление вращения вала насоса; 4 – индикатор питания; 5 – выключатель «ПУСК/СТОП» двигателя; 6 – регулятор частоты вращения двигателя насоса; 7 – индикатор включения двигателя

На передней панели прибора с помощью четырех винтов крепится перистальтический насос. В корпусе прибора смонтирован блок питания электропривода перистальтического насоса, электродвигатель постоянного тока и редуктор. Блок питания состоит из силового понижающего трансформатора, выпрямителя, стабилизатора постоянного напряжения, регулятора частоты вращения электропривода. Блок питания предназначен

для выпрямления переменного напряжения 220В в пониженное постоянное напряжение от 0,1В до 40В, питающее электродвигатель постоянного тока с понижающим редуктором, который предназначен для создания вращающего момента на валу перистальтического насоса [4].

Таблица 3.1

Технические характеристики	Пределы измерения
Производительность по дистиллированной воде при давлении 0,1МПа и температуре +20°С, л/ч	9,5 – 26,5
Площадь фильтрования, м ²	0,2
Максимальное рабочее давление, МПа	0,2
Габаритные размеры аппарата АР-0,1Н (длина, диаметр), мм	510×45
Тип волокна	ВПУ-15ПА по ТУ6-06-31-529-86
Метод стерилизации	Химический: смесь 1% раствора муравьиной кислоты и 3% перекиси водорода, а затем 3%-й раствор перекиси водорода
Напряжение питания, В	220 ±10%
Выходное напряжение блока питания, В	0,1 – 40
Выходной ток, А	0 – 5
Световая индикация включения в сеть	Есть
Световая индикация включения электродвигателя 8	Есть
Масса, кг	7
Габаритные размеры, мм	410×610×420

На задней панели прибора расположены четыре сменных предохранителя, штепсельный разъем крепления сетевого шнура, гнездо для подключения заземления. Аппарат разделительный АР-0,2Н оборудован двумя манометрами на давление $P_{\text{макс}}=16 \text{ кгс/см}^2$ с фланцевым креплением; вентилем подпорным с фланцевым креплением, регулирующим перепад давления на разделительном аппарате; кронштейном крепления.

Перед началом работы практической установки необходимо убедиться в исправности электрического и насосного оборудования. Перед

запуском этой установки требуется произвести технологическое обслуживание аппарата АР-0,2Н. Если в установке используется новый разделительный аппарат в заводской упаковке, то его необходимо расконсервировать. Для удаления консерванта с волокон необходимо промыть аппарат дистиллированной водой в течение 30 минут при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и давлении 0,1МПа [4].

По окончании практического занятия необходимо провести прямую и обратную промывку аппарата дистиллированной водой в течение 10 минут, затем 1%-м раствором едкого натрия в течение 30 минут и вновь дистиллированной водой до нейтральной реакции.

Температура воды и раствора щелочи не должна превышать $+20^{\circ}\text{C}$. Регенерация волокон осуществляется при давлении 0,1 МПа [4]. Если промежуток между лабораторными работами не превышает двух суток, то аппарат АР-0,2Н заливается дистиллированной водой. При более длительном интервале между лабораторными работами производится консервация волокон, для чего в аппарат АР-0,2Н заливается консервант, который состоит из 5% формалина, 30% глицерина и 65% воды. Через 8 часов консервант удаляется [4].

Стерилизация аппарата АР-0,2Н производится при очистке сточной воды от биологически активных веществ. После стерилизации аппарат АР-0,2Н в течение 10 минут промывается дистиллированной водой при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и давлении 0,1МПа [4].

Порядок проведения практического занятия

Перед началом практического занятия необходимо [4].

- приготовить модельный раствор (поваренная соль в водопроводной воде);
- проверить заземление установки, надежность крепления соединительных шлангов; 8
- полностью открыть подпорный вентиль 5;
- регулятор «СКОРОСТЬ» установить в минимальное положение;
- переключатель «РЕВЕРС» установить в крайнее левое положение путем вращения против часовой стрелки.

Проведение практического занятия [4]:

- залить в емкость 1 хорошо перемешанный модельный раствор;
- из емкости 1 отобрать пробу жидкости для определения ее минерализации;
- подключить сетевой шнур установки к сети переменного тока;
- включить электропитание установки, установив тумблер «СЕТЬ» в положение «ВКЛ»;
- включить двигатель насоса кнопкой «ПУСК»;

- регулятором «СКОРОСТЬ» установить подачу жидкости в разделительный аппарат (во избежание разрыва полых волокон увеличивать подачу следует постепенно);
- подпорным вентилем В1 и регулятором «СКОРОСТЬ» по показаниям манометра М2 установить давление 0,05МПа (0,5кгс/см²);
- через 15 минут отобрать пробу фильтрата из емкости 2 для определения минерализации;
- кнопкой «СТОП» остановить насос;
- определить объем фильтрата при помощи мерного цилиндра;
- остаток фильтрата из емкости 3 вылить; емкость промыть водопроводной водой и установить в рабочее положение;
- повторить опыты при давлении 0,1МПа (1 кгс/см²); 0,15МПа (1,5 кгс/см²); 0,2МПа (2 кгс/см²);
- по окончании опытов кнопкой «СТОП» остановить насос, перевести тумблер «СЕТЬ» в положение «ВЫКЛ.», отключить установку УПЛ-0,6 от сети;
- осуществить меры по консервации установки, изложенные в п.3.;
- опорожнить емкости 1 и 3 и промыть их водопроводной водой.

Обработка опытных данных

Результаты опытов заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Результаты опытов и обработки опытных данных

Давление на входе в аппарат АР-0,2Н, МПа	Концентрация солей, мг/л		Объем фильтрата, W_{ϕ} , м ³	Проницаемость, G , м ³ /(м ² ·ч)	Селективность, φ , %
	в исходной воде, C_0	в фильтрате, C_k			
1	2	3	4	5	6

По формуле (3.1) определить проницаемость, а по формуле (3.2) – селективность мембран. Результаты расчетов занести в табл. 3.2.

По данным табл. 3.2 построить графики зависимости $G = f(P_{ex})$ и $\varphi = f(P_{ex})$. По графикам выбрать оптимальное рабочее давление на вводе в аппарат АР-0,2Н.

Меры безопасности при работе на установке УПЛ-0,6

Установка УПЛ-0,6 имеет в своем составе перистальтический насос с электродвигателем постоянного тока, блок питания и разделительный аппарат, работающий под избыточным давлением, поэтому необходимо соблюдать правила эксплуатации электроустановок и сосудов, работающих под давлением [4].

Студенты, выполняющие данную лабораторную работу, должны пройти инструктаж по технике безопасности при работе с электронасосным оборудованием и сосудами (аппаратами), работающими под давлением.

Установка УПЛ-0,6 должна быть установлена в сухом отапливаемом помещении, где отсутствуют любые агрессивные пары, вдали от предметов, излучающих тепло. К установке должен быть обеспечен свободный доступ. Корпус установки УПЛ-0,6 должен быть надежно заземлен [4].

Перед началом работы необходимо произвести внешний осмотр установки УПЛ-0,6, проверить надежность закрепления соединительных шлангов, работу вентиля 5, ознакомить студентов с назначением и расположением органов управления на передней панели прибора, объяснить правила включения и выключения прибора, установки необходимых величин скорости вращения и давления в разделительном аппарате [4].

Во время проведения практического занятия необходимо следить за герметичностью всех соединений, не допуская утечки жидкости. В случае обнаружения утечки необходимо сбросить давление, выключить установку и устранить неисправность [4].

Во избежание разрыва полых волокон, подачу жидкости следует увеличивать медленно, постепенно повышая давление [4].

Во время работы аппарата максимальное рабочее давление не должно превышать 0,2 МПа (2 кгс/см^2) [4].

Категорически запрещается [4]:

- работать с незаземленным блоком питания;
- нарушать правила эксплуатации установки (включения, выключения, регулирования параметров);
- производить ремонт при включенном в сеть блоке питания;
- устранять утечки, не выключив аппарат.

Практическое занятие №18

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ БИОФИЛЬТРА

Общие положения

Биологические фильтры (биофильтры) представляют собой сооружения биологической очистки, в которых сточная вода фильтруется через загрузочный крупнозернистый материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой), образованной колониями аэробных микроорганизмов. Взвешенные вещества, а также коллоидные и растворенные органические загрязнения, содержащиеся в неочищенной сточной воде, при прохождении через фильтрующую загрузку биофильтра сорбируются биопленкой. Густо заселяющие биопленку микроорганизмы окисляют органические вещества и отсюда получают энергию, необходимую для своей жизнедеятельности. Таким образом из сточной воды удаляются органические вещества и одновременно увеличивается масса активной биопленки в теле биофильтра. Оработавшая и омертвевшая биопленка смывается протекающей сточной водой и выносится из биофильтра. Кислород, необходимый для биохимического процесса, поступает в толщу загрузки путем естественной или искусственной вентиляции [5].

Биофильтры могут работать на полную и неполную биологическую очистку. Они классифицируются по различным признакам, основным из которых является конструктивная особенность загрузочного материала. По этому признаку биофильтры делятся с объемной и плоскостной загрузкой. На практике при строительстве очистных сооружений наиболее широкое распространение нашли биофильтры с объемной нагрузкой: капельные, высоконагружаемые, башенные. Капельные биофильтры имеют высоту слоя загрузки 1–2 м, размер фракции загрузочного материала 20–30 мм. Высоконагружаемые биофильтры имеют высоту загрузки 2–4 м, размер фракций загрузочного материала 40–60 мм. Башенные биофильтры из-за большой высоты загрузки (8–16 м) не нашли широкого применения [5].

Гидравлическая нагрузка на биофильтр q_6 м³/м²·сут, определяется по формуле [6]:

$$q_6 = \frac{Q_p}{N_6 F_6} , \quad (4.1)$$

где Q_p – расход сточных вод, м³/сут; N_6 – число биофильтров, шт;

F_6 – площадь биофильтра, м².

Цель работы

Целью данной работы является изучение процессов очистки сточных вод с помощью биофильтра.

Практическое оборудование

Для проведения данной практического занятия необходимо иметь: приборы для определения концентрации в стоках взвешенных веществ весовым методом [2]; приборы для определения БПК_{полн} сточной воды [2]; стеклянные колбы для отбора проб объемом 250 мл; секундомер; мерный цилиндр объемом 0,5 л.

Описание практической установки

Схема практической установки представлена на рис. 4.1.

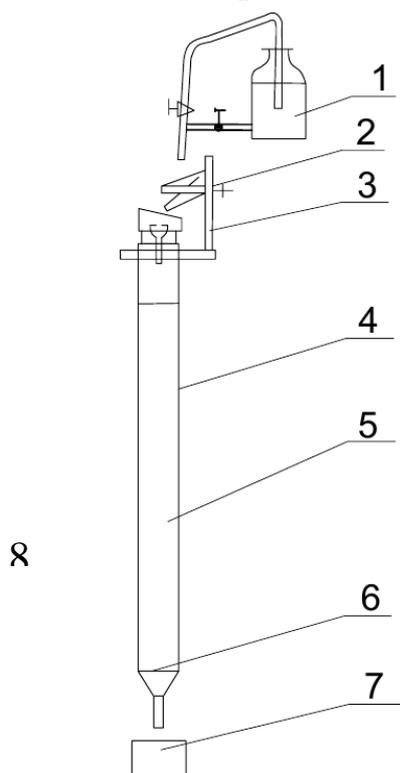


Рис.4.1. Схема практической установки биофильтра

1 – бутылка с неочищенной сточной водой; 2 – опрокидывающийся желоб; 3 – кронштейн; 4 – корпус биофильтра; 5 – фильтрующая загрузка (керамзит); 6 – поддерживающая сетка; 7 – емкость сбора очищенной воды

Модель биофильтра с размерами $11,5 \times 11,5$ см в сечении и высотой 1,2 м выполнена из органического стекла. В модель биофильтра загружен керамзит с крупностью фракций 15–20 мм. Высота слоя загрузочного материала составляет 1 м, а объем загрузки – $13,23 \text{ дм}^3$. Снизу загрузочный материал поддерживается решеткой [5].

Неочищенная сточная вода из бутылки 1 подается в опрокидывающийся желоб 2. При наполнении сточной водой желоб опрокидывается и вода орошает загрузку биофильтра 4. Пройдя сквозь слой загрузочного материала 5, биологически очищенная сточная вода поступает в емкость сбора очищенной воды 7, в которой происходит осаждение отработанной биологической пленки [5].

Расход сточных вод определяется объемным способом [2]. Концентрация взвеси в сточной воде и БПК_{полн} стоков определяются по методикам, изложенным в работе [2].

Методика проведения практического занятия

Отбираются две пробы неочищенных сточных вод объемом по 200 мл каждая. Определяется концентрация взвешенных веществ в неочищенных стоках и БПК_{полн} воды, поступающей на очистку [5].

Включается в работу биофильтр. Определяется расход сточных вод, обрабатываемых в биофильтре. Через 1 час после начала работы из емкости для очищенной воды отбираются две пробы объемом по 200 мл каждая, в которых определяются концентрация взвешенных веществ и БПК_{полн} очищенных сточных вод. [5].

Обработка результатов опытов

По формуле (4.1) определяется нагрузка на биофильтр. Результаты опытов заносятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

№ опыта	Расход сточных вод, Q_p , $\text{м}^3/\text{сут}$	Нагрузка на биофильтр q_b , $\text{м}^3/\text{м}^2$	Концентрация взвеси, мг/л		БПК _{полн} , мг/л	
			в исходной воде	в очищенной воде	в исходной воде	в очищенной воде
1	2	3	4	5	6	7

Практическое занятие № 19

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АЭРОТЕНКА-СМЕСИТЕЛЯ

Общие положения

Аэротенки являются сооружениями биологической очистки сточных вод, в процессе которой органические загрязнения, а также неосаждающиеся тонкодиспергированные и коллоидные вещества сорбируются и окисляются микроорганизмами активного ила. Конструктивно аэротенки представляют собой железобетонные резервуары прямоугольной формы, разделенные продольными перегородками на 2–4 коридора, в которых иловая смесь (смесь сточной воды и активного ила) непрерывно аэрируется воздухом, подаваемым из воздухоподводящей станции. Из аэротенков иловая смесь поступает во вторичные отстойники (ило-отделители), где происходит отделение активного ила от воды. Очищенная вода либо поступает на сооружения глубокой очистки, либо обеззараживается и сбрасывается в водоем [7].

Часть выделенного во вторичных отстойниках активного ила (циркулирующий активный ил) возвращается в аэротенки для поддержания в них требуемой дозы ила, а избыточный активный ил стабилизируется, обезвоживается и утилизируется вместе с осадком первичных отстойников. По гидравлической схеме функционирования аэротенки подразделяются на [7]:

- **аэротенки–вытеснители** с сосредоточенным впуском сточной воды, активного ила и снижающейся нагрузкой на активный ил вдоль аэротенка;
- **аэротенки с рассредоточенным впуском сточной воды и активного ила** с циклически изменяющейся вдоль аэротенка нагрузкой на активный ил;
- **аэротенки-смесители** с одинаковой нагрузкой на ил по всему объему аэротенка.

Качество активного ила зависит от эффективности осветления сточных вод в первичных отстойниках, характера органических загрязнений степени их минерализации, продолжительности аэрации, количества подаваемого воздуха. При прочих равных условиях качество активного ила характеризуется нагрузкой на ил по БПК₅ (или по БПК_{полн}) [7].

Нагрузка на ил q , мг/г·сут, определяется по формуле [6]:

$$q = \frac{24(L_{исх} - L_{оч})}{a \cdot t_{аэп} (1 - S)}, \quad (5.1)$$

где $L_{исх}$ – БПК₅ воды, поступающей на очистку мг/л; $L_{оч}$ – БПК₅

очищенной воды; a – доза ила, мг/л; $t_{\text{аэп}}$ – продолжительность аэрации, ч; S – зольность ила.

Аэротенки-вытеснители применяются при БПК_{полн} сточной воды до 300 мг/л [6]. Возраст ила t , сут, определяется по формуле [6]:

$$t = \frac{t_{\text{аэп}} \cdot a \cdot 1000}{B_{\text{вз}} \cdot 24}, \quad (5.2)$$

где $B_{\text{вз}}$ – концентрация взвешенных веществ в стоках, поступающих на очистку, мг/л.

Продолжительность аэрации $t_{\text{аэп}}$, ч, определяется по формуле [6]:

$$t_{\text{аэп}} = \frac{W_{\text{аэп}}}{Q_p} \quad (5.3)$$

где $W_{\text{аэп}}$ – объем аэротенка, м³; Q_p – расход сточных вод, поступающих в аэротенк, м³/ч.

Удельная скорость окисления γ , мг/г·ч, составляет [6]:

$$\gamma = \gamma_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{исх}} \cdot C}{L_{\text{исх}} + K_L + K_o L_{\text{исх}}} \cdot \left(\frac{1}{1 + \phi a} \right), \quad (5.4)$$

где $\gamma_{\text{max}}=85$ мг/г·ч – максимальная скорость окисления хозяйственно-бытовых стоков [6]; $C=2$ мг/л – концентрация кислорода, растворенного в воде аэротенка [6]; $K_L=33$ мг/л – константа, характеризующая свойства органических загрязнений [6]; $K_o=0,625$ мг/л – константа характеризующая влияния кислорода [6]; $\phi = 0,07$ л/г – коэффициент ингибирования [6].

Цель работы

Целью данной работы является изучение процессов биологической очистки сточных вод с помощью аэротенка-смесителя.

Практическое оборудование

Для проведения данной практического занятия необходимо иметь: секундомер; мерный цилиндр объемом 0,5; стеклянные колбы для отбора проб о бъемом 250 мл; приборы для определения БПК_{полн} сточной воды [2]; приборы для определения концентрации в стоках взвешенных веществ весовым методом [2].

Описание практической установки

Схема практической установки представлена на рис. 5.1.

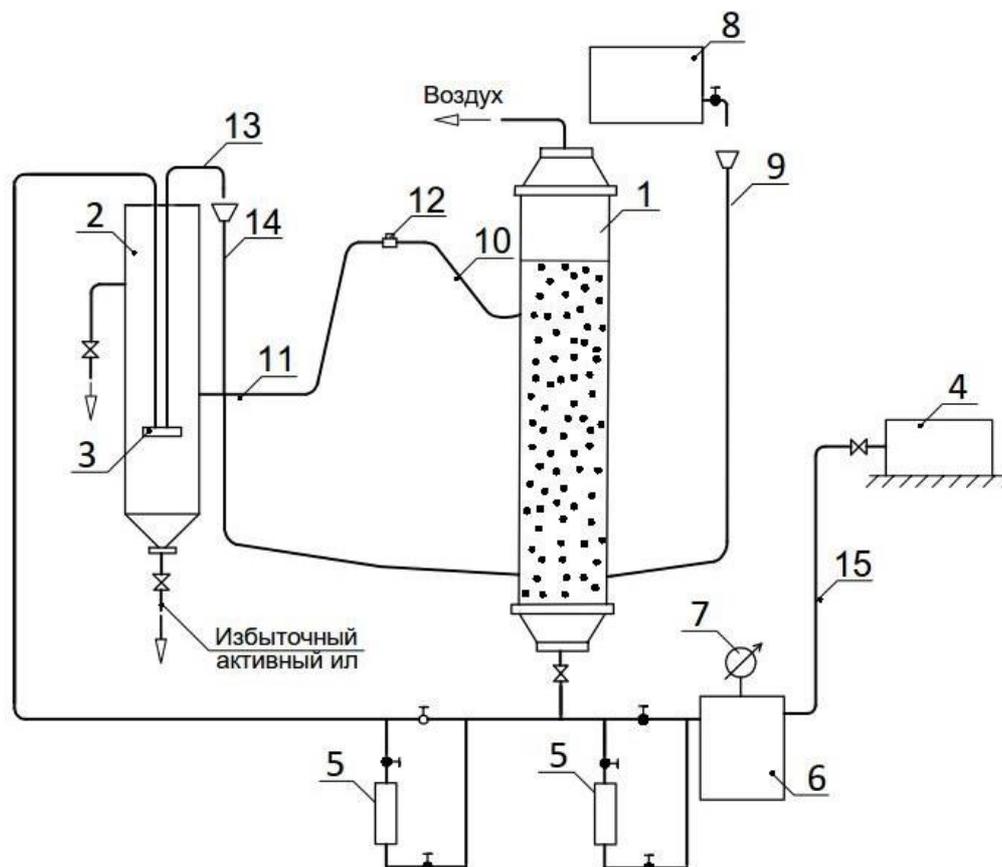


Рис. 5.1. Схема практической модели аэротенка-смесителя

Лабораторная установка состоит из модели аэротенка-смесителя 1, модели вторичного отстойника 2, эрлифта 3, компрессора 4, ротаметра 5, ресивера 6, манометра 7, соединительных шлангов и запорной арматуры.

Модель аэротенка-смесителя выполнена из органического стекла диаметром 10 см и высотой 220 см. В нижней части аэротенка-смесителя имеется фильтр, выполненный из нескольких слоев капроновой ткани.

Вторичный отстойник диаметром 5 см и высотой 125 см без конической части также выполнен из органического стекла. Внизу отстойник заканчивается конусом со штуцером, через который периодически удаляется избыточный активный ил. Штуцер в верхней части отстойника служит для отвода осветленной воды.

Установка работает следующим образом. Сточная вода из бутылки 8 по шлангу 9 поступает в нижнюю часть аэротенка-смесителя 1. Очищенная вода отводится в отстойник 2 по шлангам 10 и 11 через тройник 12 со шлангом, который служит для поддержания в аэротенке заданного уровня

воды. Активный ил из отстойника 2 с помощью эрлифта 3 и шлангов 13 и 14 непрерывно перекачивается в нижнюю часть аэротенка 1. Подача воздуха в установку осуществляется компрессором 4 по шлангу 15 через ресивер 6, на котором установлен манометр 7. Расход воздуха определяется при помощи ротаметров 5.

Методика проведения практического занятия

Данная Практическое занятие проводится следующим образом [7]:

а) объемным методом определяется производительность аэротенка Q_p , м³/ч, результаты измерений заносятся в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Расход сточных вод, л/с	№ опыта			Q_p , м ³ /ч
	1	2	3	

б) в тщательно вымытые колбы отбираются две пробы воды, поступающей на очистку в аэротенк, и две пробы очищенной воды на выходе из этого аппарата, объем проб составляет 150–200 мл; в отобранных пробах определяется концентрация взвешенных веществ по методике, изложенной в работе [2], а также БПК_{полн} по методике, изложенной в работе [2]; полученные данные заносятся в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Показатели	Вода, поступающая на очистку	Очищенная вода
Взвешенные вещества, мг/л	9	
БПК _{полн} , мг/л		

в) из модели аэротенка отбирается проба объемом 100 мл; она перемешивается, а затем отстаивается в течение 30 мин в мерном цилиндре, отстоявшийся слой жидкости удаляется из мерного цилиндра с помощью сифона; по остатку пробы определяется доза ила и его зольность по методикам, изложенным в работе [2]; результаты исследований заносятся в табл.5.3.

Таблица 5.3

Показатели	Единицы измерения	Полученное значение
Доза ила	г/л	
Зольность	%	

Обработка опытных данных

- а) по формуле (5.3) определяется время аэрации;
 б) по формуле (5.1) определяется нагрузка на ил;
 в) по формуле (5.2) определяется возраст ила;
 г) по формуле (5.4) определяется удельная скорость окисления;
 д) эффект очистки в аэротенке $\mathcal{E}_{\text{аэр}}$, %, составляет [6]:

$$\mathcal{E}_{\text{аэр}} = (L_{\text{исх}} - L_{\text{оч}} / L_{\text{исх}}) \cdot 100, \quad (5.5)$$

- е) Результаты расчетов заносятся в табл.5.4

Таблица 5.4

Время аэрации, $t_{\text{аэр}}$, ч	Доза ила, а, г/л	Зольность ила, S, %	Нагрузка на ил, q, мг/г·сут	Возраст ила, сут	Удельная скорость окисления, ρ , мг/г·ч	Эффект очистки сточных вод, $\mathcal{E}_{\text{аэр}}$, %
1	2	3	4	5	6	7

9

Определение концентрации взвешенных веществ в сточных водах и их БПК_{полн}, а также дозы ила и его зольности требуют времени большего, чем отводится на проведение одного практического занятия, поэтому при проведении данной работы отбираются пробы на анализ, а сами анализы делаются отдельно в лабораториях кафедры водоснабжения и водоотведения КГАСУ.

Меры безопасности при проведении практического занятия

До начала работы необходимо [7]:

- визуально проверить техническое состояние практической установки: отсутствие трещин и течи в модели аэротенка и отстойника,

герметичность присоединения шлангов, исправность тройника 12, ротаметров 5.

Во время работы необходимо [7]:

- контролировать давление воздуха в системе по показателям манометра 7, установленного на ресивере 6, так как в модель аэротенка-смесителя и эрлифт вторичного отстойника подается под давлением сжатый воздух;
- следить за тем, чтобы воздух беспрепятственно выходил из трубки в верхней части модели аэротенка-смесителя 1;
- регулировать интенсивность подачи воздуха в аэротенк, чтобы не происходил выброс жидкости из модели аэротенка-смесителя;
- следить за поступлением в модель аэротенка-смесителя циркуляционного активного ила из патрубка 13 в шланг 14;
- при выявлении утечки жидкости из моделей аэротенка и отстойника из соединительных шлангов немедленно выключить лабораторную установку и сообщить о неисправности преподавателю.

По окончании работы необходимо [7]:

- прекратить подачу сточной жидкости из бутылки 8;
- выключить компрессор 4;
- сбросить давление в ресивере 6, выпустив из него избыток воздуха.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Трубы, фасонные части и типы соединений внутреннего водопровода

Таблица А.1 – Типы пластмасс для изготовления труб, их названия и сокращенные обозначения на русском и английском языках [15]

Наименование и обозначение на русском языке		Наименование и обозначение на английском языке	
1 Поливинилхлорид	ПВХ	<i>Polivinil-choride</i>	<i>PVC</i>
2 Полиэтилен высокого давления (низкой плотности)	ПВД (ПНП)	<i>Polyethylene</i>	<i>LDPE</i>
3 Полиэтилен низкого давления (высокой плотности)	ПНД (ПВП)	<i>Polyethylene</i>	<i>HDPE</i>
4 Полипропилен	ПП	<i>Polypropelene</i>	<i>PP</i>
5 Полибутен	ПБ	<i>Polybytene</i>	<i>PB</i>
6 Стеклопластик на эпоксидной смоле	СТЭ	<i>Epoxы</i>	<i>GRE</i>
7 Стеклопластик на полиэфирной смоле	СТП	<i>Polyester</i>	<i>GRP</i>
8 Сшитый полиэтилен	ПЭС	<i>Cross-linked polyethylene</i>	<i>PEX</i>
9 Полиэтилен среднего давления (средней плотности)	ПСД (ПСП)	<i>Polyethylene</i>	<i>MDPE</i>
10 Линейный полиэтилен низкой плотности	ЛПНП	<i>Polyethylene</i>	<i>LLDPE</i>

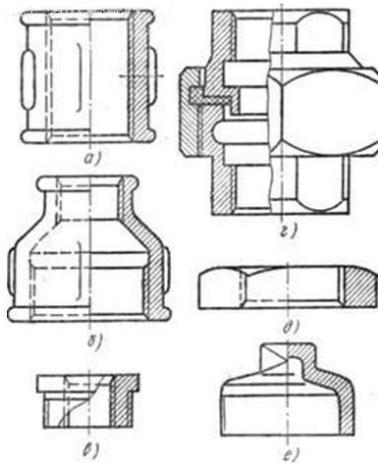


Рисунок А.1 – Соединительные части из ковкого чугуна для соединения труб по прямой [10]:

a – прямая муфта, *б* – переходная муфта, *в* – футорка, *г* – соединительная гайка, *д* – контргайка, *е* – пробка

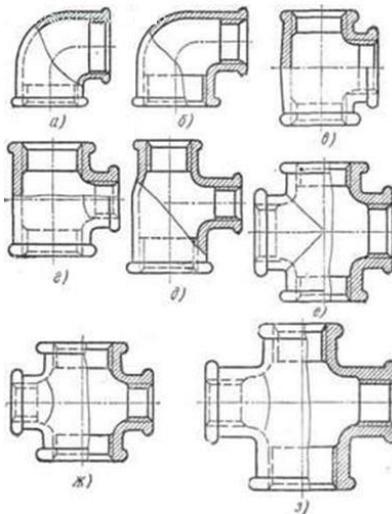


Рисунок А.2 – Соединительные части из ковкого чугуна для соединения труб под углом и устройства ответвлений [10]:

a – прямой угольник, *б* – переходный угольник, *в* – прямой тройник, *г* – переходный тройник, *д* – тройник с двумя переходами, *е* – прямая крестовина, *ж* – переходная крестовина, *з* – крестовина с двумя переходами

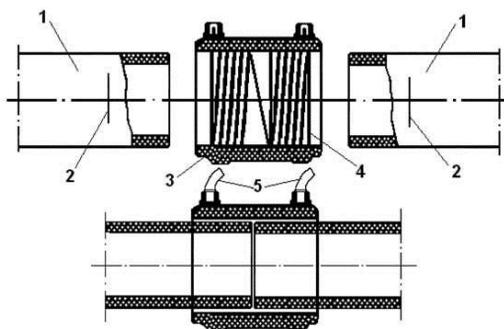


Рисунок А.3 – Схема соединения труб муфтой с закладным нагревателем [15]:
 1 – труба; 2 – метка посадки муфты и механической обработки поверхности трубы; 3 – муфта; 4 – закладной нагреватель; 5 – токоподводящий (сварочный) кабель

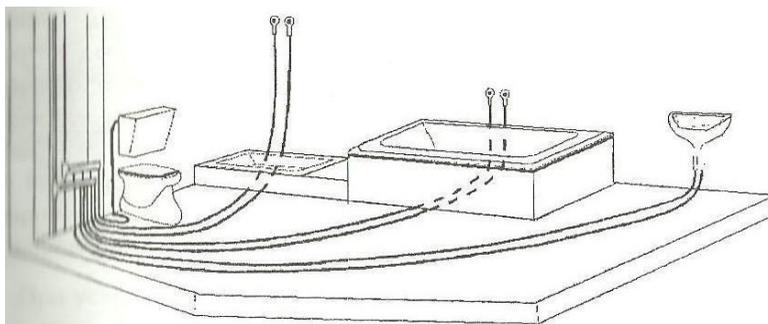


Рисунок А.4 – Скрытая прокладка полимерных труб с разводкой в полу [15]

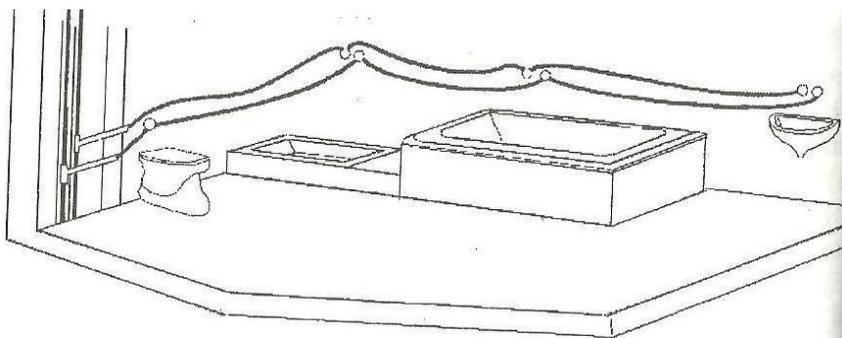


Рисунок А.5 – Скрытая прокладка полимерных труб с разводкой в стене [15]

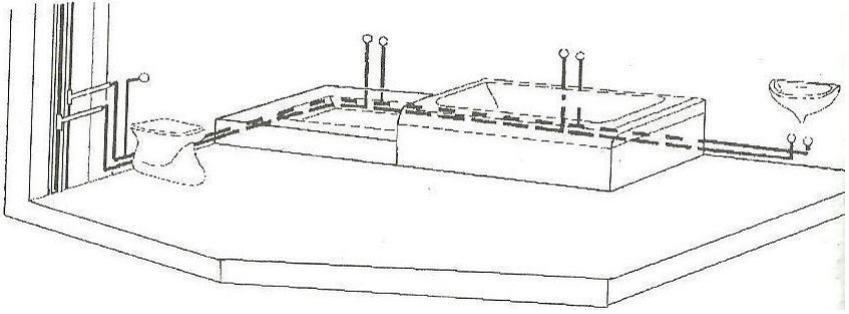


Рисунок А.6 – Открытая прокладка полимерных труб с разводкой вдоль стен к водоразборным приборам [15]

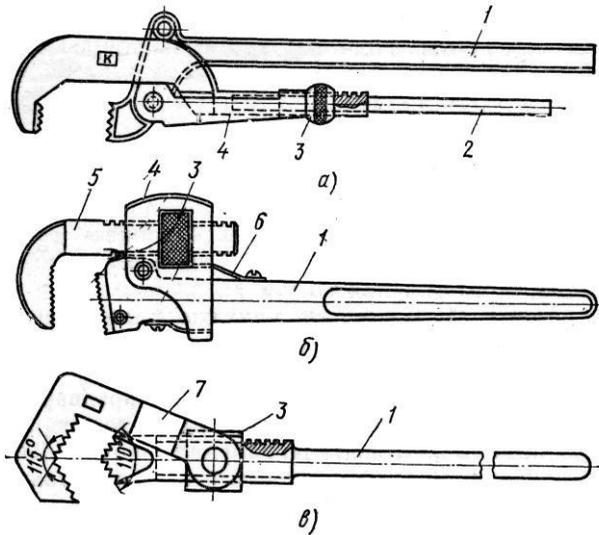


Рисунок А.7 – Трубные ключи разных конструкций [14]:
a – рычажный; *б* – раздвижной; *в* – накидной; 1 – неподвижный рычаг; 2 – подвижный рычаг; 3 – гайка; 4 – обойма; 5 – подвижная губка; 6 – пружина; 7 – накидная губка

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Устройство и назначение штангенциркуля. Методика измерений [13]

Штангенциркуль ШЦ-1 (рисунок Б.1) с пределами измерений 0–125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и для измерения глубин. Штангенциркуль ШТЦ-1 отличается от ШЦ-1 тем, что губки для наружных измерений твердосплавные, а для внутренних измерений отсутствуют. Характерной особенностью для штангенинструментов является наличие линейного нониуса (дополнительной шкалы) для отсчета целых и дробных величин цены деления штанги.

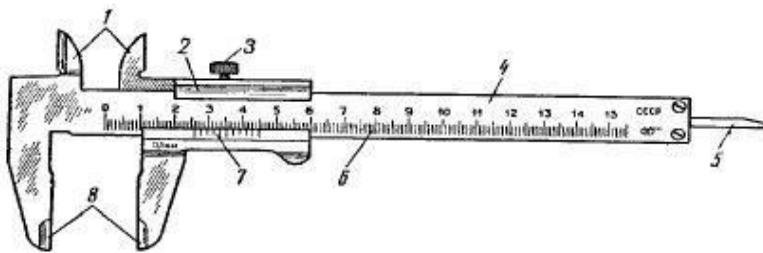


Рисунок Б.1 – Штангенциркуль:

1 – губки для внутренних измерений; 2 – рамка; 3 – зажим рамки; 4 – штанга; 5 – линейка глубиномера; 6 – шкала штанги; 7 – нониус; 8 – губки для наружных измерений

Целое число миллиметров у штангенинструментов отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса (рисунок Б.2).

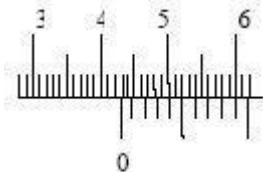


Рисунок Б.2 – Нониус с величиной отсчета 0,1 мм

Количество целых миллиметров на рисунке равно 42.

Нониус длиной 19 мм разделен на 10 частей. Одно деление нониуса составляет $19/10 = 1,9$ мм, что на 0,1 мм меньше целого числа миллиметров (рисунок Б.3).

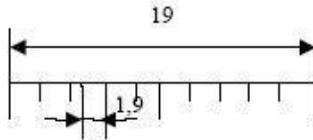


Рисунок Б.3 – Шкала нониуса

Положение шкалы штанги и нониуса с величиной отсчета 0,1 мм при нулевом показании (рисунок Б.4)

При нулевом показании штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха штанги на расстоянии, равном величине отсчета (0,1 мм), умноженной на порядковый номер нониуса, не считая нулевого, т. е. при перемещении рамки до совпадения какого-либо штриха нониуса со штрихом штанги размер между губками штангенциркуля (дробная величина) будет равен величине отсчета (0,1 мм), умноженной на порядковый номер этого штриха нониуса.

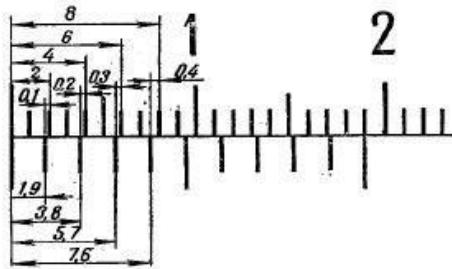


Рисунок Б.4 – Отсчет по нониусу

Определение доли миллиметра нониусом с величиной отсчета 0,1 мм (рисунок Б.5)

Дробная величина (0,3 мм) получена в результате умножения величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. третьего (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги. На рисунке крестиком указан 3-й штрих нониуса

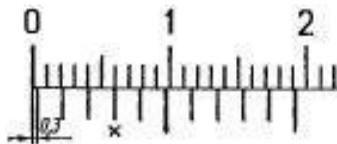


Рисунок Б.5 – Определение доли миллиметра

Чтение показаний на штангенциркуле с величиной отсчета 0,1 мм (рисунок Б.6)

Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги.



Рисунок Б.6 – Пример отсчета

Пример отсчета: $39 \text{ мм} + (+0,1) \text{ мм} \cdot 7 = 39,7 \text{ мм}$ (слева), $61 \text{ мм} + (+0,1) \text{ мм} \cdot 4 = 61,4 \text{ мм}$ (справа).

Проверка нулевого положения штангенциркуля (рисунок Б.7)

При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,15 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги.

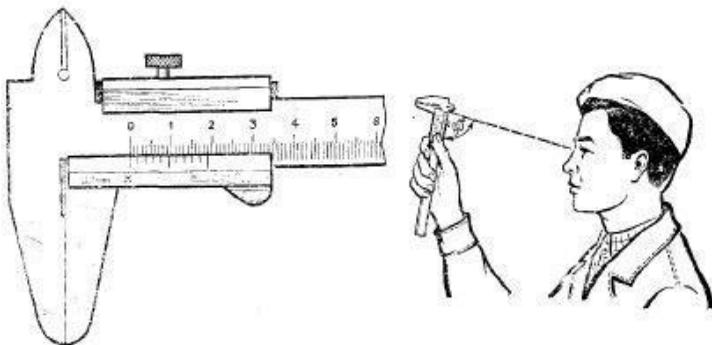


Рисунок Б.7 – Проверка на просвет

Последовательность измерения штангенциркулем (рисунок Б.8)

При измерении штангенциркулем измерительные поверхности губок доводят до требуемого размера путем соприкосновения с проверяемой поверхностью, проверяя при этом правильность их положения (отсутствие перекосов и нормальность усилия при перемещении), закрепляют рамку и читают показание. При перемещении рамки правая рука должна поддерживать штангу.

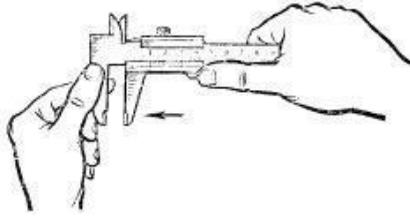


Рисунок Б.8 – Применение штангенциркуля при измерениях

**Положение линейки глубиномера относительно проверяемой детали
(рисунок Б.9)**

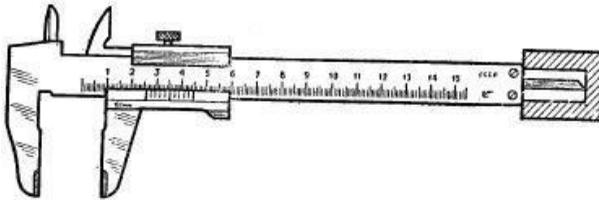


Рисунок Б.9 – Положение линейки глубиномера относительно проверяемой детали

**Положение рук относительно штангенциркуля
и незакрепленной детали (рисунок Б.10)**

При измерении незакрепленной детали левая рука должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок; правой рукой поддерживают штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

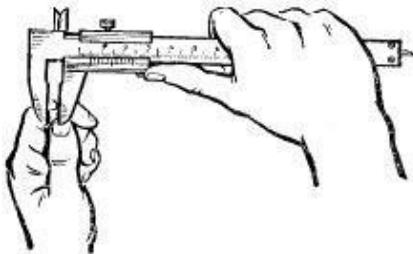


Рисунок Б.10 – Положение рук относительно СИ и детали, незакрепленной в приспособлении

Закрепление рамки (рисунок Б.11)

Закрепление рамки надо производить большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать гайку фиксирующего винта штанги.

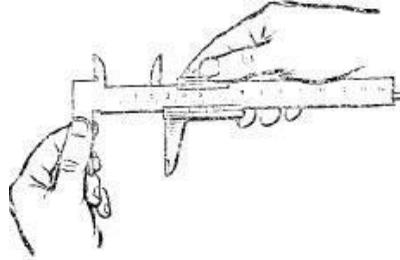


Рисунок Б.11 – Закрепление рамки фиксирующим винтом

Измерительное усилие

Нормальное измерительное усилие достигается легким контактированием при перемещении проверяемых поверхностей детали относительно измерительных поверхностей инструмента.

При чтении показаний штангенциркуля следует держать прямо перед глазами. Если смотреть на показания сбоку, то это приведет к неправильным результатам измерений. Из этих же соображений (предотвращение искажения показаний) поверхность, на которой нанесена шкала нониуса, имеет скос для того, чтобы приблизить шкалу нониуса к основной шкале на штанге. После окончания работы штангенинструмент надо протереть, смазать антикоррозионным составом, развести измерительные губки на 2–3 мм, ослабить зажимы рамки и инструмент положить в футляр.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Элементы систем внутреннего водопровода и водоотведения

Таблица В.1 – Графические обозначения элементов трубопроводов [6]

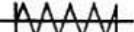
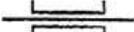
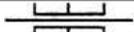
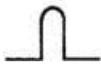
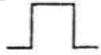
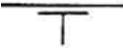
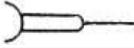
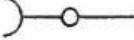
Наименование	Обозначение
1 Изолированный участок трубопровода	
2 Трубопровод в трубе (футляре)	
3 Трубопровод в сальнике	
4 Сифон (гидрозатвор)	
5 Компенсатор:	
общее обозначение	
П-образный	
6 Вставка амортизационная	
7 Место сопротивления в трубопроводе (шайба дроссельная, сужающее устройство расходомерное, диафрагма)	
8 Опора (подножка) трубопровода:	
неподвижная	
подвижная	
9 Патрубок компенсационный	
10 Ревизия	

Таблица В.1 – Графические обозначения элементов систем внутренних водопровода и водоотведения [6]

Наименование	Условное обозначение	
	на видах сверху и на планах	на видах спереди или сбоку, на разрезах и схемах
1 Раковина		
2 Мойка		
3 Умывальник		
4 Умывальник групповой		
5 Умывальник групповой круглый		
6 Ванна		
7 Ванна ножная		
8 Поддон душевой		
9 Биде		
10 Унитаз		
11 Чаша напольная		
12 Писсуар настенный		
13 Писсуар напольный		
14 Слив больничный		
15 Трап		
16 Воронка спускная		
17 Воронка внутреннего водостока		
18 Сетка душевая		
19 Фонтанчик питьевой		

Таблица В.3 – Графические обозначения трубопроводной арматуры [6]

Наименование	Обозначение
1 Клапан (вентиль) запорный:	
проходной	
угловой	
трехходовой	
3 Клапан (вентиль) регулирующий:	
проходной	
угловой	
4 Клапан обратный:	
проходной	
угловой	
5 Клапан предохранительный:	
проходной	
угловой	
6 Клапан дроссельный	
7 Клапан редукционный	
8 Задвижка	
9 Затвор поворотный	
10 Кран:	
проходной	
угловой	
трехходовой	
водоразборный	
писсуарный	
пожарный	
поливочный	
двойной регулировки	
11 Смеситель:	
общее обозначение	
с душевой сеткой	
12 Водомер	

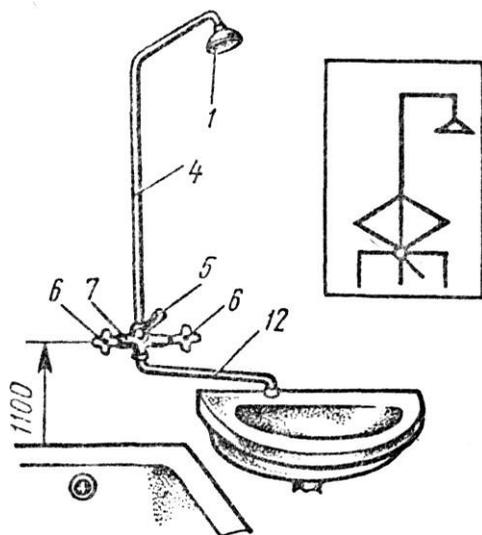


Рисунок В.1 – Смесители для ванной с душевой сеткой и удлиненным изливом [14]:
 1 – душевая сетка; 2 – рычаг регулировки струи; 4 – душевая трубка; 5 – переключатель ванна-душ; 6 – вентильная головка; 7 – корпус; 12 – удлиненный излив

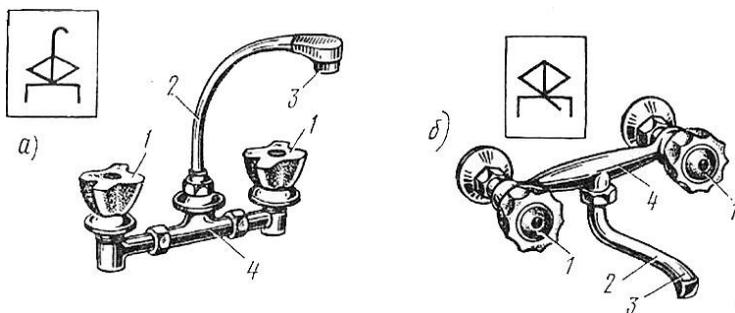


Рисунок В.2 – Смесители для умывальников и моек [14]:
 а – настольная водоразборная арматура; б – настенная водоразборная арматура;
 1 – вентильная головка; 2 – излив; 3 – аэратор; 4 – корпус

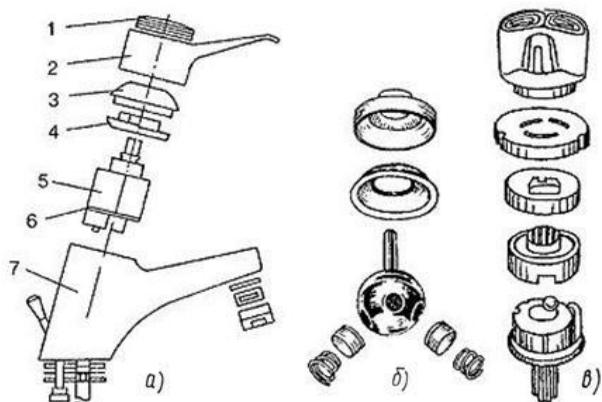


Рисунок В.3 – Смеситель шарового типа [14]:

a – смеситель в разобранном виде: 1 – фиксирующий элемент; 2 – поворотная рукоятка (джойстик); 3 – крышка корпуса; 4 – круговая гайка; 5 – сменный картридж механической очистки; 6 – прокладка; 7 – корпус; *б* – шаровый картридж в разобранном виде; *в* – керамический картридж в разобранном виде

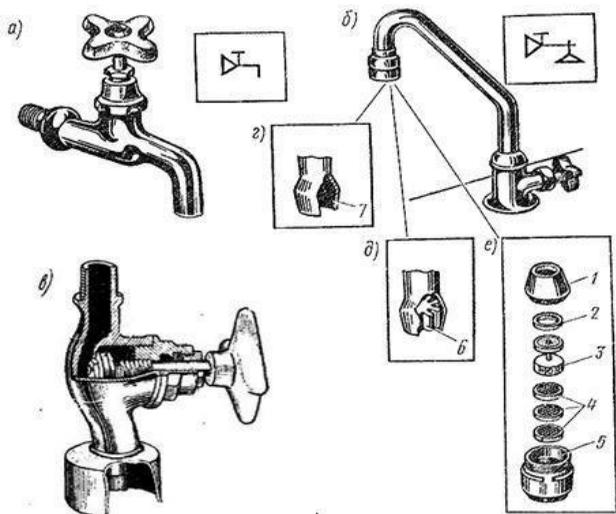


Рисунок В.4 – Краны [14]:

a – водоразбонный кран; *б* – туалетный кран; *в* – писсуарный кран; *д* – струевыпрямитель; *е* – аэратор; 1 – втулка; 2 – прокладка; 3 – фильтр комбинированный; 4 – сетки; 5 – корпус; 6 – струевыпрямитель; 7 – развальцованный излив

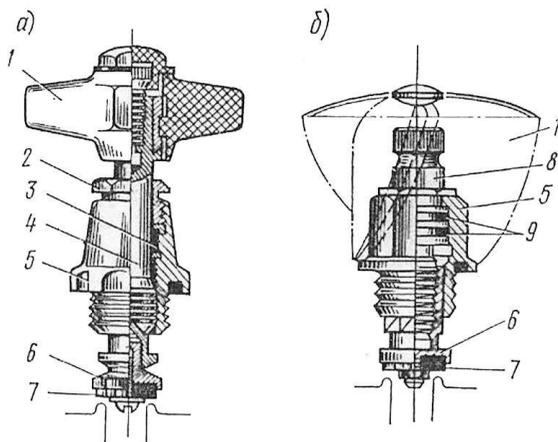


Рисунок В.5 – Вентильные головки водоразборной арматуры [14]:

а – с неразрезным шпинделем; *б* – с составным шпинделем; 1 – маховичок; 2 – нажимная гайка сальника; 3 – сальниковая набивка; 4 – шпindelь; 5 – корпус; 6 – клапан; 7 – прокладка; 8 – поворотная часть шпинделя; 9 – резиновые кольца

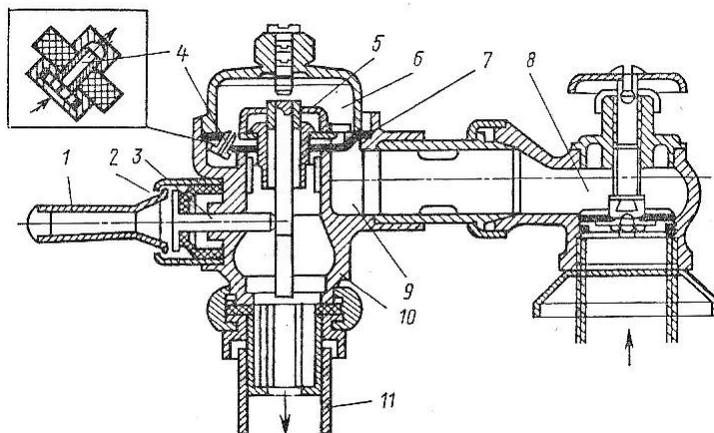


Рисунок В.6 – Полуавтоматический мембранный смывной кран [14]:

1 – рычаг пуска; 2 – резиновая манжета; 3 – толкатель; 4 – канал диаметром 0,2 – 0,5 мм; 5 – вспомогательный клапан; 6 – рабочая камера; 7 – мембрана; 8 – регулировочный вентиль рабочего давления; 9 – входная камера; 10 – корпус; 11 – отводящая труба

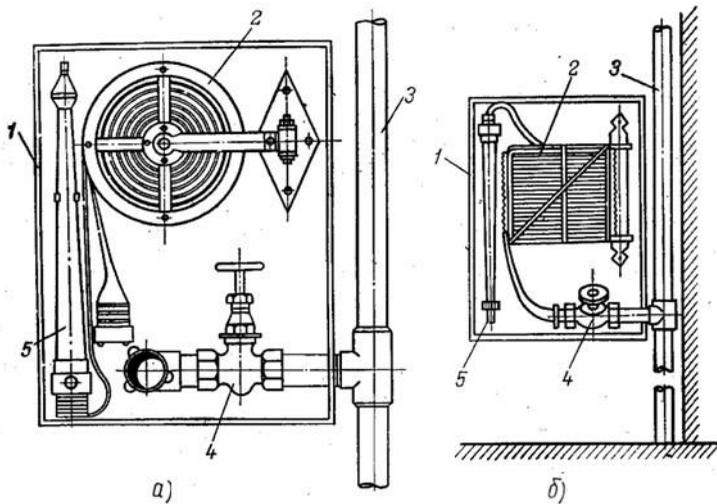


Рисунок В.7 – Схема размещения пожарного крана на внутреннем пожарном водопроводе [11]:

a – на катушке; *б* – в корзине; 1 – шкаф для размещения пожарного крана; 2 – рукавная катушка; 3 – водопровод; 4 – пожарный кран; 5 – пожарный ствол

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Основные элементы системы внутренней водоотведения

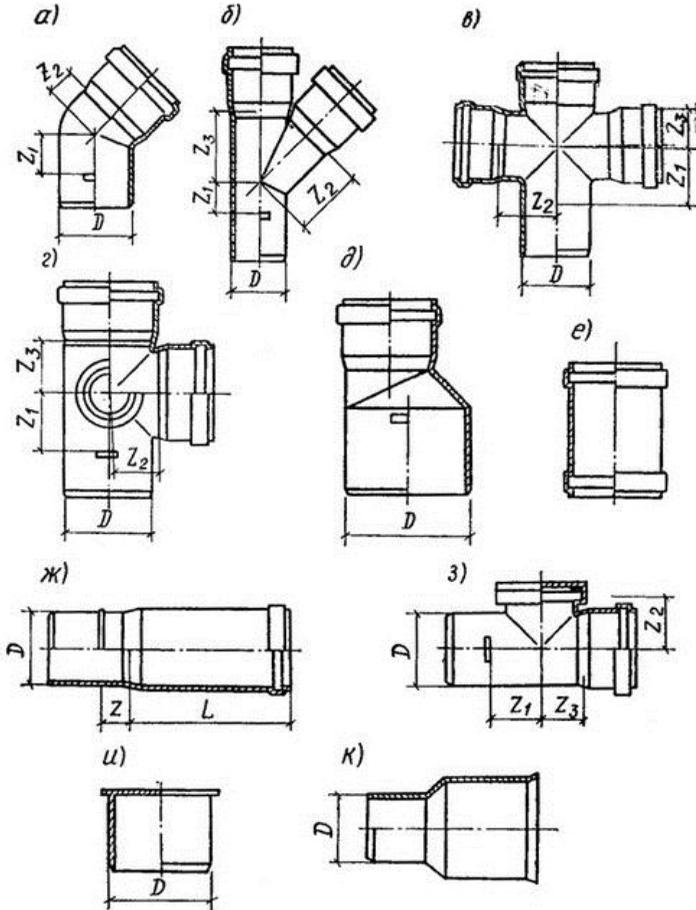


Рисунок Г.1 – Канализационные фасонные части из ПВХ и ПНД для соединения с помощью резинового уплотнительного кольца [8]:

а – отвод; *б* – тройник; *в* – крестовина; *г* – двухплоскостная крестовина; *д* – переход; *е* – муфта подвижная; *ж* – патрубок компенсационный; *з* – ревизия; *и* – заглушка; *к* – патрубок приборный

Приёмники сточных вод

1 Умывальники предназначены для сбора грязной воды от мытья лица, рук. Умывальник изготавливают из керамики, пластмасс и стали. Устанавливают на высоте 0,8–0,85 м от пола во взрослых учреждениях; 0,7–0,8 м – в детских; 0,6 м – ясли-сад.

По виду крепления: настенные; настольные.

Умывальники из керамики (рисунок Г.2) выпускаются следующих размеров:

- 1) 400×500×135 мм;
- 2) 500×420×150 мм;
- 3) 600×450×150 мм;
- 4) 650×500×150 мм;
- 5) 700×600×150 мм.

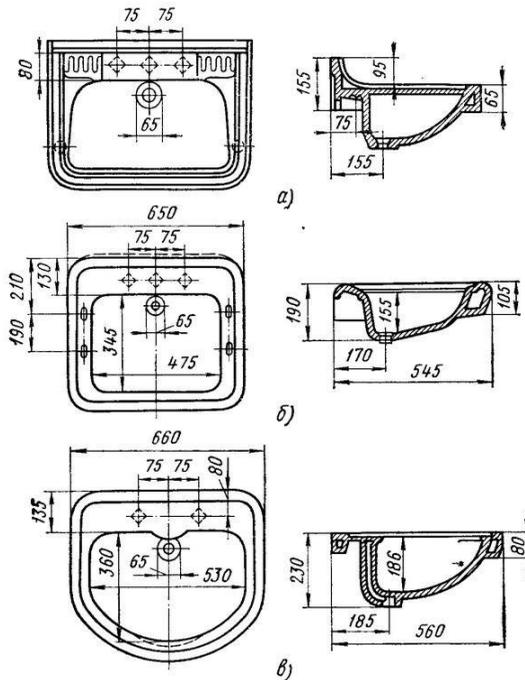


Рисунок Г.2 – Керамические умывальники [10]:

a – умывальник прямоугольный со спинкой без перелива; *б* – прямоугольный с утолщенными бортами без перелива; *в* – полукруглый с переливом без спинки

2 Ванна предназначена для мытья и оздоровительных процедур. По форме наружного борта: 1) прямобортные; 2) круглобортные;

В зависимости от размеров ванны бывают:

- лежачие 1700×750×400(460) мм (рисунок Г.3);
- уменьшенных габаритов 1500×700 мм, глубиной 400-460 мм. Высота борта ванны от пола – 600 мм;

- сидячая ванна: на дне имеется выступ 350 мм. Размеры: 1200×700 мм, глубина 500 мм (рисунок Г.4);

- глубокий поддон (под душ) Размеры 800×900 мм, глубиной 300 мм, от пола до борта – 400–500 мм.

Ванны и поддоны (рисунки Г.5, Г.6) снабжаются пробкой для закрытия выпуска и переливной трубкой, т.е. переливом. Дно ванны имеет уклон до 0,02 в сторону выпуска.

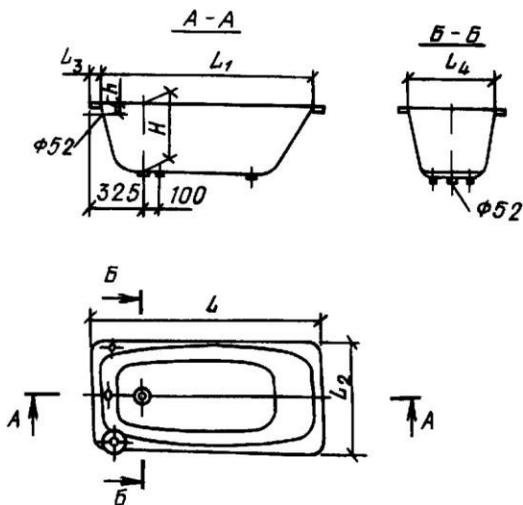


Рисунок Г.3 – Ванны прямобортные [10]

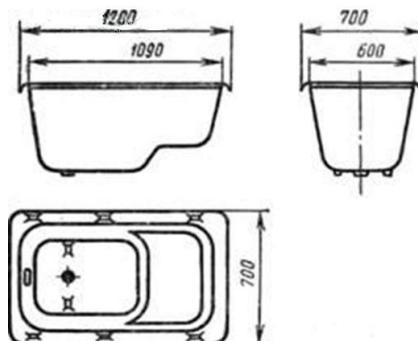


Рисунок Г.4 – Сидячая ванна [10]

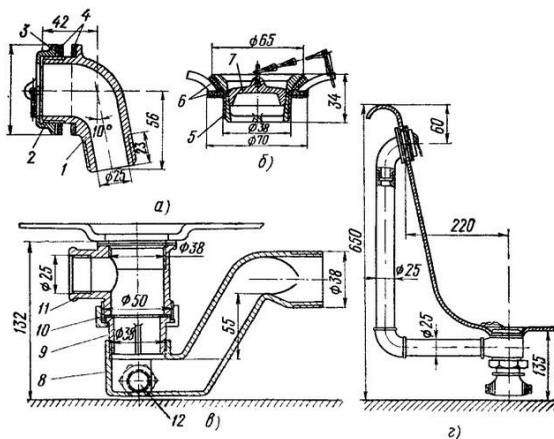


Рисунок Г.5 – Перелив (а), выпуск (б), напольный сифон для ванн (в), узел перелива с сифоном (г) [10]:

1 – чугунный отвод; 2 – крышка перелива; 3 – шайба; 4, 6 – резиновые прокладки; 5 – корпус выпуска; 7 – пробка; 8 – корпус; 9 – патрубок; 10 – накидная гайка; 11 – тройник; 12 – отверстия

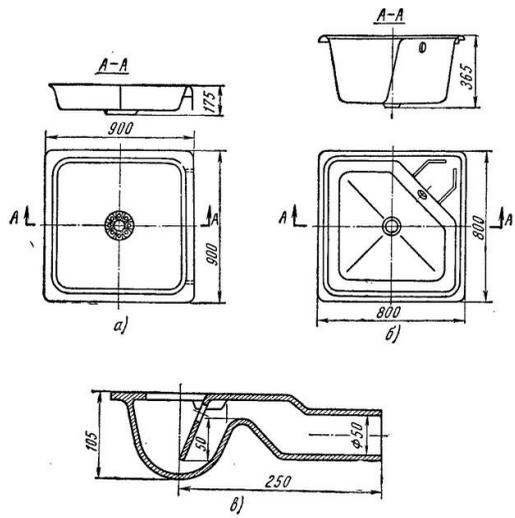


Рисунок Г.6 – Душевые чугунные эмалированные поддоны [10]:
 а – мелкий поддон; б – глубокий поддон; в – трап к мелкому поддону

3 Мойки собирают загрязнённую воду, образованную при подготовке продуктов и мытья посуды. Мойки бывают с одним или с двумя отделениями (рисунок Г.7). Их изготавливают из чугуна, листовой стали, покрытой стекловидной или нержавеющей стали. Выпуск мойки диаметром 40 мм.

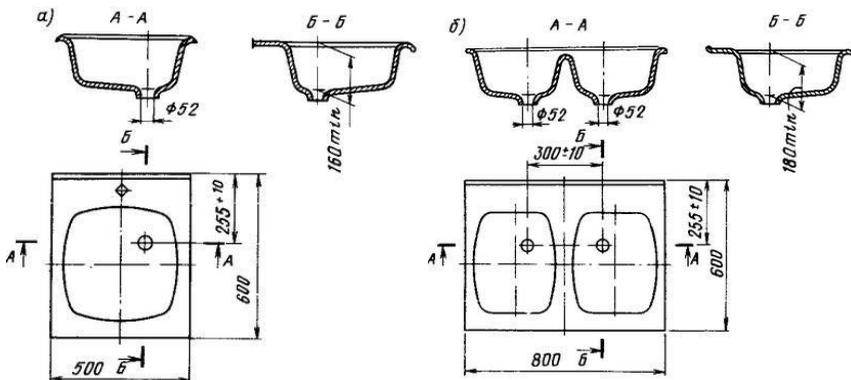


Рисунок Г.7 – Мойки чугунные эмалированные [10]:
a – мойка с одной чашей; *б* – мойка с двумя чашами

4 Раковина служит для слива загрязнённых вод от уборки помещений, их размещают в столовых, котельных, лабораториях. Они обычно прямоугольные с длиной 500–600 мм, шириной 400 мм и глубиной 150 мм. Стенка над раковиной закрывается листом из такого же металла (рисунок Г.8).

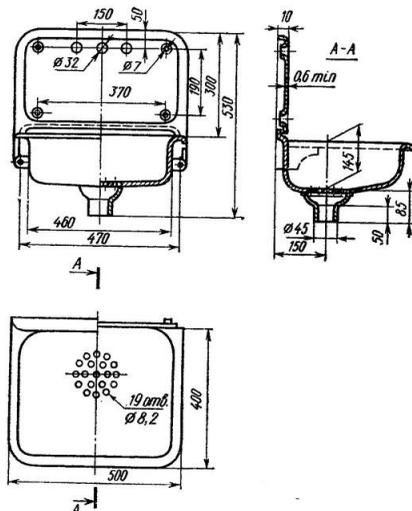


Рисунок Г.8 – Стальная эмалированная раковина [10]

5 Трапы забирают загрязнения с пола помещения. Изготавливают их из чугуна или пластмассы.

Выпуск трапа бывает прямой или косой. Сверху трап закрывается решеткой или сеткой (рисунок Г.9).

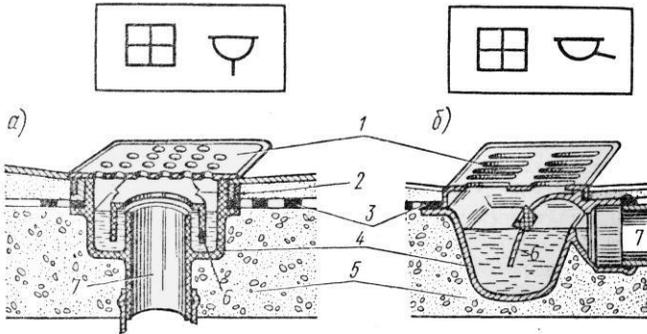


Рисунок Г.9 – Трапы [14]:

а – с прямыми выпусками (пластмассовый); *б* – с косыми выпусками (чугунный); 1 – съёмная крышка; 2 – прижимная гайка; 3 – гидроизоляция; 4 – корпус; 5 – перекрытия.

6 Водосточные воронки должны обеспечивать быстрый прием, отвод атмосферных вод. В зависимости от назначения кровли и условий эксплуатации имеется несколько конструкций воронок (рисунок Г.10). Воронки диаметром 80, 100, 150, 200 мм с решетками (плоские воронки) устанавливаются на плоских кровлях. Колпаковые воронки применяются на скатных кровлях.

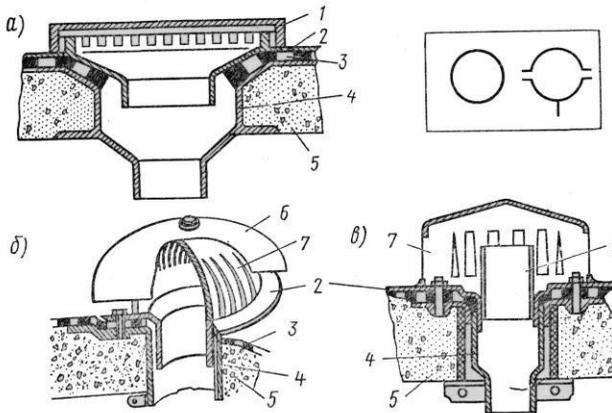


Рисунок Г.10 – Конструкции водосточных воронок [11]:

а – плоская; *б*, *в* – колпаковые; 1 – решётка; 2 – рама; 3 – гидроизоляция; 4 – корпус; 5 – перекрытие; 6 – струевыпрямитель; 7 – колпак; 8 – переливной патрубок

7 Диспоузер – это электрический прибор, устанавливаемый под мойкой и соединённый с канализационной системой посредством сливного отверстия. Этот прибор представляет собой дробильную камеру, напоминающую соковыжималку, где с помощью специальных кулачков под действием центробежной силы пищевые отходы измельчаются до порошкообразного состояния и вместе с потоком воды уходят в канализацию.

Процесс измельчения отходов в диспоузере быстр (1–3 мин), безопасен (в устройстве нет лезвий), бесшумен (50–70 дБ). Устройство диспоузера приведено на рисунке Г.11.

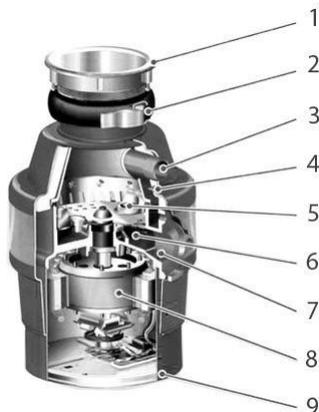


Рисунок Г.11 – Устройство измельчителя пищевых отходов (диспоузера):

1 – слив из нержавеющей стали диаметром 3,5 дюйма, подсоединенный к раковине; 2 – легкий монтаж; 3 – подсоединение к посудомоечной машине диаметром 25 мм; 4 – слой шумоизоляции; 5 – антиблокировочные молоточки из нержавеющей стали; 6 – измельчительные и осушительные камеры, изготовленные из некорродирующих материалов; 7 – 40-миллиметровый коллектор отходов; 8 – бесшумный индукционный мотор; 9 – кабель электропитания с вилкой

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Устройства по борьбе с шумом

Прибор ВШВ-003 предназначен для измерения и анализа шума и вибрации в жилых помещениях, производственных и полевых условиях. Шумомер используется для определения источников и характеристик шума и вибрации в местах нахождения людей, при исследованиях и испытаниях машин и механизмов, при разработке и контроле качества изделий. Шумомер ВШВ-003 имеет встроенные фильтры с частотными характеристиками А, В, С, а также полосовые фильтры, позволяющие проводить классификацию, измерение и определение нормируемых параметров и характеристик шума и вибрации в соответствии с требованиями санитарных норм и стандартов безопасности труда.

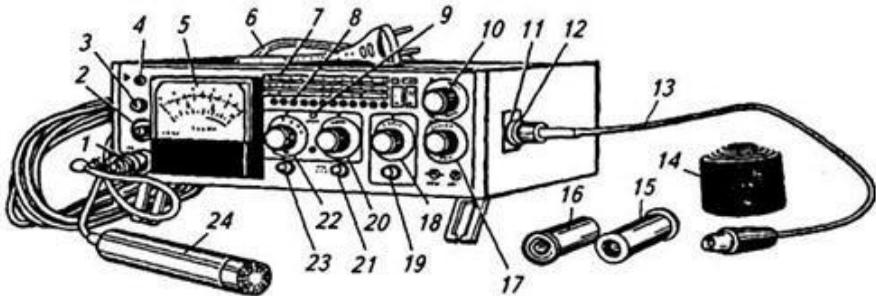


Рисунок Д.1 – Устройство для измерения шума и вибрации ВШВ-003:

1 – штепсельный разъем для подключения микрофона и предусилителя; 2 – гнездо "50 мВ" для подачи калибровочного сигнала на вход прибора; 3 – кнопка "Калибр" для включения калибровочного генератора; 4 – винт регулировочного потенциометра для калибровки; 5 – стрелочный указательный прибор; 6 – шнур сетевого питания; 7 – шкалы частотных диапазонов; 8 – светодиод, указывающие диапазон по шкалам; 9 – светодиод, указывающий на перегрузку прибора входным сигналом; 10 – переключатель "Род работы"; 11 – штепсельный разъем для подключения осциллографа; 12 – гнездо для заземления или зануления прибора; 13 – проводник для присоединения осциллографа; 14 – экран из поролона, надеваемый на микрофон при ветре; 15 – переходник, используемый при измерении виброскорости; 16 – эквивалент микрофонного капсуля для калибровки; 17 – переключатель "Фильтры" для выбора одной из частотных характеристик А, В, С и "Лин."; 18 – рукоятка переключения октавных фильтров; 19 – переключатель "Фильтры октавные"; 20, 22 – рукоятки (I и II) переключателя "Делитель дБ"; 23 – кнопка включения интегратора при измерении виброскорости; 24 – предусилитель с микрофонным капсулем М-101

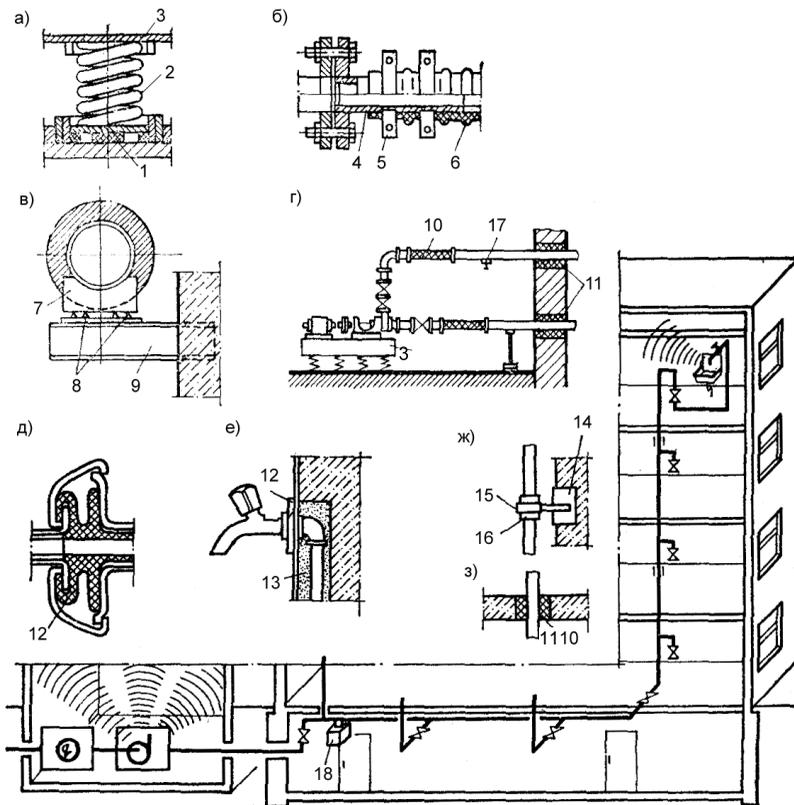


Рисунок Д.2 – Устройства по борьбе с шумом [11]:

1 – перфорированная резиновая прокладка; 2 – пружина; 3 – фундамент насоса; 4 – патрубок; 5 – хомут; 6 – резиновый армированный шланг; 7 – деревянный башмак; 8 – резиновые призматические прокладки; 9 – кронштейн; 10 – гибкая вставка; 11 – прокладка из войлока, минеральной ваты; 12 – резиновая шайба; 13 – звукопоглощающий материал; 14 – звукопоглощающая вставка; 15 – крепление; 16 – прокладка; 17, 18 – груз

Список литературы

1. Татура А.В. Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2003. – 178 с.
2. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: ООО «ИД «БАСТЕТ», 2007. – 336 с.
3. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – М.: ООО «ИД «БАСТЕТ», 2010. – 448 с.
4. Расчет и проектирование канализационной насосной станции: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение» / Сост.: А.Б. Адельшин [и др.]. – Казань: КГАСУ, 2006. – 46 с.
5. Расчет и проектирование водопроводной насосной станции второго подъема: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение» / Сост.: А.Б. Адельшин [и др.]. – Казань: КГАСУ, 2006. – 47 с.
6. Лукиных А.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского / А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: ООО «ИД «БАСТЕТ», 2011. – 384 с.
7. Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод. Ч. 2. Физико-химическая и биологическая очистка производственных сточных вод. учебное пособие / А.Б. Адельшин [и др.]. – Казань: КГАСУ, 2012. – 60 с.
8. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Ввод. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2013. – 146 с.
9. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С.В. Яковлев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.
10. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. – 304 с.
11. Адельшин А.Б. Интенсификация очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения струйно-отстойных аппаратов / А.Б. Адельшин, Н.И. Потехин. – Казань: КГАСА, 1997. – 207 с.
12. Ласков Ю.М. Примеры расчетов канализационных сооружений / Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун. – М.: ИД «Альянс», 2008. – 255 с.
13. Дикаревский В.С. Канализационные очистные сооружения железнодорожного транспорта / В.С. Дикаревский, И.Н. Караваев, И.И. Краснянский. – М.: Транспорт, 1973. – 288 с.
14. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

15. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика / под ред. И.А. Назарова. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.

16. Баженов В.И. Реконструкция сооружений на станциях по очистке сточных вод / В.И. Баженов, А.И. Эпов. – Водоснабжение и канализация. – 2010. – № 5–6. – С. 79–91.

17. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Ввод.01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2012. – 93 с.

18. Есин М.И. Реконструкция решеток: особенности и инженерные решения / М.И. Есин, А.В. Слепцов, Н.А. Соколов.– Вода и экология. Проблемы и решения. – 2012. – № 12. С. 38–42.

19. Мишуков Б.Г. Расчет очистных сооружений городской канализации: учебное пособие / Б.Г. Мишуков [и др]. – СПб.: СПбГАСУ, 2005. – 175 с.

20. Иоакимис Г.Э. Разработка проекта реконструкции систем канализации г. Хабаровка / Г.Э. Иоакимис, А.О. Душко, О.С. Безверхняя. – Интернет-вестник ВолгГАСУ: Серия «Политематическая». – 2012. – Вып. 2(22). – С.1–12.

21. Расчет сооружений механической очистки сточных вод населенных пунктов: учебное пособие / А.Б. Адельшин [и др]. – Казань: КГАСУ, 2010. – 57 с.

22. Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод. Ч. 1. Механическая и химическая очистка производственных стоков: учебное пособие / А.Б. Адельшин [и др]. – Казань: КГАСУ, 2010. – 67 с.

23. Опытнo-промышленная линия для биологической очистки сточных вод с денитрификацией и дефосфотированием /А.Б. Адельшин [и др].– Известия КГАСУ. – 2006. – № 2(6).– С. 94–96.

24. Яковлев С.В. Биологические фильтры / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов.– М.: Стройиздат, 1982. – 120 с.

