

**Сооружения водоподготовки
ОСВЕТЛЕНИЕ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ВОДЫ
Правила проектирования**

**Збудаванні водападрыхтоўкі
АСВЯТЛЕННЕ І АБЯСКОЛЕРВАННЕ ВАДЫ
Правілы праектавання**

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2010

УДК 628.16.06(083.74)

МКС 93.025

КП 06

Ключевые слова: водоподготовка, осветление воды, обесцвечивание воды, коагулирование, флокулирование, реагентное хозяйство, отстаивание, флотация, фильтрование

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Водохозяйственное строительство, водоснабжение и водоотведение» (ТКС 05)

ВНЕСЕН главным управлением проектных работ, градостроительства и архитектуры Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2009 г. № 441

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 4.01 «Водоснабжение и водоотведение»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Минстройархитектуры, 2010

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения.....	1
4 Общие положения.....	2
5 Предпроектные изыскания	2
6 Технологии и сооружения водоподготовки.....	3
7 Предварительная очистка воды	8
8 Коагулирование и флокулирование	10
8.1 Реагентное хозяйство.....	10
8.2 Смесительные устройства	18
8.3 Камеры хлопьеобразования	27
9 Отстаивание	35
10 Флотация.....	51
11 Фильтрование	57
12 Осветление и обесцвечивание промывных вод.....	66
Приложение А (справочное) Основные характеристики реагентов	70
Приложение Б (справочное) Пример расчета механических смесителей.....	77
Приложение В (справочное) Пример расчета тонкослойного отстойника.....	79
Приложение Г (рекомендуемое) Осветление и обесцвечивание воды электрохимическими методами	82
Библиография	90

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**Сооружения водоподготовки
ОСВЕТЛЕНИЕ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ВОДЫ
Правила проектирования****Збудаванні водапідготовки
АСВЯТЛЕННЯ І АБЯСКОЛЕРВАННЯ ВАДИ
Правила проєктування****Water treatment facilities
Water clarification and decolorizing
Design rules**

Дата введения 2010-07-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) устанавливает правила проектирования сооружений водоподготовки для осветления и обесцвечивания воды в системах водоснабжения.

Требования настоящего технического кодекса являются обязательными для всех физических и юридических лиц, осуществляющих разработку проектной документации на строительство новых и реконструкцию существующих сооружений осветления и обесцвечивания воды независимо от источников финансирования и отраслевой принадлежности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):

ТКП 45-4.01-31-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования

СТБ 1884-2008 Строительство. Водоснабжение питьевое. Термины и определения

ГОСТ 25297-82 Установки компактные для очистки поверхностных вод на питьевые нужды.

Типы, основные параметры и размеры.

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в СТБ 1884, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 цветность воды: Количественный показатель качества воды, характеризующий ее окрашивание, обусловленное наличием природных гуминовых кислот и фульвокислот и их растворимых солей (гуматов и фульватов железа), а также некоторых водорослей.

3.2 мутность воды: Количественный показатель качества воды, характеризующий наличие в воде нерастворенных примесей, удаляемых при фильтровании через бумажный фильтр.

3.3 запах воды: Органолептический показатель качества воды, характеризующий интенсивность запаха.

3.4 органические загрязнения: Примеси воды органического происхождения.

3.5 электрокоагуляция: Процесс растворения металлических электродов под воздействием постоянного электрического тока с последующим образованием соответствующих гидроксидов металла, вызывающих коагуляцию дисперсной фазы примесей воды.

3.6 электроокисление: Окисление примесей воды под воздействием продуктов электрохимических реакций, протекающих на нерастворимых электродах, погруженных в воду.

4 Общие положения

4.1 Осветление и обесцвечивание воды следует предусматривать в случаях, когда ее качественные показатели по мутности и цветности в источнике водоснабжения не отвечают требованиям потребителей.

4.2 Качество воды для использования на хозяйственно-питьевые нужды определяется требованиями [1].

5 Предпроектные изыскания

5.1 Исходные данные для проектирования сооружений осветления и обесцвечивания воды из поверхностных источников водоснабжения должны включать климатические, топографические, геологические и гидрологические сведения.

5.2 В разделе «Климатические данные» должны быть указаны:

— среднегодовая многолетняя, средняя за отопительный период, средняя за самую холодную пятидневку и самые холодные сутки, абсолютная минимальная, абсолютная максимальная, средняя за наиболее жаркий месяц температура;

— среднегодовая продолжительность (количество дней) периода с температурой воздуха ниже 0 °С и ниже минус 5 °С;

— зона влажности района строительства, средняя относительная влажность воздуха, в процентах, наиболее жаркого месяца. Колебания абсолютной и относительной влажности воздуха;

— средние многолетний и максимальный годовой слой атмосферных осадков за сутки;

— интенсивность дождя, при его продолжительности 20 мин и повторяемости 1 раз в год. Интенсивность и продолжительность максимальных годовых ливневых дождей;

— средняя продолжительность (количество дней) весеннего таяния снега и длительность (количество часов) таяния в сутки;

— средний многолетний, средние максимальный и минимальный годовые слои воды, испаряемой с водной поверхности;

— снеговой и ветровой районы места строительства; нормативное значение массы снегового покрова;

— значение скоростного напора ветра; направления и скорости преобладающих ветров, роза ветров;

— глубина промерзания грунтов;

— количество дней периода намораживания.

5.3 В раздел «Топографические, геологические сведения» необходимо включать:

— характер рельефа местности, абсолютные отметки, перепады высот применительно к расположению объектов строительства;

— описание геологического строения трасс водоводов и коллекторов, водозаборов, площадок очистных сооружений и других объектов;

— физико-механические свойства несущих грунтов оснований сооружений; положение уровня грунтовых вод (установившихся, наблюдаемых и прогнозных) применительно к расположению объектов строительства;

— агрессивность грунтов и грунтовых вод по отношению к бетону и металлу;

— наличие блуждающих токов и необходимость защиты от них сооружений и трубопроводов по району строительства в целом и по площадкам расположения отдельных объектов.

5.4 В разделе «Гидрологические сведения» должны быть указаны:

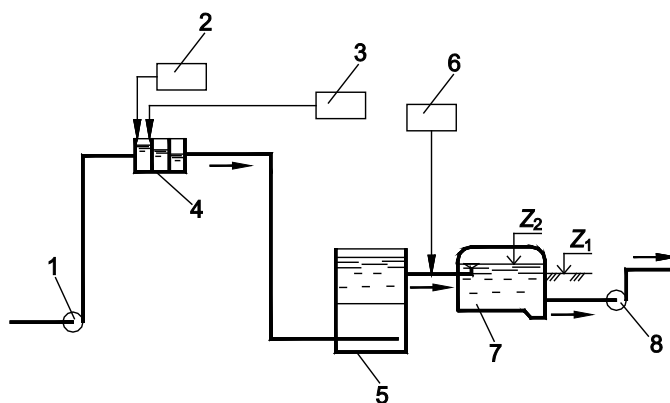
- расходы воды поверхностных водотоков: среднемесячные многолетние по месяцам года, максимальные — 1 %, 2 %, 3 % и 10 %-ной обеспеченности и минимальные — 90 %, 95 % и 97 %-ной обеспеченности, среднемесячный наиболее маловодного месяца года 95 %-ной обеспеченности; для зарегулированных водотоков указывается гарантированный санитарный пропуск ниже плотины;
- отметки уровней воды в водотоках, соответствующие вышеуказанным расходам воды; отметки уровней ледостава, ледохода и шугохода;
- толщина ледового покрова водотоков, наличие шуги и донного льда; глубина, скорость и режим течений водотоков;
- сведения о судоходстве и лесосплаве, местах расположения и мощности существующих водозаборов и выпусков сточных вод;
- температура, физико-химическая и бактериологическая характеристики воды в водотоках и водоемах;
- количество наносов, взвешенных частиц; сведения о водной растительности, наличии организмов-обрастателей;
- дополнительные сведения о санитарной обстановке, представляющие интерес при разработке проектно-сметной документации.

Расходы и уровни воды других значений обеспеченности допускается не приводить, если по предварительным данным они не требуются при разработке проектно-сметной документации. Необходимость определения дополнительных расходов и уровней воды устанавливается при разработке соответствующих разделов проектно-сметной документации.

6 Технологии и сооружения водоподготовки

6.1 Методы обработки воды следует принимать в соответствии с фазово-дисперсным состоянием примесей воды, подлежащих удалению, их концентрацией и с учетом требований потребителей, по ТКП 45-4.01-31 (таблица 5.1).

6.2 При мутности исходной воды до 20 мг/дм^3 , цветности до 50 градусов и производительности станции до $50\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ следует предусматривать одноступенчатое реагентное фильтрование на скорых безнапорных фильтрах (технологическая схема приведена на рисунке 6.1). При мутности исходной воды от 20 до 30 мг/дм^3 и производительности станции до $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$ разрешается принимать напорные фильтры.



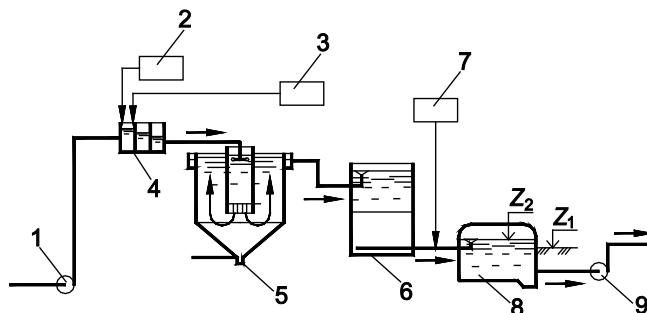
- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя; 4 — смеситель;
 5 — скорый безнапорный фильтр; 6 — ввод дезинфектанта; 7 — резервуар чистой воды;
 8 — насосы второго подъема

Рисунок 6.1 — Технологическая схема реагентного осветления и обесцвечивания воды одноступенчатым фильтрованием

Исходная вода насосами первого подъема 1 подается в смеситель 4, куда вводятся растворы коагулянта и флокулянта, приготовленные в цехе реагентного хозяйства 2; для повышения эффективности коагуляции в смеситель вводится окислитель (озон, перманганат калия, пероксид водорода, хлор или его производные). Из смесителя вода направляется на скорые фильтры. Осветленная вода

отводится в резервуары чистой воды (РЧВ), перед которыми следует предусматривать ввод обеззараживающего реагента (дезинфектанта) — хлора, его соединений или других дезинфектантов, разрешенных для использования Главным санитарным врачом Республики Беларусь.

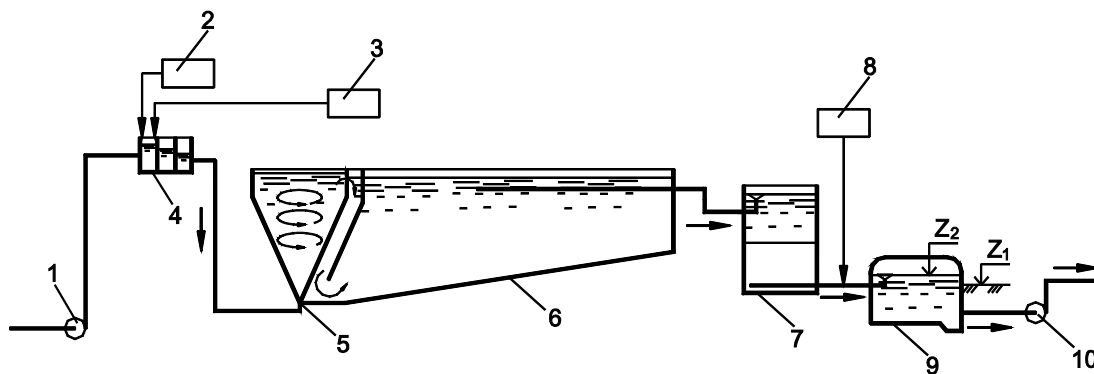
6.3 При низком качестве исходной воды (мутность до 1500 мг/дм^3 , цветность до 120 градусов) и небольшой производительности станции (до $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$) следует предусматривать двухступенчатое реагентное осветление и обесцвечивание воды с вертикальными отстойниками (технологическая схема приведена на рисунке 6.2).



- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя; 4 — смеситель;
5 — вертикальный отстойник-фильтр со встроенной (водоворотной) камерой хлопьеобразования;
6 — скорый безнапорный фильтр; 7 — ввод дезинфектанта; 8 — РЧВ;
9 — насосы второго подъема

Рисунок 6.2 — Технологическая схема двухступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды с вертикальными отстойниками

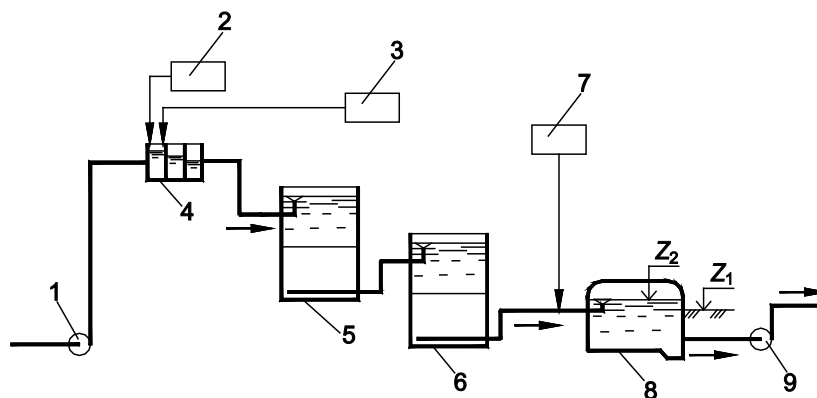
Если производительность станции более $30\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$, мутность до 1500 мг/дм^3 , цветность до 120 градусов, то осветление и обесцвечивание следует предусматривать по двухступенчатой реагентной технологии с горизонтальными отстойниками (технологическая схема приведена на рисунке 6.3).



- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя; 4 — смеситель;
5 — камера хлопьеобразования; 6 — горизонтальный отстойник; 7 — скорый безнапорный фильтр;
8 — ввод дезинфектанта; 9 — РЧВ; 10 — насосы второго подъема

Рисунок 6.3 — Технологическая схема двухступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды с горизонтальными отстойниками

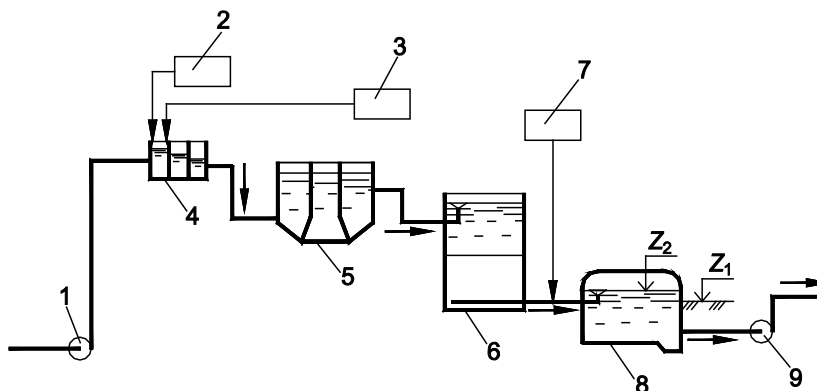
6.4 При мутности воды в источнике до 300 мг/л и цветности до 120 градусов наиболее целесообразна двухступенчатая реагентная обработка на фильтрах, которую можно предусматривать при любой производительности станции (технологическая схема приведена на рисунке 6.4). Фильтры первой ступени следует предусматривать для предварительного осветления с крупнозернистой загрузкой, на второй ступени происходит более глубокое осветление.



- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя;
 4 — смеситель; 5 — крупнозернистый фильтр; 6 — скорый безнапорный фильтр;
 7 — ввод дезинфектанта; 8 — РЧВ; 9 — насосы второго подъема

**Рисунок 6.4 — Схема осветления и обесцвечивания воды
 двухступенчатым фильтрованием с использованием реагентов**

6.5 Если мутность исходной воды составляет от 50 до 1500 мг/дм³, а цветность — до 120 градусов, то при производительности более 5000 м³/сут следует проектировать станцию двухступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды с осветлителями со слоем взвешенного осадка. Подача воды на сооружения должна быть равномерной или с постепенным изменением расхода не более 15 % в 1 ч и колебанием температуры воды не более ± 1 °С в 1 ч (технологическая схема приведена на рисунке 6.5).

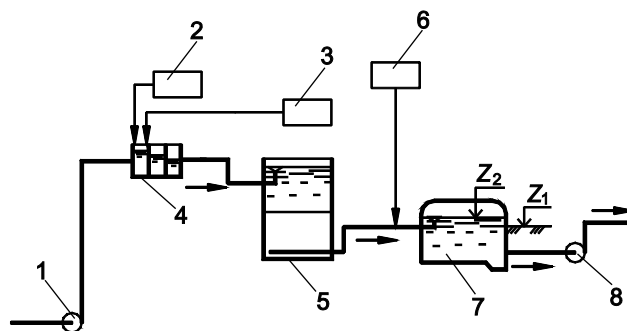


- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя;
 4 — смеситель; 5 — осветлитель со слоем взвешенного осадка;
 6 — скорый безнапорный фильтр; 7 — ввод дезинфектанта; 8 — РЧВ;
 9 — насосы второго подъема

**Рисунок 6.5 — Двухступенчатая схема реагентного осветления и обесцвечивания воды
 с осветлителями со слоем взвешенного осадка**

6.6 При мутности воды в источнике до 120 мг/дм³, цветности до 120 градусов, осветление и обесцвечивание воды может быть достигнуто одноступенчатым фильтрованием обработанной реагентами воды через контактные осветлители (технологическая схема приведена на рисунке 6.6).

6.7 Частичное осветление и обесцвечивание воды может быть достигнуто при фильтровании обработанной реагентами воды, через крупнозернистые фильтры, при качестве воды в источнике: мутность — до 400 мг/дм³, цветность — до 120 градусов. При этом прогнозные показатели качества очищенной воды следует принимать: мутность — 10 мг/дм³, цветность — 30 градусов.



1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя; 4 — смеситель; 5 — контактные осветлители; 6 — ввод дезинфектанта; 7 — РЧВ; 8 — насосы второго подъема

Рисунок 6.6 — Схема одноступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды на контактных осветлителях

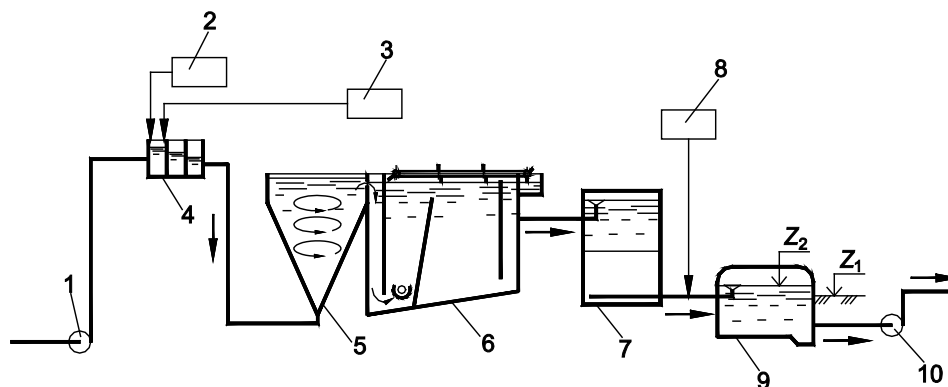
6.8 Напорной реагентной флотацией с последующим фильтрованием через скорые безнапорные фильтры может быть очищена исходная вода с мутностью до 50 мг/дм^3 и цветностью до 200 градусов, при этом производительность не должна превышать $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ (технологическая схема приведена на рисунке 6.7).

6.9 Для водоснабжения небольших объектов при производительности станции до $800 \text{ м}^3/\text{сут}$ осветление и обесцвечивание воды следует осуществлять на установках по ГОСТ 25297, при этом мутность воды в источнике — до 1000 мг/дм^3 , цветность — до 120 градусов (технологическая схема приведена на рисунке 6.8).

6.10 При заборе воды из источников водоснабжения, содержащих загрязнения техногенного происхождения, следует предусматривать очистку воды по трехступенчатой реагентной схеме (технологическая схема приведена на рисунке 6.9).

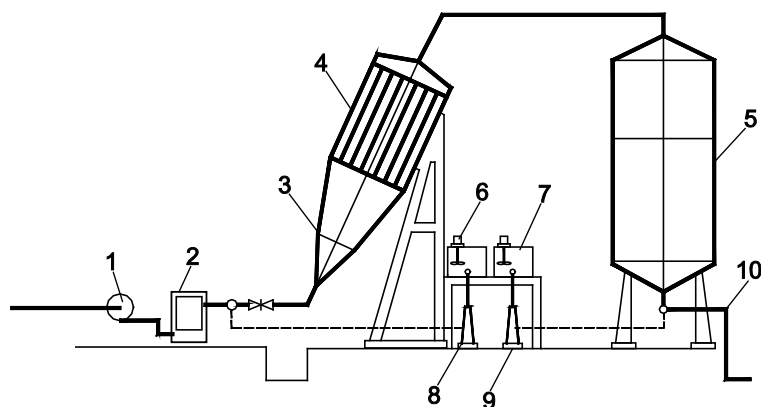
6.11 Для водоснабжения небольших объектов при обосновании и производительности станции до $600 \text{ м}^3/\text{сут}$ допускается осветление и обесцвечивание воды осуществлять электрокоагуляцией, при этом мутность воды в источнике — до 120 мг/дм^3 , цветность — до 120 градусов (технологическая схема приведена на рисунке 6.10).

6.12 Для водоснабжения небольших объектов при обосновании и производительности станции до $600 \text{ м}^3/\text{сут}$, в случаях когда цветность воды формируется в результате присутствия фульвокислот, осветление и обесцвечивание воды допускается осуществлять на установках комплексной электрохимической обработки. При этом мутность воды в источнике — до 120 мг/дм^3 , цветность — до 120 градусов (технологическая схема приведена на рисунке 6.11).



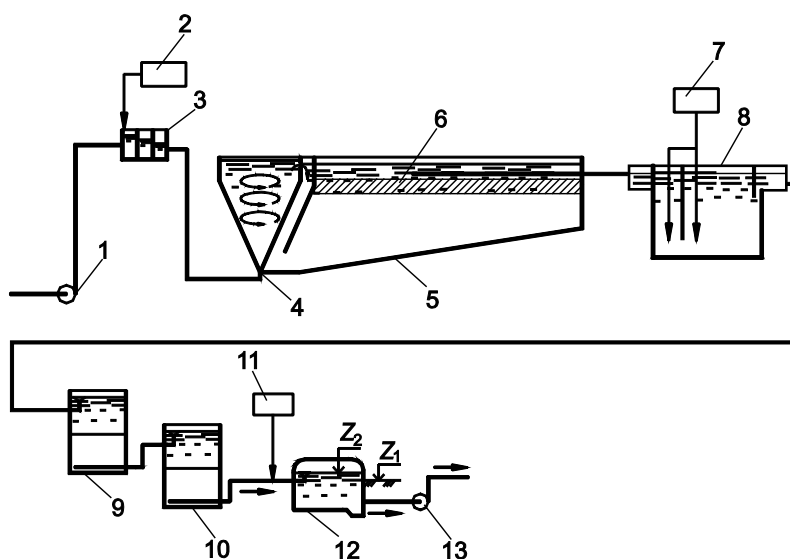
1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — ввод окислителя; 4 — смеситель; 5 — камера хлопьеобразования; 6 — флотатор; 7 — скорый напорный фильтр; 8 — ввод дезинфектанта; 9 — РЧВ; 10 — насосы второго подъема

Рисунок 6.7 — Схема двухступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды на флотаторах и скорых фильтрах



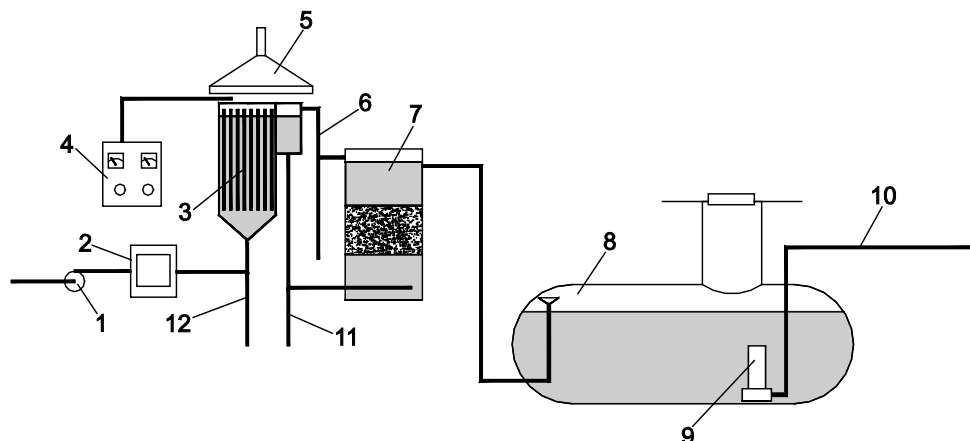
- 1 — насосы первого подъема; 2 — сетчатый фильтр; 3 — камера хлопьеобразования;
 4 — тонкослойный трубчатый отстойник; 5 — напорный фильтр;
 6 — емкость для приготовления раствора коагулянта;
 7 — емкость для приготовления раствора дезинфектанта; 8 — дозатор коагулянта;
 9 — дозатор дезинфектанта; 10 — подача воды потребителю

Рисунок 6.8 — Напорная схема двухступенчатого реагентного осветления и обесцвечивания воды с тонкослойными трубчатыми отстойниками и напорными фильтрами (установка «Струя»)



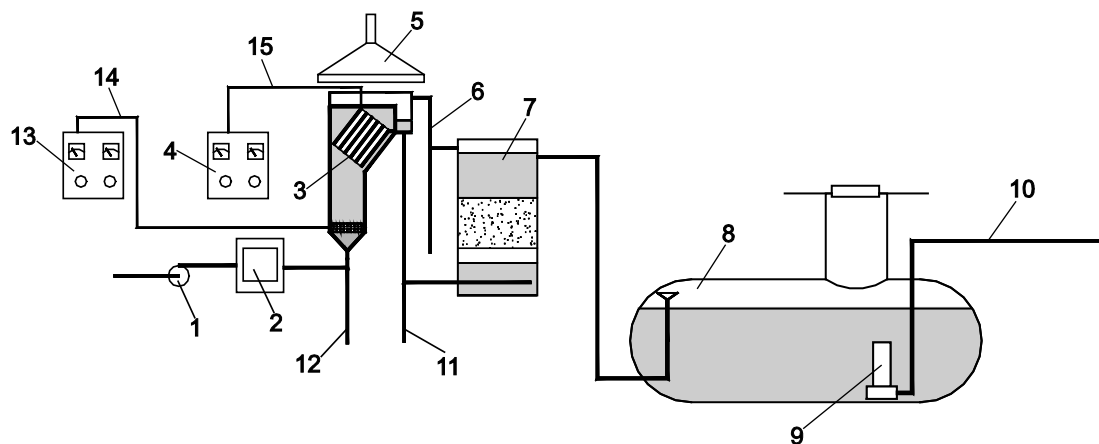
- 1 — насосы первого подъема; 2 — цех реагентного хозяйства; 3 — смеситель;
 4 — камера хлопьеобразования; 5 — отстойник; 6 — тонкоплочный модуль; 7 — озонаторы;
 8 — контактная камера; 9 — песчаные фильтры;
 10 — фильтры, загруженные гранулированным активированным углем; 11 — ввод дезинфектанта;
 12 — РЧВ; 13 — насосы второго подъема

Рисунок 6.9 — Технологическая схема трехступенчатой реагентной очистки воды, содержащей загрязнения техногенного происхождения



- 1 — насосы первого подъема; 2 — сетчатый фильтр; 3 — электрокоагулятор с алюминиевыми электродами;
 4 — выпрямитель; 5 — вытяжная вентиляция; 6 — переливной трубопровод;
 7 — фильтр с плавающей загрузкой; 8 — РЧВ; 9 — насосы второго подъема;
 10 — подача воды потребителям; 11 — отвод промывной воды;
 12 — трубопровод опорожнения электрокоагулятора

Рисунок 6.10 — Схема осветления и обесцвечивания воды электрокоагуляцией



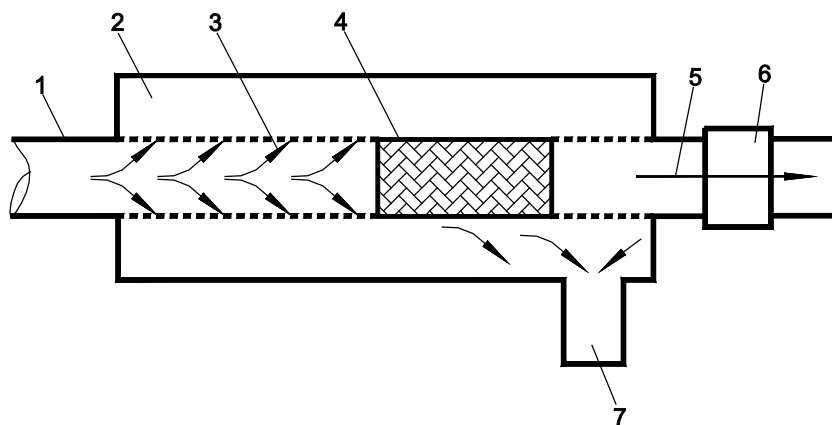
- 1 — насосы первого подъема; 2 — сетчатый фильтр;
 3 — аппарат комплексного электрохимического обесцвечивания;
 4 — источник питания пакета растворимых электродов; 5 — вытяжная вентиляция;
 6 — переливной трубопровод; 7 — фильтр с плавающей загрузкой; 8 — РЧВ; 9 — насосы второго подъема;
 10 — подача воды потребителям; 11 — трубопровод отвода промывной воды;
 12 — трубопровод полного опорожнения аппарата;
 13 — выпрямитель для электропитания пакета нерастворимых электродов;
 14 и 15 — провода (токоведущие шины)

Рисунок 6.11 — Схема осветления и обесцвечивания воды комплексным электрохимическим методом

7 Предварительная очистка воды

7.1 Для механической предварительной очистки поверхностных вод следует применять сетчатые фильтры в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31 (6.1 – 6.5).

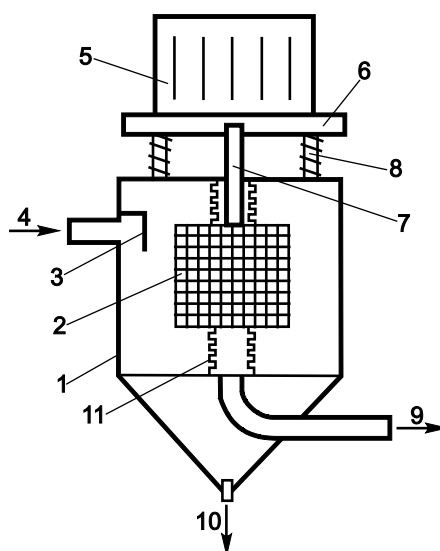
7.2 Для предварительной очистки воды следует предусматривать барабанные, горизонтальные, вертикальные плоские сетчатые фильтры, а также микрофильтры. Схема горизонтального сетчатого фильтра приведена на рисунке 7.1. Количество резервных сетчатых фильтров следует принимать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31 (6.2).



1 — подача исходной воды; 2 — корпус; 3 — направление движения воды при фильтровании; 4 — сетка; 5 — направление движения воды при промывке; 6 — автоматический блок управления промывкой; 7 — отвод фильтрованной воды

Рисунок 7.1 — Схема работы горизонтального сетчатого фильтра

7.3 При обосновании допускается применять одно- или многоступенчатое фильтрование через сетки с уменьшающимися по направлению движения воды размерами ячеек. Схема сетчатого фильтра с вибрационной очисткой сетки приведена на рисунке 7.2.



1 — металлический корпус; 2 — фильтрующий элемент; 3 — водоотбойная пластина; 4 — подвод исходной воды; 5 — электромагнитный вибратор; 6 — опорная плита; 7 — шток; 8 — пружина; 9 — отвод осветленной воды; 10 — система оттарированных насадок; 11 — сильфонные уплотнения

Рисунок 7.2 — Схема сетчатого фильтра с вибрационной очисткой сетки

7.4 Для съемных сеток водозаборов, не имеющих постоянной промывки, размер ячеек следует принимать не менее 2×2 мм, скорость течения воды в отверстиях — до 0,4 м/с, максимальные потери напора — до 0,1–0,2 м.

7.5 Площадь съемной сетки F_c , m^2 , вычисляют по формуле

$$F_c = \frac{Q_c}{v_p \eta_1 \eta_2 \eta_3}, \quad (7.1)$$

где Q_c — расход воды, проходящей через сетку, m^3/c ;

v_p — скорость течения воды, м/с;

η_1 — коэффициент сжатия струи, $\eta_1 \approx 0,8$;

η_2 — коэффициент стеснения живого сечения сетки проволокой;

$$\eta_2 = \frac{b^2}{(b+d)^2}, \quad (7.2)$$

здесь b — размер ячейки в свету, мм;

d — диаметр проволоки полотна сетки, мм;

η_3 — коэффициент загрязнения сеток, принимаемый $0,70 \leq \eta_3 \leq 0,85$.

Для вращающихся сеток следует дополнительно учитывать коэффициент уменьшения площади живого сечения сеток опорными рамами и шарнирами ($\eta_4 \approx 0,75$).

7.6 Барабанные сетки следует применять вместо плоских съемных ленточных сеток и других аналогичных устройств для удаления из воды крупных плавающих и взвешенных примесей.

7.7 В системах подготовки воды из поверхностных источников для задержания сине-зеленых и диатомовых водорослей, а также предварительного осветления следует предусматривать микрофильтры с размером ячейки 40 мкм. Окружная скорость барабана — от 0,1 до 0,3 м/с, глубина его погружения в воду — 4/5 диаметра барабана. Установку микрофильтров следует предусматривать в камерах. Количество барабанных сеток и микрофильтров следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (6.2).

7.8 При обосновании допускается применять для предварительной очистки воды другие фильтрационные установки, проектирование которых следует выполнять по рекомендациям изготовителей.

7.9 Для предварительного осветления воды с высокой мутностью, обусловленной присутствием примесей минерального происхождения, в системах коммунального водоснабжения следует применять гидроциклоны и мультициклоны заводского изготовления. Проектирование установки предварительного осветления воды с гидроциклонами необходимо осуществлять на основании данных технологических исследований гидравлической крупности примесей воды предполагаемого источника водоснабжения в период наиболее высокой мутности и технических характеристик гидроциклона завода-изготовителя.

8 Коагулирование и флокулирование

8.1 Реагентное хозяйство

8.1.1 Выбор реагентов следует осуществлять на основании технологического моделирования, принятой технологии водоподготовки и требований к воде потребителей при наибольшей цветности и мутности для максимального расхода воды, соответствующего этому периоду.

8.1.2 Расчетные дозы коагулянта, флокулянта и подщелачивающих реагентов следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.1.1 – 7.1.25). Дозы реагентов-окислителей и последовательность введения их в воду устанавливаются технологическим анализом воды, для ориентировочных расчетов следует учитывать рекомендации ТКП 45-4.01-31 (10.3 и 10.4).

8.1.3 Дозы реагентов следует уточнять технологическим моделированием в конкретных условиях. Основные характеристики наиболее часто применяемых реагентов приведены в таблице А.1 (приложение А). При обосновании допускается применять другие реагенты.

8.1.4 Приготовление и дозирование растворов коагулянта и флокулянта следует производить в специальном блоке сооружений — реагентном хозяйстве.

8.1.5 В состав сооружений реагентного хозяйства следует включать:

- баки (растворные, хранилища и расходные) для приготовления растворов коагулянта, извести, флокулянта и др., их хранения и расходования;
- систему трубопроводов и насосов для транспортирования растворов;
- систему воздухопроводов и воздуходувок для перемешивания и растворения реагентов;
- баки, оборудованные мешалками, при механическом перемешивании;
- механизмы для измельчения (дробления) кускового реагента;
- подъемно-транспортные устройства для загрузки реагентов в баки;
- сети внутреннего водопровода и производственной канализации для подачи воды и отвода образующихся технологических отходов;
- дозирующие устройства.

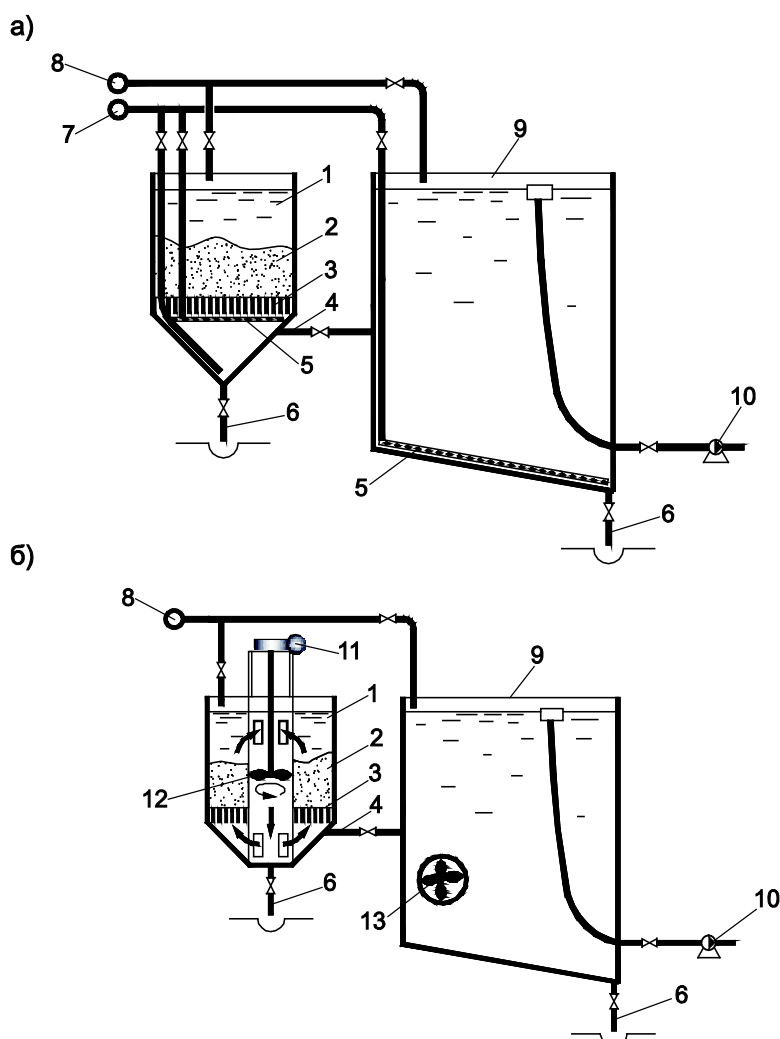
8.1.6 В технологии приготовления, хранения и расходования растворов коагулянта следует использовать один из трех вариантов высотного расположения баков для приготовления раствора коагулянта и подачи его в смесители.

8.1.7 По первому варианту растворные и расходные баки размещают в верхних этажах здания, реагенты к ним подаются подъемником. Через дозирующие устройства приготовленные растворы самотеком поступают в очищаемую воду. Такую схему следует применять при производительности станции до 5000 м³/сут.

8.1.8 По второму варианту растворные баки размещают внизу, вблизи складов реагентов, расходные — в верхних этажах здания. Растворы реагентов перекачиваются в верхние емкости насосами и через дозирующие устройства поступают самотеком в воду. Использование такой схемы требует возведения здания реагентного хозяйства достаточной высоты и усиления строительных конструкций, способных выдержать вес баков.

8.1.9 По третьему варианту растворные и расходные баки помещают в нижних этажах здания. Растворы реагентов при помощи напорных дозирующих устройств подаются в трубу, подводящую воду на очистные сооружения или в смеситель. Эта схема применима при любой производительности станции.

8.1.10 Хранение коагулянта следует предусматривать в «сухом» или «мокроем» виде. Схемы организации реагентного хозяйства при «сухом» и «мокроем» хранении приведены соответственно на рисунках 8.1 и 8.2.

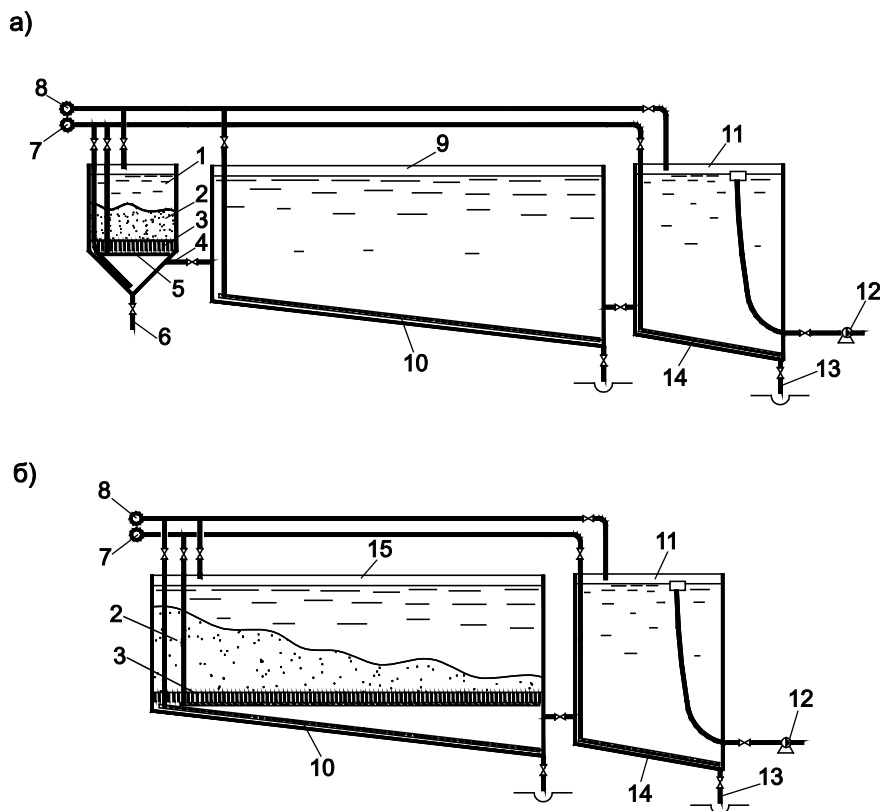


- 1 — растворный бак; 2 — коагулянт; 3 — колосниковая решетка с прозорами 10–15 мм;
 4 — отвод раствора коагулянта; 5 — дырчатые трубы для распределения воздуха;
 6 — трубопроводы сброса осадка и полного опорожнения емкостей; 7 — подача воздуха; 8 — подача воды;
 9 — расходные баки; 10 — насос-дозатор подачи раствора реагента в смеситель;
 11 — привод лопастной мешалки; 12 — лопастная мешалка для циркуляции воды в растворном баке;
 13 — механическая мешалка

Рисунок 8.1 — Схемы организации реагентного хозяйства при «сухом» хранении коагулянта:

а — с перемешиванием барботированием воздухом;

б — с механическим перемешиванием



- 1 — растворный бак; 2 — коагулянт; 3 — колосниковая решетка с прозорами 10–15 мм;
 4 — отвод раствора коагулянта; 5 — дырчатые трубы для распределения воздуха;
 6 — трубопровод сброса осадка и полного опорожнения емкостей; 7 — подача воздуха;
 8 — подача воды; 9 — бак для хранения раствора коагулянта;
 10 — дырчатые распределительные трубы; 11 — расходные баки; 12 — насос-дозатор;
 13 — трубопровод опорожнения расходных баков; 14 — система дырчатых труб;
 15 — бак для растворения и хранения коагулянта

Рисунок 8.2 — Схемы организации реагентного хозяйства при «мокром» хранении коагулянта:

а — с растворными баками;

б — с баками для растворения и хранения коагулянта

8.1.11 Растворы коагулянтов приготавливают в растворных баках, откуда их направляют в расходные баки, где их крепость доводят до рабочей концентрации.

8.1.12 Объем растворных баков $W_{\text{раств}}$ и расходных баков $W_{\text{расх}}$ следует определять по формулам, приведенным в таблице А.2 (приложение А).

8.1.13 Для станций производительностью менее 10 000 м³/сут при круглосуточной работе время, за которое растворяют коагулянт, t , ч, должно составлять 12–24 ч (при некруглосуточной работе станции t равно количеству часов работы станции в течение суток); для станции производительностью 10 000 м³/сут и более t должно составлять 10–12 ч.

8.1.14 Расходные баки следует проектировать с учетом требований ТКП 45-4.01-31 (7.1.10 – 7.1.14). Размеры прямоугольных емкостных сооружений следует принимать кратными 3 м, а по высоте — кратными 0,6 м. При длине стороны до 9 м, а также емкостных сооружений, встроенных в здания, допускается принимать размеры сооружения кратными 1,5 м.

При использовании в качестве коагулянта хлорного железа баки следует проектировать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.1.14).

8.1.15 Емкость баков-хранилищ необходимо определять в следующей последовательности.

Расход товарного продукта (коагулянта) P , т, для одного затворения вычисляют по формуле

$$P = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{к}} \cdot 100 T_{\text{р}}}{1000 \cdot 1000 C}, \quad (8.1)$$

где $Q_{\text{сут}}$ — производительность водоочистой станции, м³/сут;

$D_{\text{к}}$ — расчетная доза реагента (коагулянта), г/м³;

- T_p — срок хранения реагента, сут, с учетом производительности станции и условий поставки, рекомендуется принимать от 15 до 30 сут;
 C — содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта, %.

Объем концентрированного раствора, получаемого при растворении расчетного количества коагулянта W_k , м³, следует вычислять по формуле

$$W_k = \frac{P \cdot 100}{b_{б.хр} \rho}, \quad (8.2)$$

- где $b_{б.хр}$ — концентрация раствора в баках-хранилищах по товарному продукту, %;
 ρ — плотность раствора коагулянта, т/м³.

Принимают расчетное количество баков-хранилищ $N_{б.хр}$, шт. (рекомендуется не менее четырех), и определяют объем одного бака W_1 , м³, по формуле

$$W_1 = \frac{W_k}{N_{б.хр}}. \quad (8.3)$$

Баки проектируют с учетом требований ТКП 45-4.01-31 (7.1.10 – 7.1.14).

При обосновании количество баков-хранилищ может быть уменьшено.

8.1.16 Для растворения реагентов и перемешивания растворов следует предусматривать воздушное хозяйство. Суммарный расход воздуха, подаваемого в растворные и расходные баки, Q_v , м³, следует вычислять по формуле

$$Q_v = \omega_{раств} F_{раств} + \omega_{расх} F_{расх}, \quad (8.4)$$

- где $\omega_{раств}$ — интенсивность подачи воздуха в растворные баки, принимается в пределах от 8 до 10 дм³/(с·м²);
 $\omega_{расх}$ — интенсивность подачи воздуха в расходные баки, принимается в пределах от 3 до 5 дм³/(с·м²);
 $F_{раств}$, $F_{расх}$ — площадь в плане растворных и расходных баков соответственно, м².

Следует предусмотреть одну резервную воздухоувку.

8.1.17 Производительность воздухоувок $Q_{воздух}$, м³/мин, определяют по формуле

$$Q_{воздух} = \sum_{i=1}^n (\omega_i F_i) \cdot \frac{60}{1000}, \quad (8.5)$$

- где ω_i — интенсивность подачи воздуха в баки с реагентами, дм³/(с·м²);
 F_i — площадь в плане баков с реагентами, м².

Требуемое давление следует определять расчетом.

8.1.18 Для перекачки и дозирования реагентов целесообразно применять насосы-дозаторы. Они могут быть использованы для объемного напорного дозирования нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий, в том числе с твердой необразивной фазой. Количество дозаторов следует принимать в зависимости от числа точек ввода и производительности дозатора, но не менее двух (один резервный). Для транспортирования раствора коагулянта следует применять кислотостойкие материалы.

8.1.19 Производительность насоса-дозатора $q_{н.д}$, дм³/ч, для дозирования растворов реагентов следует определять по формуле

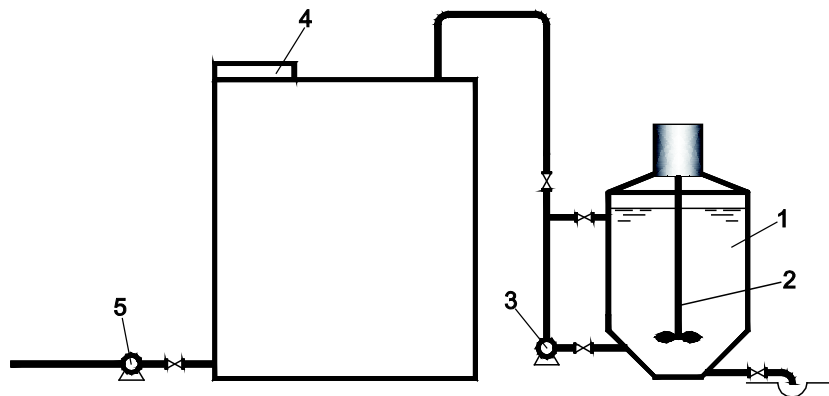
$$q_{н.д} = \frac{q_{час} D_p \cdot 10}{cb_{расх} \rho}, \quad (8.6)$$

- где $q_{час}$ — расчетный расход обрабатываемой воды, м³/ч;
 D_p — расчетная доза реагента, г/м³;
 c — содержание активного вещества в товарном продукте коагулянта, %;
 $b_{расх}$ — концентрация раствора реагента в расходном баке, принимается 12 % по ТКП 45-4.01-31;
 ρ — плотность раствора реагента, т/м³.

8.1.20 Схема установки приготовления и дозирования раствора флокулянта приведена на рисунке 8.3. Производительность мешалки $q_{\text{меш}}$, кг/ч, вычисляют по формуле

$$q_{\text{меш}} = \frac{Q_{\text{сут}} D_{\text{ПАА}}}{24 \cdot 1000}, \quad (8.7)$$

где $Q_{\text{сут}}$ — производительность очистной станции, м³/сут;
 $D_{\text{ПАА}}$ — доза флокулянта, мг/дм³, назначается на основании данных технологических исследований или согласно ТКП 45-4.01-31 (7.1.3).



1 — растворный бак; 2 — механическая мешалка; 3 — центробежный насос;
 4 — расходный бак; 5 — насос-дозатор

Рисунок 8.3 — Схема установки приготовления и дозирования раствора флокулянта (например, ПАА)

8.1.21 Объем растворного бака флокулянта $W_{\text{раст.ПАА}}$, м³, следует вычислять по формуле

$$W_{\text{раст.ПАА}} = \frac{q_{\text{меш}} \cdot 100}{1000 b_{\text{фл}} \rho_{\text{фл}}}, \quad (8.8)$$

где $b_{\text{фл}}$ — концентрация раствора флокулянта, следует принимать в пределах от 0,1 % до 1 %;
 $\rho_{\text{фл}}$ — плотность раствора флокулянта, равная 1 т/м³.

По полученному объему принимают типовой размер мешалки.

8.1.22 Объем расходных баков флокулянта $W_{\text{расх.ПАА}}$, м³, вычисляют по формуле

$$W_{\text{расх.ПАА}} = W_{\text{раст.ПАА}} T_{\text{ПАА}}, \quad (8.9)$$

где $T_{\text{ПАА}}$ — срок хранения флокулянта, сут, следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.1.17).

8.1.23 Для перекачки рабочих растворов флокулянтов следует применять насосы.

8.1.24 Дозирование флокулянта следует осуществлять поршневыми, винтовыми, мембранными или другими насосами-дозаторами.

8.1.25 Производительность насоса-дозатора q_n , дм³/ч, вычисляют по формуле

$$q_n = \frac{q_{\text{час}} D_{\text{ПАА}} \cdot 10}{C_{\text{ПАА}} b_{\text{расх}} \rho}, \quad (8.10)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход обрабатываемой воды, м³/ч;
 $D_{\text{ПАА}}$ — расчетная доза флокулянта, мг/дм³;
 $C_{\text{ПАА}}$ — содержание активного вещества в товарном продукте коагулянта, %;
 $b_{\text{расх}}$ — концентрация раствора реагента в расходном баке, принимается в пределах от 0,1 % до 1,0 %;
 ρ — плотность раствора флокулянта, т/м³.

8.1.26 Введение подщелачивающих реагентов в воду следует предусматривать при недостаточной щелочности воды. Доза подщелачивающего реагента и расчет известкового хозяйства следует выполнять согласно ТКП 45-4.01-31 (7.1.19 – 7.1.25).

8.1.27 При поставке качественной порошкообразной извести целесообразно применять ее сухое дозирование с использованием объемных или массовых дозаторов.

8.1.28 При расходе извести до 50 кг/сут по СаО допускается применение схемы с использованием известкового раствора, получаемого в сатураторах двойного насыщения. При этом следует предусматривать склад «мокрого» хранения извести, сатураторы двойного насыщения, расходные баки.

Расход извести на подщелачивание $m_{\text{изв}}$, кг/ч, определяется по формуле

$$m_{\text{изв}} = \frac{D_{\text{щ}} q_{\text{час}}}{1000}, \quad (8.11)$$

где $D_{\text{щ}}$ — доза извести в пересчете на СаО для подщелачивания, г/м³;

$q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, м³/ч.

Производительность сатуратора по насыщенному раствору извести $Q_{\text{сатур}}$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{сатур}} = \frac{m_{\text{изв}}}{n_{\text{с}} C_{\text{СаО}}}, \quad (8.12)$$

где $n_{\text{с}}$ — количество сатураторов в установке;

$C_{\text{СаО}}$ — концентрация насыщенного известкового раствора, равная 1,4 кг/м³.

Объем сатуратора $W_{\text{сатур}}$, м³, определяется по формуле

$$W_{\text{сатур}} = K_1 K_2 Q_{\text{сатур}}, \quad (8.13)$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от температуры (при $t = 20^\circ\text{C}$ — $K_1 = 1$; при $t = 50^\circ\text{C}$ — $K_1 = 1,3$);

K_2 — коэффициент, зависящий от жесткости ($K_2 = 1$ — при кальциевой жесткости более 70 % от общей жесткости; $K_2 = 1,3$ — при кальциевой жесткости менее 70 % от общей жесткости).

8.1.29 Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока из молотой негашеной извести приведена на рисунке 8.4.

8.1.30 Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока из комовой негашеной извести приведена на рисунке 8.5.

8.1.31 Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока при контейнерной доставке извести приведена на рисунке 8.6.

8.1.32 Если известковое тесто готовится централизованно и привозится на станцию, то следует предусматривать баки для приготовления 30 %-го известкового молока, баки для хранения известкового молока, расходные баки 5 %-го раствора извести (технологическая схема приведена на рисунке 8.7).

8.1.33 Объем бака для приготовления 30 %-го известкового молока $W_{30\%}$, м³, следует рассчитывать по формуле

$$W_{30\%} = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{и}} D_{\text{и}}}{10\,000 b_{\text{и}} \rho_{\text{и}}}, \quad (8.14)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, м³/ч;

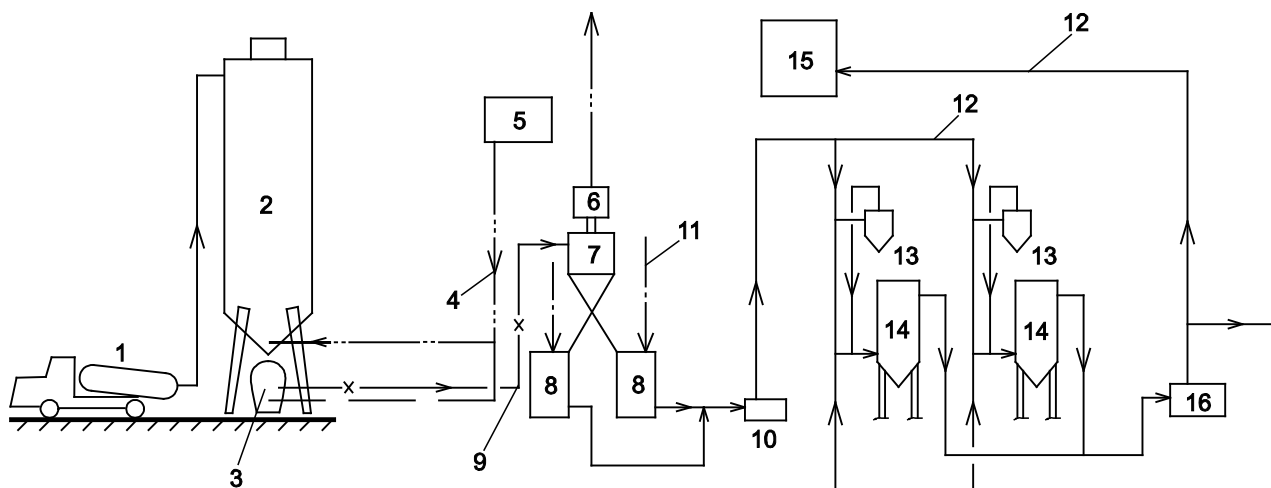
$t_{\text{и}}$ — время, на которое заготавливают известковое молоко, следует принимать в пределах от 6 до 12 ч;

$D_{\text{и}}$ — доза извести, мг/дм³;

$b_{\text{и}}$ — концентрация известкового молока, равная 30 %;

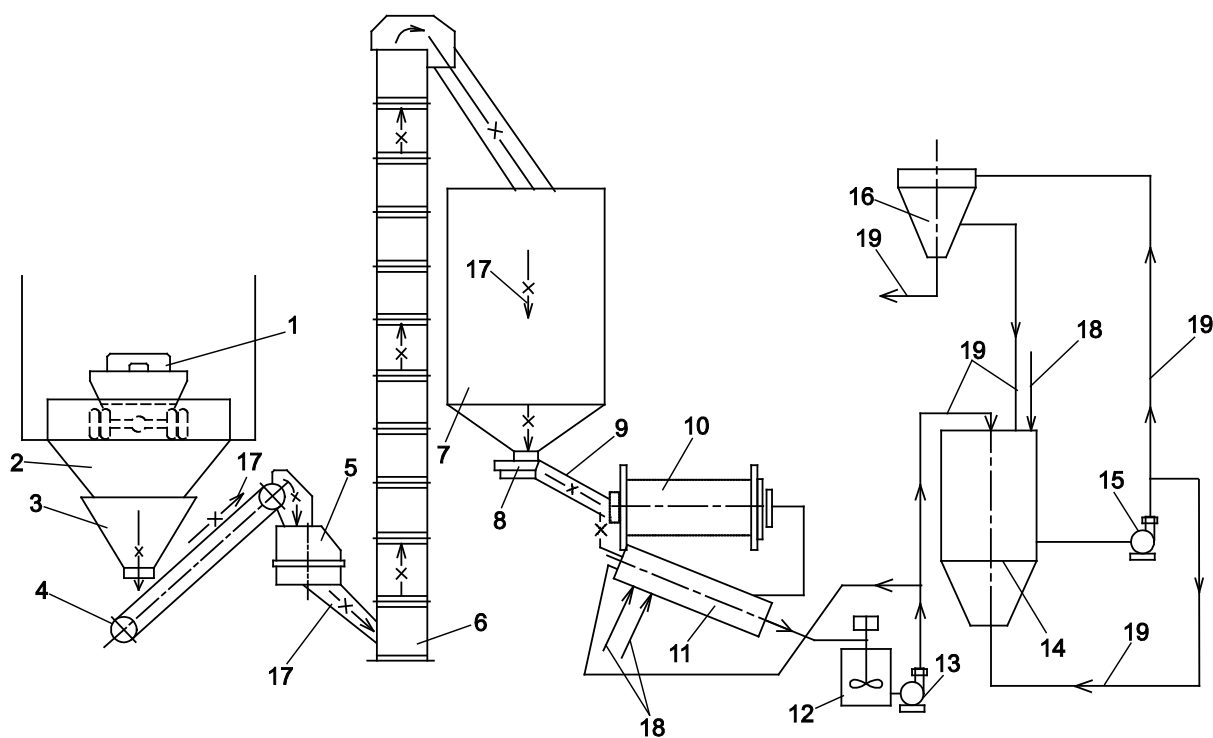
$\rho_{\text{и}}$ — плотность известкового молока, $\rho_{\text{и}} = 1 \text{ т/м}^3$.

Количество баков — не менее двух.



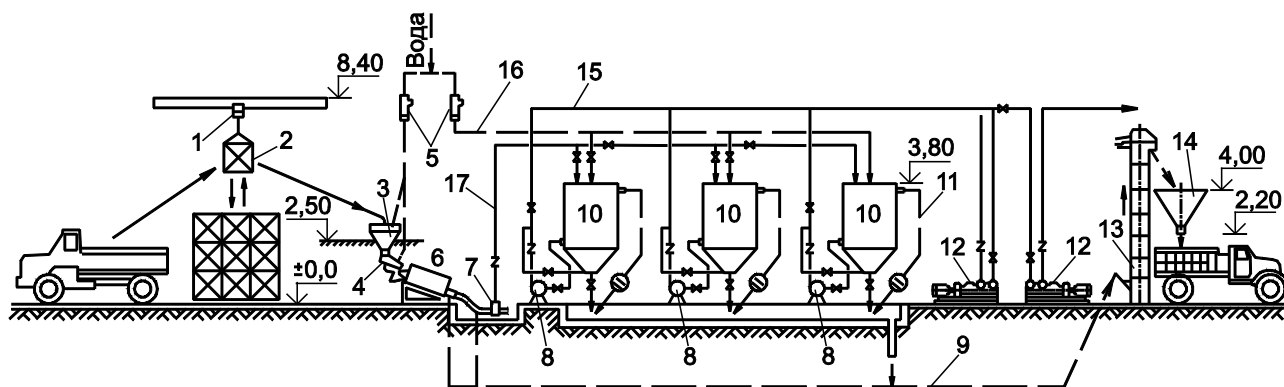
- 1 — автоцементовоз; 2 — автоматизированный склад извести С-753А; 3 — камерный насос;
 4 — подача воздуха; 5 — компрессор; 6 — фильтр для очистки воздуха; 7 — расходный бункер извести;
 8 — аппараты с перемешивающим устройством; 9 — подача извести;
 10 — насос для перекачки концентрированного известкового молока; 11 — подача воды;
 12 — подача известкового молока; 13 — гидроциклоны; 14 — гидравлические мешалки;
 15 — бункерные автоматические дозаторы известкового молока; 16 — насос для известкового молока

Рисунок 8.4 — Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока из молотой негашеной извести



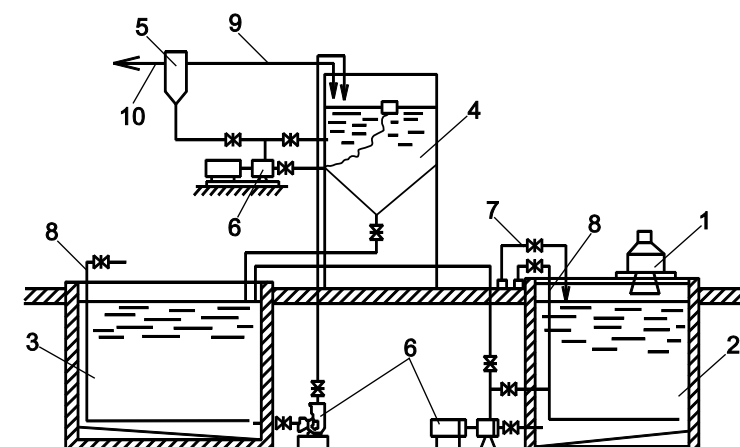
- 1 — автосамосвал или железнодорожный вагон; 2 — приемный бункер; 3 — питатель;
 4 — ленточный конвейер; 5 — дробилка; 6 — элеватор; 7 — бункер-склад; 8 — питатель; 9 — конусная труба;
 10 — шаровая мельница; 11 — классификатор; 12 — резервуар для известкового молока концентрации 30 %;
 13 — насос; 14 — резервуар известкового молока концентрации 5 %; 15 — насос;
 16 — бункерный автоматический дозатор известкового молока; 17 — комовая известь;
 18 — вода; 19 — подача известкового молока

Рисунок 8.5 — Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока из комовой негашеной извести



- 1 — подвесной электрический кран; 2 — резинокордовый контейнер емкостью 1,5 т;
 3 — бункер с подставкой для опорожнения контейнера; 4 — вибропитатель; 5 — ротаметры для воды;
 6 — известегасилка термомеханическая или шаровая мельница с классификатором; 7 — растворонасос;
 8 — насосы центробежные; 9 — отходы гашения; 10 — гидравлическая мешалка объемом 8 м³;
 11 — перелив; 12 — насосы-дозаторы; 13 — элеватор; 14 — бункер с затвором;
 15 — трубопровод подачи 5 %-го известкового молока; 16 — вода;
 17 — трубопровод подачи 30 %-го известкового молока

Рисунок 8.6 — Технологическая схема установки для приготовления 5 %-го известкового молока при контейнерной доставке извести



- 1 — контейнер для 50 %-го известкового теста; 2 — бак для приготовления 30 %-го известкового молока;
 3 — бак-хранилище 30 %-го известкового молока; 4 — расходные баки для 5 %-го раствора извести;
 5 — дозатор; 6 — насосы; 7 — водопровод; 8 — воздуховод от воздуходувки; 9 — перелив из дозатора;
 10 — трубопровод для подачи отдозированного известкового раствора в смеситель

Рисунок 8.7 — Схема известкового хозяйства с использованием привозного теста

8.1.34 Объем баков-хранилищ $W_{б.хр}$, м³, вычисляют по формуле

$$W_{б.хр} = \frac{Q_{сут} D_{и} T_{и}}{10\,000 \cdot b_{и} \rho_{и}}, \quad (8.15)$$

где $T_{и}$ — время хранения известкового молока, принимается в пределах от 15 до 30 сут.

Количество баков — не менее двух.

8.1.35 Объем расходных баков $W_{5\%}$, м³, вычисляют по формуле

$$W_{5\%} = \frac{W_{30\%} b_{и}}{b_p}, \quad (8.16)$$

где b_p — концентрация рабочего раствора известкового молока, принимается равной 5 %.

8.1.36 В качестве расходных баков допускается принимать типовые гидравлические мешалки извещкового молока 5 %-й концентрации.

8.1.37 Количество воздуха, необходимое для перемешивания извещкового молока в баках извещкового хозяйства, $Q_{\text{изв.хоз}}, \text{ дм}^3/\text{с}$, следует определять из условия интенсивности подачи воздуха $\omega = 8\text{--}10 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ по формуле

$$Q_{\text{изв.хоз}} = \omega \cdot (F_1 n_1 + F_2 n_2), \quad (8.17)$$

где F_1, n_1 — соответственно площадь, м^2 , и количество баков-хранилищ, шт.;

F_2, n_2 — соответственно площадь, м^2 , и количество расходных баков, шт.

8.1.38 Для перекачки раствора извещкового молока следует применять центробежные насосы. Скорость движения извещкового молока в трубопроводах должна приниматься не менее 0,8 м/с. Повороты на трубопроводах извещкового молока следует предусматривать с радиусом не менее $5d$, где d — диаметр трубопровода. Напорные трубопроводы проектируют с уклоном к насосу не менее 0,02; самотечные трубопроводы должны иметь уклон к выпуску не менее 0,03.

8.2 Смесительные устройства

8.2.1 Смесительные устройства следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31 (7.2.1 – 7.2.9).

В качестве смесительных устройств гидравлического типа следует применять шайбовые, вертикальные (вихревые), дырчатые, перегородчатые и коридорные смесители.

В качестве смесительных устройств механического типа следует использовать пропеллерные, турбинные или лопастные мешалки.

8.2.2 Шайбовые смесители могут применяться на станциях любой производительности.

8.2.3 Вертикальный смеситель следует использовать на станциях средней и большой производительности при условии, что на один смеситель будет приходиться расход воды в пределах от 1200 до 1500 $\text{м}^3/\text{ч}$.

8.2.4 При смешении с обрабатываемой водой реагентов в виде суспензий — извещкового молока, каустического магнезита и др. — для гидравлического перемешивания целесообразно применять вертикальные смесители.

8.2.5 Дырчатый смеситель целесообразно использовать на водоочистных сооружениях производительностью до 1000 $\text{м}^3/\text{ч}$.

8.2.6 Перегородчатый смеситель следует проектировать для водоочистных станций производительностью не более 600 $\text{м}^3/\text{ч}$, т. к. при большей производительности конструктивные размеры смесителей этих типов многократно увеличиваются.

8.2.7 Коридорные смесители следует проектировать для водоочистных станций производительностью более 300 000 $\text{м}^3/\text{сут}$.

8.2.8 При использовании шайбовых смесителей длина участка, на котором происходит смешение, должна быть не менее 50 диаметров трубопровода.

8.2.9 При расчете шайбового смесителя диаметр напорного водовода $d_{\text{н.вод}}$, м, определяется по формуле

$$d_{\text{н.вод}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{н.вод}}}{\pi v_{\text{н.вод}}}}, \quad (8.18)$$

где $Q_{\text{н.вод}}$ — расход воды в напорном водоводе, $\text{м}^3/\text{с}$;

$v_{\text{н.вод}}$ — скорость воды в напорном водоводе, рекомендуется принимать в пределах от 1,2 до 1,5 м/с.

Полученное значение округляют до ближайшего по сортаменту диаметра $d_{\text{н.вод(ст)}}$.

8.2.10 Скорость движения воды в суженной части $v_{\text{суж}}$, м/с, (рекомендуется $v_{\text{суж}} \leq 3,0$ м/с) вычисляют по формуле

$$v_{\text{суж}} = \sqrt{2gh_{\text{д}} - v_{\text{н.вод(ст)}}^2}, \quad (8.19)$$

где $h_{\text{д}}$ — потери напора воды в смесителе, м, следует принимать в пределах от 0,2 до 0,3 м;

$v_{\text{н.вод(ст)}}$ — скорость движения воды в напорном водоводе при диаметре $d_{\text{н.вод(ст)}}$.

8.2.11 Диаметр суженной части смесителя $d_{\text{суж}}$, м, вычисляют по формуле

$$d_{\text{суж}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{н.вод}}}{\pi v_{\text{суж}}}}. \quad (8.20)$$

Понижение напора воды в суженной части следует определять по формуле

$$h = \frac{v_{\text{н.вод(ст)}}^2 \cdot (m^2 - 1)}{2g\mu^2}, \quad (8.21)$$

где m — отношение площадей сечений трубопровода и диафрагмы:

$$m = \frac{d_{\text{н.вод(ст)}}^2}{d_{\text{суж}}^2}, \quad (8.22)$$

μ — коэффициент расхода воды, равный 0,8.

Пьезометрическая отметка перед смесителем z_2 , м, вычисляется по формуле

$$z_2 = z_1 + h_{\text{н}} + h_{\text{д}}, \quad (8.23)$$

где z_1 — отметка уровня воды в камере хлопьеобразования;

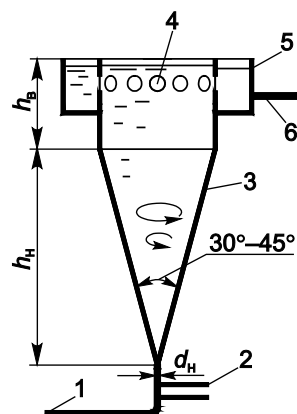
$h_{\text{н}}$ — напор воды на свободный излив, равный 0,8 м.

Отметка дна дозирующего бачка или приемной воронки z_3 , м, вычисляется по формуле

$$z_3 = z_2 - h + 0,5, \quad (8.24)$$

где h — глубина воды в дозирочном бачке, м.

8.2.12 Вихревой смеситель следует проектировать квадратным или круглым в плане с пирамидальной или конической нижней частью в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31 (7.2.6). Центральный угол между наклонными стенками смесителя α должен составлять от 30° до 45° . Обрабатываемая вода поступает в нижнюю часть смесителя со скоростью $v_{\text{н}}$ от 1,2 до 1,5 м/с. Схема вертикального смесителя приведена на рисунке 8.8.



1 — подача исходной воды; 2 — ввод реагентов; 3 — коническая часть смесителя;
4 — затопленные отверстия; 5 — сборный желоб; 6 — отвод воды, смешанной с реагентами

Рисунок 8.8 — Вертикальный (вихревой) смеситель

Площадь горизонтального сечения верхней части смесителя $f_{\text{в}}$, м^2 , следует определять по формуле

$$f_{\text{в}} = \frac{q_{\text{см}}}{v_{\text{в}}}, \quad (8.25)$$

где $q_{\text{см}}$ — расход воды, проходящей через смеситель, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$v_{\text{в}}$ — скорость восходящего движения воды, принимается в пределах от 30 до 40 мм/с (от 108 до 144 м/ч).

Ширину b_B , м, (для квадратного в плане) и диаметр d_B , м, (для круглого в плане) верхней части смесителя вычисляют по формулам:

$$b_B = \sqrt{f_B}, \quad (8.26)$$

$$d_B = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_B}{\pi}}. \quad (8.27)$$

Размер входного отверстия следует принимать равным диаметру подводящего трубопровода d_H , м, который определяется по формуле

$$d_H = 2 \cdot \sqrt{\frac{q_{CM}}{\pi v_H 3600}}, \quad (8.28)$$

где v_H — скорость подвода воды в нижнюю часть смесителя, м/с.

Для квадратного в плане смесителя сторона нижнего основания b_H принимается равной d_H .

Площадь горизонтального сечения нижней части смесителя f_H , м²:

— для квадратного

$$f_H = b_H^2; \quad (8.29)$$

— для круглого

$$f_H = \frac{\pi d_H^2}{4}.$$

Высота нижней части смесителя h_H , м:

$$h_H = 0,5 \cdot (d_B - d_H) \cdot \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (8.30)$$

Для квадратного в плане смесителя $d_B = b_B$.

Объем нижней части смесителя W_H , м³:

$$W_H = \frac{h_H}{3} \cdot (f_B + f_H + \sqrt{f_B f_H}). \quad (8.31)$$

Полный объем смесителя W_{CM} , м³:

$$W_{CM} = \frac{q_{CM} t_{CM}}{60}, \quad (8.32)$$

где t_{CM} — продолжительность смешения реагента с водой, мин, принимается в пределах от 1,5 до 2 мин.

Объем верхней части смесителя W_B , м³:

$$W_B = W_{CM} - W_H. \quad (8.33)$$

Высота верхней части смесителя h_B , м:

$$h_B = \frac{W_B}{f_B}. \quad (8.34)$$

Общая высота смесителя h_O , м:

$$h_O = h_B + h_H. \quad (8.35)$$

Сбор воды осуществляется в верхней части смесителя периферийным лотком через затопленные отверстия. Скорость движения воды в лотке v_n следует принимать равной 0,6 м/с.

Площадь живого сечения сборного лотка f_n , м²:

$$f_n = \frac{q_{CM}}{v_n n 3600}, \quad (8.36)$$

где $n = 2$ — коэффициент, учитывающий сбор воды с двух сторон смесителя.

Площадь затопленных отверстий F_o , м², в стенках сборного лотка:

$$F_o = \frac{q_{\text{см}}}{v_o \cdot 3600}, \quad (8.37)$$

где v_o — скорость движения воды через отверстия, м/с, следует принимать равной 1 м/с.

Диаметр отверстий d_o , м, следует принимать в пределах от 20 до 100 мм, общее количество отверстий n_o , шт., следует вычислять по формуле

$$n_o = \frac{F_o}{f_o}, \quad (8.38)$$

где f_o — площадь одного отверстия, м².

Ширину лотка b_n следует принимать в пределах от 0,2 до 0,4 м.

Высота слоя воды в лотке h_n , м, вычисляется по формуле

$$h_n = \frac{f_n}{b_n}. \quad (8.39)$$

Уклон дна лотка в сторону сборного кармана равен 0,02.

Шаг отверстий e_o , м, вычисляется по формуле

$$e_o = \frac{p_n}{n_o}, \quad (8.40)$$

где p_n — внутренний периметр лотка (желоба), м, определяемый по формулам:

— для квадратного в плане смесителя

$$p_n = 4 \cdot (b_n + 2\delta), \quad (8.41)$$

здесь δ — толщина стенки желоба, м;

— для круглого в плане смесителя

$$p_n = 3,14 \cdot (d_n + 2\delta).$$

Расстояние между отверстиями e_p , м, рассчитывается по формуле

$$e_p = e_o - d_o. \quad (8.42)$$

Из сборного лотка вода поступает в боковой карман, размеры которого принимаются конструктивно так, чтобы в нижней части разместить трубу для отвода воды, прошедшей смеситель.

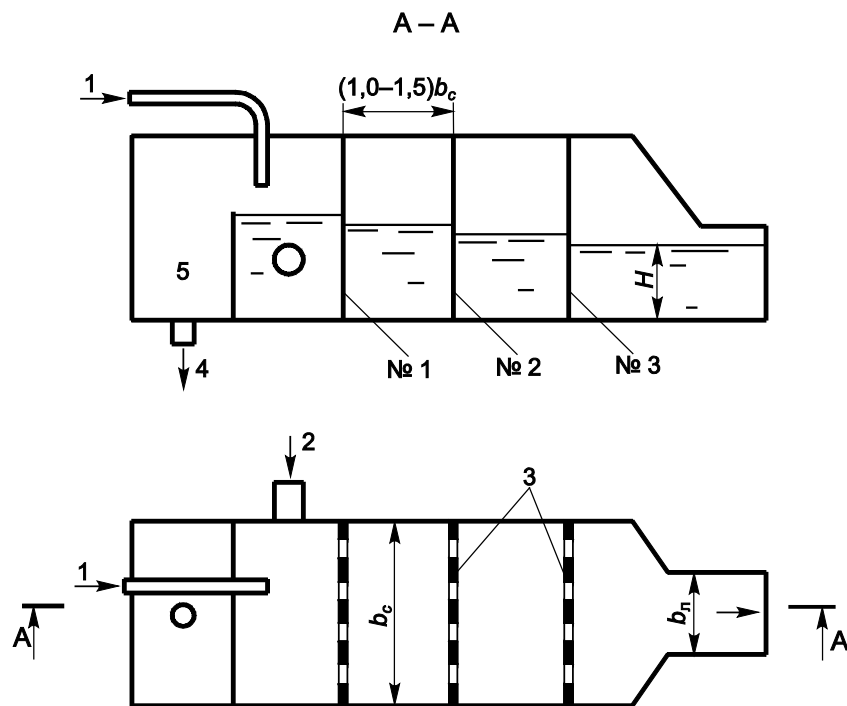
8.2.13 Схема дырчатого смесителя приведена на рисунке 8.9. Выполняется он в виде железобетонного лотка с вертикальными перегородками, установленными перпендикулярно движению воды, с отверстиями, расположенными в несколько рядов. Скорость движения воды в отверстиях перегородок v_o следует принимать 1 м/с. Верхний ряд отверстий должен быть затоплен на глубину $h_{\text{зам}}$ в пределах от 0,10 до 0,15 м.

Количество отверстий в каждой перегородке n , шт., определяется по формуле

$$n = \frac{4Q_{\text{д.см}}}{\pi v_o d_o^2}, \quad (8.43)$$

где $Q_{\text{д.см}}$ — расчетный расход воды через один дырчатый смеситель, м³/с;

d_o — диаметр отверстий, мм, принимается в пределах от 20 мм — для станций небольшой производительности и до 100 мм — для станций производительностью 1000 м³/ч и более.



1 — ввод реагента; 2 — подача воды; 3 — перегородки с отверстиями;
4 — переливная труба; 5 — переливная камера

Рисунок 8.9 — Схема дырчатого смесителя

Потери напора в отверстиях перегородок $\sum h$, м, вычисляются по формуле

$$\sum h = \frac{mv_o^2}{2g\mu^2}, \quad (8.44)$$

где m — общее количество перегородок, принимается не менее 3 шт.;

μ — коэффициент расхода, зависящий от отношения диаметра отверстия d_o к толщине перегородки δ , принимаемый в пределах от 0,65 до 0,75 ($\mu = 0,65$ при $d_o/\delta = 2$; $\mu = 0,75$ при $d_o/\delta = 1$, толщина перегородки $\delta = 0,06$ м).

Перепад уровней за каждой перегородкой h , м, определяется по формуле

$$h = \frac{\sum h}{m}. \quad (8.45)$$

Площадь сечения лотка в конце смесителя f_n , м, вычисляется по формуле

$$f_n = \frac{Q_{д.см}}{v_n}, \quad (8.46)$$

где v_n — скорость движения воды за последней перегородкой, принимается 0,6 м/с.

Глубина потока воды в конце смесителя (после всех перегородок) H назначается в пределах от 0,4 до 0,5 м, ширина лотка b_n , м, определяется по формуле

$$b_n = \frac{f_n}{H}. \quad (8.47)$$

Суммарная площадь отверстий в каждой перегородке F_o , м², вычисляется по формуле

$$F_o = n \cdot \frac{\pi d_o^2}{4}. \quad (8.48)$$

Суммарная площадь отверстий не должна превышать 30 % площади перегородки, исходя из этого ее минимальная площадь f_n , м², определяется по формуле

$$f_n = \frac{F_o}{0,3}. \quad (8.49)$$

Глубина воды перед первой перегородкой (считая от конца смесителя) H_{n1} , м:

$$H_{n1} = H + h. \quad (8.50)$$

Рабочая высота (с отверстиями) первой перегородки H_{p1} , м:

$$H_{p1} = H_{n1} - h_{\text{зат}}. \quad (8.51)$$

Ширина смесителя b_c , м:

$$b_c = \frac{f_n}{H_{p1}}. \quad (8.52)$$

Глубина воды перед второй (считая с конца) перегородкой H_{n2} , м:

$$H_{n2} = H_{n1} + h. \quad (8.53)$$

Глубина воды перед третьей (считая с конца) перегородкой H_{n3} , м:

$$H_{n3} = H_{n2} + h. \quad (8.54)$$

Полная высота смесителя H_c , м:

$$H_c = H_{n3} + 0,5. \quad (8.55)$$

Приняв количество рядов отверстий, определяют шаг оси отверстий по горизонтали и вертикали. Расстояние между перегородками по длине дырчатого смесителя следует принимать равным от 1,0 до 1,5 ширины смесителя.

8.2.14 Перегородчатый смеситель следует применять на водоочистных станциях производительностью до 600 м³/ч; его схема приведена на рисунке 8.10.

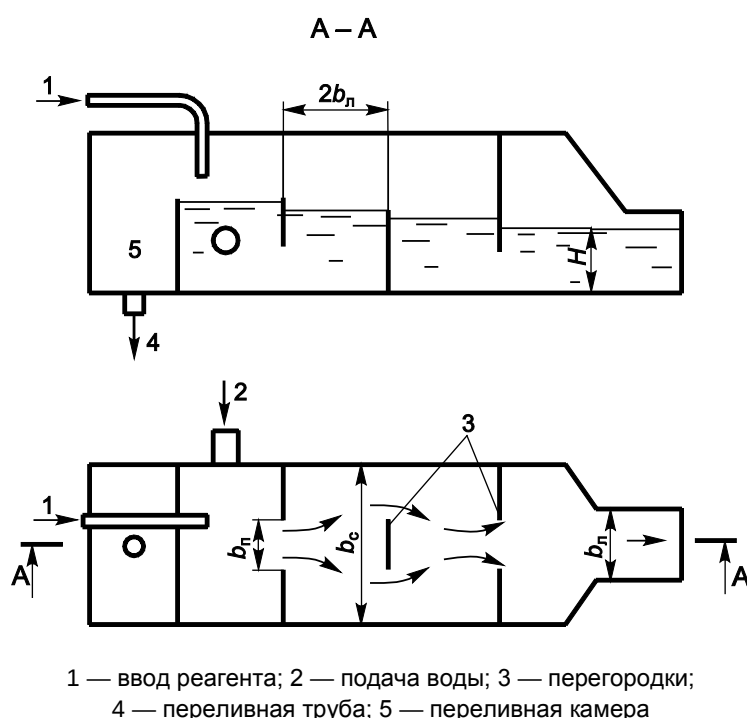


Рисунок 8.10 — Схема перегородчатого смесителя

Площадь сечения потока воды в лотке f_n , м^2 , следует вычислять по формуле

$$f_n = \frac{Q_{\text{п.см}}}{v_n}, \quad (8.56)$$

где $Q_{\text{п.см}}$ — расчетный расход воды через один перегородочный смеситель, $\text{м}^3/\text{с}$;
 v_n — допустимая скорость движения воды в лотке, м/с ($v_n = 0,6 \text{ м/с}$).

Ширину лотка b_n , м , вычисляют по формуле

$$b_n = \frac{f_n}{H}, \quad (8.57)$$

где H — высота слоя воды в конце смесителя после перегородок (минимальное значение — $0,4\text{--}0,5 \text{ м}$). Расстояние между перегородками принимают равным двойной ширине лотка.

Потерю напора h_c , м , в каждом сужении смесителя вычисляют по формуле

$$h_c = \xi \cdot \frac{v_c^2}{2g}, \quad (8.58)$$

где ξ — коэффициент сопротивления, принимаемый равным $2,9$;
 v_c — скорость движения воды в сужениях перегородки, м/с ($v_c = 1 \text{ м/с}$).

Общие потери напора $\sum h$, м , вычисляются по формуле

$$\sum h = nh_c, \quad (8.59)$$

где n — количество перегородок, $n = 3$ шт.

Площадь суженных проходов для воды в центральной перегородке с двумя боковыми сужениями $f_{\text{с.ц}}$, м^2 , определяется по формуле

$$f_{\text{с.ц}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_{\text{п.см}}}{v_c}. \quad (8.60)$$

Высота слоя воды после второй (считая с конца) перегородки h_2 , м :

$$h_2 = H + h_c. \quad (8.61)$$

Высота в свету каждого из двух боковых проходов h_n , м , составит:

$$h_n = h_2 - h_3, \quad (8.62)$$

где h_3 — глубина затопления проходов от уровня воды до их верха, принимается в пределах от $0,1$ до $0,15 \text{ м}$.

Ширина каждого суженного прохода b_n , м , определяется по формуле

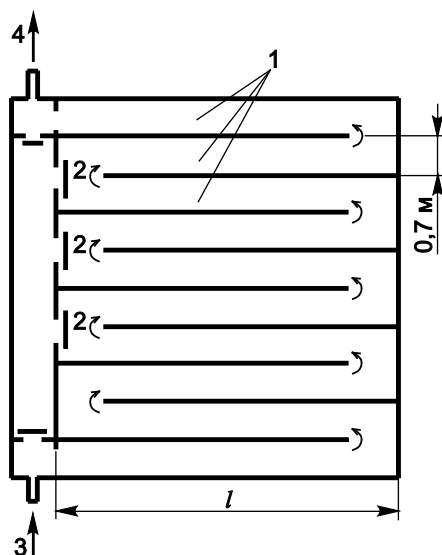
$$b_n = \frac{f_{\text{с.ц}}}{h_n}. \quad (8.63)$$

Для перегородок с одним суженным проходом площадь прохода f_1 , м^2 , определяется по формуле

$$f_1 = \frac{Q_{\text{п.см}}}{v_c}. \quad (8.64)$$

Остальные параметры определяются аналогично параметрам дырчатого смесителя.

8.2.15 Схема коридорного смесителя приведена на рисунке 8.11. Расстояние между перегородками должно быть не менее $0,7 \text{ м}$, число поворотов потока на 180° — 9 или 10 .



1 — коридоры; 2 — шибера; 3 — подача исходной воды; 4 — отвод воды, смешанной с реагентами

Рисунок 8.11 — Схема коридорного смесителя

Площадь сечения коридора смесителя f_n , м^2 , определяется по формуле

$$f_n = \frac{Q_{\text{к.см}}}{v_c}, \quad (8.65)$$

где $Q_{\text{к.см}}$ — расчетный расход воды через коридорный смеситель, $\text{м}^3/\text{с}$;

v_c — скорость движения воды в смесителе, принимаемая уменьшающейся от 0,7 до 0,5 $\text{м}/\text{с}$.

Потеря напора на одном повороте коридорного смесителя h_c , м , составит:

$$h_c = \xi \cdot \frac{v_c^3}{2g}, \quad (8.66)$$

где ξ — коэффициент сопротивления, равный 2,9.

Общие потери напора $\sum h$, м , вычисляются по формуле

$$\sum h = n h_c, \quad (8.67)$$

где n — количество коридоров, шт.; принимается в пределах от 8 до 12 шт.

Длина коридора l , м , определяется по формуле

$$l = \frac{v_o t \cdot 60}{n}, \quad (8.68)$$

где v_o — средняя скорость движения воды в смесителе, $\text{м}/\text{с}$;

t — время пребывания воды в смесителе, мин; принимается не менее 2 мин.

8.2.16 Схема механического смесителя приведена на рисунке 8.12. Следует использовать лопастные, пропеллерные, турбинные мешалки. Режим перемешивания следует принимать турбулентным. Число Рейнольдса следует вычислять по формуле

$$Re_{\text{ц}} = \frac{\rho n d^2}{\mu} > 50, \quad (8.69)$$

где ρ — плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

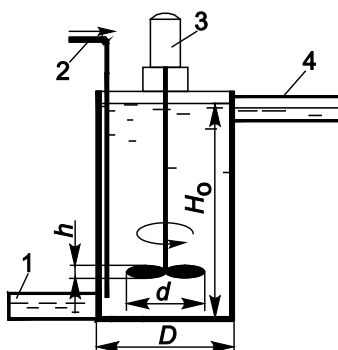
n — частота вращения мешалки, с^{-1} ;

d — диаметр мешалки, м ;

μ — динамический коэффициент вязкости, $\text{Па} \cdot \text{с}$, принимается в зависимости от температуры воды по таблице 8.1.

Таблица 8.1 — Значения коэффициента динамической вязкости воды при различной температуре

Температура воды, °C	2	6	10	14	18	22
Коэффициент динамической вязкости, 10^{-3} Па·с	1,673	1,473	1,308	1,171	1,056	0,958



1 — подача исходной воды; 2 — ввод реагента; 3 — пропеллерная мешалка;
4 — отвод смеси воды и реагента

Рисунок 8.12 — Схема механического смесителя

8.2.17 Объем механического смесителя $W_{\text{см}}$, м^3 , вычисляют по формуле

$$W_{\text{см}} = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{см}}}{n_{\text{см}} \cdot 3600}, \quad (8.70)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{см}}$ — время пребывания воды в смесителе, с; принимается в пределах от 30 до 180 с;

$n_{\text{см}}$ — количество смесителей (принимается не менее двух), шт.

8.2.18 Механические смесители следует принимать круглыми или квадратными в плане. Диаметр смесителя $D_{\text{см}}$, м, вычисляют по формуле

$$D_{\text{см}} = \sqrt[3]{\frac{4W_{\text{см}}}{3,14}}. \quad (8.71)$$

8.2.19 Затраты энергии на перемешивание E , Дж, вычисляют по формуле

$$E = G^2 t_{\text{см}} W_{\text{см}} \mu, \quad (8.72)$$

где G — градиент скорости, с^{-1} ; следует принимать в пределах от 200 до 300 с^{-1} .

8.2.20 Мощность $N_{\text{см}}$, Вт, потребляемую на перемешивание, вычисляют по формуле

$$N_{\text{см}} = \frac{E}{t_{\text{см}}}. \quad (8.73)$$

8.2.21 Геометрические параметры мешалки следует определять по данным таблицы Б.1 (приложение Б).

Примечание — Приведенные в таблице Б.1 (приложение Б) параметры принимаются при соотношении высоты смесителя к его диаметру (ширины в плане) 1:1.

8.2.22 Необходимую частоту вращения вала мешалки $n_{\text{меш}}$, с^{-1} , вычисляют по формуле

$$n_{\text{меш}} = \left[\frac{N_{\text{см}} \cdot \left(\frac{\rho d^2}{\mu} \right)^m}{c \rho d^5} \right]^{\frac{1}{3-m}}, \quad (8.74)$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м³;
 d — диаметр мешалки, м;
 μ — динамический коэффициент вязкости, Па·с;
 c, m — постоянные для принятого типа мешалки (см. таблицу Б.1, приложение Б).

Пример расчета механического смесителя приведен в Б.1 (приложение Б).

8.3 Камеры хлопьеобразования

8.3.1 Камеры хлопьеобразования (далее — КХО) применяют для медленного перемешивания смеси обрабатываемой воды с растворами коагулянта и флокулянта и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта в крупные. КХО следует проектировать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.3.1 – 7.3.12).

8.3.2 КХО следует проектировать с гидравлическим (при обосновании — механическим) перемешиванием перед отстойниками или встроенными в отстойник.

8.3.3 В перегородчатых КХО с вертикальной циркуляцией воды, схема которой приведена на рисунке 8.13, следует устраивать ряд перегородок, обеспечивающих изменение направления движения воды в вертикальной или горизонтальной плоскости. Перегородчатые КХО с вертикальной циркуляцией воды следует применять при расходе воды не менее 6000 м³/сут.

Объем камеры W , м³, вычисляют по формуле

$$W = \frac{q_{\text{час}} t}{60}, \quad (8.75)$$

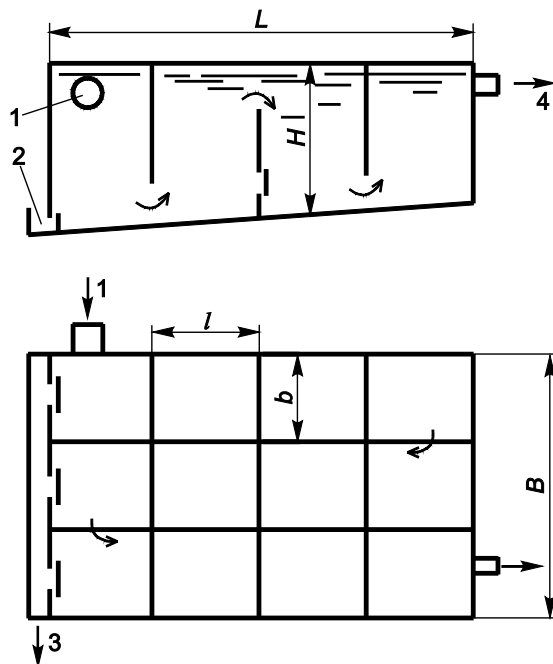
где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, м³/ч;

t — время пребывания воды в камере, мин, следует принимать в пределах от 20 до 30 мин (нижний предел — для мутных вод, верхний — для цветных вод с низкой температурой зимой).

Площадь камеры в плане F , м², вычисляют по формуле

$$F = \frac{W}{H}, \quad (8.76)$$

где H — высота КХО (рекомендуется принимать примерно равной высоте отстойника), м.



1 — подвод воды; 2 — лоток производственной канализации; 3 — выпуск осадка; 4 — отвод воды

Рисунок 8.13 — Схема перегородчатой камеры хлопьеобразования с вертикальной циркуляцией воды

Площадь одной ячейки камеры f , м²:

$$f = \frac{q_{\text{час}}}{3600v}, \quad (8.77)$$

где v — скорость движения воды в камере, м/с, принимаемая равной 0,2–0,3 м/с.

Количество ячеек в камере n , шт.:

$$n = \frac{F}{f}. \quad (8.78)$$

Размер ячеек в плане должен быть не менее 0,7×0,7 м.

Полная ширина КХО B , м:

$$B = n_{\text{ш}}b, \quad (8.79)$$

где $n_{\text{ш}}$ — количество ячеек в каждом ряду по ширине камеры, шт.;

b — ширина одной ячейки, м.

Длина КХО L , м:

$$L = n_{\text{д}}S, \quad (8.80)$$

где $n_{\text{д}}$ — количество ячеек в каждом ряду по длине камеры, шт.;

S — длина одной ячейки, м.

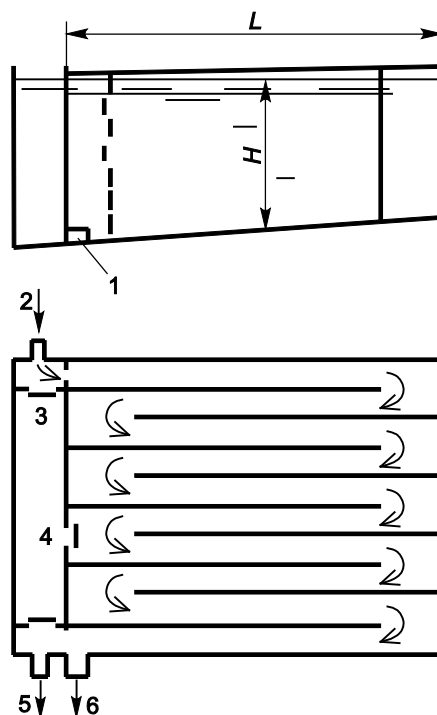
Потери напора в КХО $h_{\text{к}}$, м:

$$h_{\text{к}} = 0,15v^2m, \quad (8.81)$$

где v — скорость движения воды в камере, м/с;

m — число поворотов потока воды в камере, принимается в пределах от 8 до 10 шт.

8.3.4 Перегородчатые КХО с горизонтальной циркуляцией воды следует применять для водоочистных станций с горизонтальными отстойниками производительностью более 40 000–45 000 м³/сут. Схема КХО с горизонтальной циркуляцией приведена на рисунке 8.14.



1 — выпуск; 2 — подвод воды; 3 — обводной канал; 4 — промежуточный выпуск;
5 — выпуск воды; 6 — выпуск осадка

Рисунок 8.14 — Схема перегородчатой камеры хлопьеобразования с горизонтальной циркуляцией воды

Объем камеры W , м^3 , следует определять по формуле

$$W = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{к}}}{60}, \quad (8.82)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{к}}$ — время пребывания воды в камере, мин; принимают в пределах от 20 до 30 мин (нижний предел — для мутных вод, верхний — для цветных вод с низкой температурой зимой).

Площадь камеры в плане F , м^2 :

$$F = \frac{W}{H}, \quad (8.83)$$

где H — высота КХО, м; принимается в пределах от 2 до 3 м.

Ширина коридора камеры b , м:

$$b = \frac{q_{\text{час}}}{3600vH}, \quad (8.84)$$

где v — скорость движения воды в камере, м/с, принимаемая равной от 0,2 до 0,3 м/с;

H — высота КХО, м;

b — ширина коридора, м; принимается равной не менее 0,7 м.

Необходимое количество коридоров n , шт.:

$$n = \frac{L}{b + \delta}, \quad (8.85)$$

где L — длина камеры, м; если КХО примыкает к торцевым стенкам горизонтальных отстойников, длину камеры следует принимать равной суммарной ширине горизонтальных отстойников;

δ — толщина железобетонных стенок камеры, м.

Число поворотов потока m принимается на единицу меньше количества коридоров n и должно быть в пределах от 8 до 10.

Ширина КХО в плане B , м:

$$B = \frac{F}{L}. \quad (8.86)$$

Потери напора в камере $h_{\text{к}}$, м:

$$h_{\text{к}} = 0,15v^2m, \quad (8.87)$$

где v — скорость движения воды в камере, м/с.

8.3.5 На рисунке 8.15 приведена схема вихревой КХО, ее объем $W_{\text{КХО}}$, м^3 , вычисляются по формуле

$$W_{\text{КХО}} = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{к}}}{60}, \quad (8.88)$$

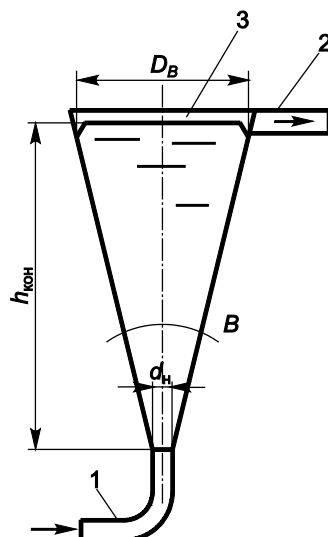
где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{к}}$ — время пребывания воды в камере, мин, принимают в пределах от 6 до 12 мин (нижний предел — для мутных вод; верхний предел — для цветных вод).

Площадь поперечного сечения верхней части камеры f_b , м^2 :

$$f_b = \frac{q_{\text{час}}}{v_b}, \quad (8.89)$$

где v_b — скорость восходящего потока на выходе из камеры, принимается в пределах от 4 до 5 м/с.



1 — подвод исходной воды; 2 — отвод после КХО; 3 — кольцевой желоб

Рисунок 8.15 — Схема вихревой камеры хлопьеобразования

Диаметр верхней части камеры D_v , м:

$$D_v = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_b}{\pi}}. \quad (8.90)$$

Диаметр нижней части камеры d_n , м:

$$d_n = 2 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{час}}}{\pi v_{\text{вх}}}}, \quad (8.91)$$

где $v_{\text{вх}}$ — скорость входа в камеру, м/с; принимают в пределах от 0,7 до 1,2 м/с.

Площадь поперечного сечения нижней части камеры f_n , м^2 , следует вычислять по формуле

$$f_n = \frac{\pi d_n^2}{4}. \quad (8.92)$$

Высота конической части КХО, м, вычисляется по формуле

$$h_{\text{кон}} = 0,5 \cdot (D_v - d_n) \cdot \text{ctg} \frac{\beta}{2}, \quad (8.93)$$

где β — угол конусности, следует принимать в пределах от 50° до 70° .

Потери напора в вихревой КХО следует принимать от 0,2 до 0,3 м на 1 м высоты конуса.

Объем конической части КХО $W_{\text{кон}}$, м^3 , вычисляется по формуле

$$W_{\text{кон}} = \frac{1}{3} h_{\text{кон}} \cdot (f_b + f_n + \sqrt{f_b f_n}). \quad (8.94)$$

Объем цилиндрической части смесителя $W_{\text{цил}}$, м^3 , определяется по формуле

$$W_{\text{цил}} = W_{\text{КХО}} - W_{\text{кон}}. \quad (8.95)$$

Высота цилиндрической части смесителя $h_{\text{ц}}$, м, определяется по формуле

$$h_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{цил}}}{f_b}. \quad (8.96)$$

Полная высота вихревой КХО h_k , м, вычисляется по формуле

$$h_k = h_{\text{кон}} + h_{\text{ц}}. \quad (8.97)$$

Необходимая площадь поперечного сечения желоба $f_{\text{ж}}$, м^2 , вычисляется по формуле

$$f_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{час}}}{3600nv_{\text{ж}}}, \quad (8.98)$$

где n — количество желобов; при двухпоточном направлении потока $n = 2$;
 $v_{\text{ж}}$ — скорость движения воды в желобе, $v_{\text{ж}} = 0,1$ м/с.

Высота желоба $h_{\text{ж}}$, м:

$$h_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{ж}}}{b_{\text{ж}}}, \quad (8.99)$$

где $b_{\text{ж}}$ — ширина желоба, $b_{\text{ж}} = 0,2\text{--}0,4$ м.

Необходимое количество затопленных отверстий n_o , шт., диаметром от 100 до 150 мм, определяется по формуле

$$n_o = \frac{q_{\text{час}}}{3600vf_o}, \quad (8.100)$$

где v — скорость движения воды через отверстия, м/с; принимается не более 0,10 м/с — для мутных вод и 0,05 м/с — для цветных вод;
 f_o — площадь отверстия, м^2 .

Периметр кольцевого желоба по внутренней стенке p , м, вычисляется по формуле

$$p = \pi \cdot (D_{\text{в}} - 2b_{\text{ж}}). \quad (8.101)$$

Шаг оси затопленных отверстий e_o , м, определяется по формуле

$$e_o = \frac{p}{n_o}. \quad (8.102)$$

8.3.6 Площадь контактной КХО, приведенной на рисунке 8.16, следует определять по удельной нагрузке в расчете на площадь зеркала воды от 18 до 20 $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 , исходя из времени пребывания воды от 15 до 20 мин. В качестве загрузки контактных КХО следует использовать пенополистирол, разрешенный для контакта с питьевой водой, марок ПСВ и ПСБ, крупностью зерна от 0,5 до 5,0 мм, высотой 1 м или другие аналогичные материалы.

8.3.7 Схема водоворотной КХО приведена на рисунке 8.17, ее площадь $F_{\text{к}}$, м^2 , вычисляется по формуле

$$F_{\text{к}} = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{к}}}{60H_{\text{к}}N_{\text{отс}}}, \quad (8.103)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $t_{\text{к}}$ — время пребывания воды в камере, принимается в пределах от 15 до 20 мин;
 $H_{\text{к}}$ — высота КХО, которую следует принимать 0,9 от высоты зоны осаждения вертикального отстойника, равной 3,5–4,0 м;
 $N_{\text{отс}}$ — расчетное количество отстойников на станции, шт.

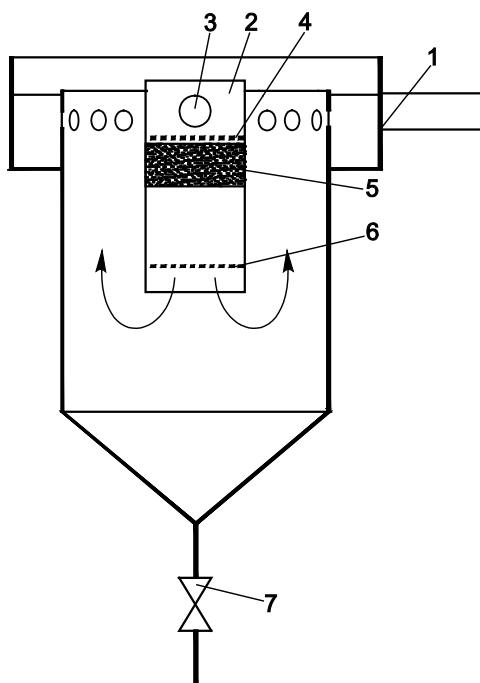
Диаметр водоворотной КХО $d_{\text{к}}$, м, вычисляется по формуле

$$d_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{к}}}{\pi}} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{\text{к}}}. \quad (8.104)$$

Секундный расход воды, поступающей в камеру, $q_{\text{с}}$, $\text{м}^3/\text{с}$, вычисляется по формуле

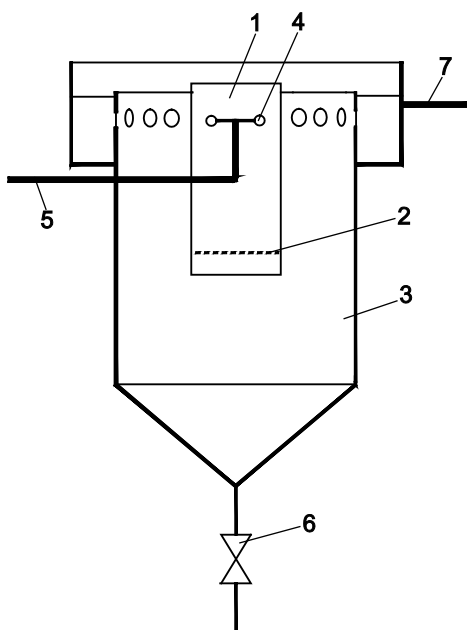
$$q_{\text{с}} = \frac{q_{\text{час}}}{3600}, \quad (8.105)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$.



1 — отвод отстойной воды; 2 — контактная камера хлопьеобразования; 3 — подача исходной воды;
4 — верхняя решетка; 5 — плавающая загрузка; 6 — нижняя решетка; 7 — трубопровод удаления осадка

Рисунок 8.16 — Схема вертикального отстойника с контактной камерой хлопьеобразования



1 — водоворотная камера хлопьеобразования; 2 — гаситель; 3 — вертикальный отстойник;
4 — сопло; 5 — трубопровод подачи воды; 6 — трубопровод выпуска осадка;
7 — отвод отстойной воды

Рисунок 8.17 — Схема водоворотной камеры хлопьеобразования, совмещенной с вертикальным отстойником

Подача воды в камеру производится при помощи сопла, направленного по касательной, которое располагается на расстоянии $0,2d_k$ от стенки камеры на глубине 0,5 м от поверхности воды.

Диаметр сопла d_c , мм, вычисляют по формуле

$$d_c = 1130 \cdot \sqrt{\frac{q_c}{\mu v_c}}, \quad (8.106)$$

где μ — коэффициент расхода воды; для конического сходящегося сопла с углом конусности $\beta = 25^\circ$ значение μ принимают равным 0,908;

v_c — скорость выхода воды из сопла, м/с, принимается в пределах от 2 до 3 м/с.

Потери напора в сопле h_c , м, вычисляют по формуле

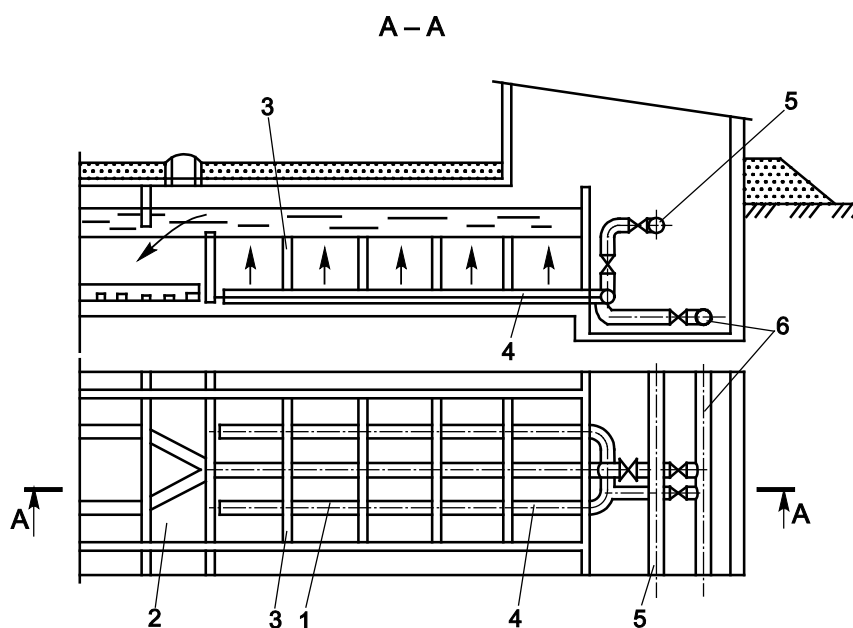
$$h_c = 0,06 v_c^2. \quad (8.107)$$

В нижней части камеры следует предусматривать решетку высотой 0,8 м, с ячейками размером 0,5×0,5 м. Диаметр отводящего трубопровода d , м, вычисляют по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4q_c}{\pi v_{o.b}}}, \quad (8.108)$$

где $v_{o.b}$ — скорость отвода воды из отстойника, м/с; принимается в пределах от 0,8 до 1,0 м/с.

8.3.8 КХО зашламленного типа следует устраивать в передней части горизонтальных отстойников. Схема КХО зашламленного типа приведена на рисунке 8.18.



- 1 — КХО зашламленного типа; 2 — горизонтальный отстойник;
 3 — струенаправляющая перегородка; 4 — водораспределительные трубы;
 5 — трубопровод для подачи воды в камеру;
 6 — трубопровод для опорожнения камеры и удаления осадка из отстойника

Рисунок 8.18 — Схема КХО зашламленного типа

Общую площадь КХО $\sum F_k$, м², вычисляют по формуле

$$\sum F_k = \frac{q_{\text{час}}}{3600 v_{\text{в.п}}}, \quad (8.109)$$

где $v_{\text{в.п}}$ — скорость восходящего потока воды в верхнем сечении встроенной КХО, м/с, принимается в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.3.5).

Количество камер следует принимать по количеству горизонтальных отстойников. Площадь одной камеры F_k , м², вычисляют по формуле

$$F_k = \frac{\sum F_k}{n}, \quad (8.110)$$

где n — количество камер, шт.

Ширина камеры b_k , м, принимается равной ширине отстойника. Длина камеры l_k , м, вычисляется по формуле

$$l_k = \frac{F_k}{b_k}. \quad (8.111)$$

Высота камеры h_k , м, определяется по формуле

$$h_k = H_{отс} + h_n, \quad (8.112)$$

где $H_{отс}$ — высота отстойника, м;

h_n — потери напора в камере, м, принимаются в пределах от 0,1 до 0,2 м.

Расход воды, приходящийся на каждую камеру, q_k , дм³/с:

$$q_k = \frac{q_{час} 1000}{n 3600}, \quad (8.113)$$

где n — количество камер, шт.

Обрабатываемая вода по площади камеры распределяется перфорированными трубами через отверстия, направленные горизонтально. Количество труб распределительной системы $n_{труб}$, шт., определяется по формуле

$$n_{труб} = \frac{b_k}{l}, \quad (8.114)$$

где l — расстояние, м: между осями перфорированных труб следует принимать равным не более 2 м; от перфорированной трубы до стенок камеры — не более 1 м.

Диаметр дырчатых труб следует определять исходя из скорости движения воды в них $v_{тр}$, принимаемой в пределах от 0,5 до 0,6 м/с.

Общая площадь отверстий, расположенных на одной распределительной трубе, должна составлять от 30 % до 40 % площади сечения распределительной трубы; диаметр отверстий $d_{отв}$ принимается не менее 25 мм.

$$\sum f_{отв} = (0,3 \dots 0,4) \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \quad (8.115)$$

где D — диаметр распределительной трубы, мм.

Необходимое количество отверстий на каждой трубе n_o , шт.:

$$n = \frac{\sum f_{отв}}{f_o}. \quad (8.116)$$

Отверстия располагаются в два ряда с шагом e_o , мм:

$$e_o = \frac{2l_k}{n_o}, \quad (8.117)$$

где l_k — длина камеры, мм.

Из КХО вода поступает в горизонтальный отстойник над затопленным водосливом. Глубина погружения водослива h_b , м, определяется по формуле

$$h_b = \frac{q_k}{v_k b_k}, \quad (8.118)$$

где q_k — расход воды на одну камеру, м³/с;

v_k — скорость движения воды через водослив, м/с, принимаемая: не более 0,05 м/с — для цветных вод и не более 0,10 м/с — для мутных.

Время пребывания воды в КХО t , мин:

$$t = \frac{h_k}{60v}, \quad (8.119)$$

где v — принятая скорость восходящего потока воды, м/с.

9 Отстаивание

9.1 Для осуществления процесса отстаивания следует использовать горизонтальные, вертикальные, радиальные и тонкослойные отстойники с гидравлическим или механическим удалением осадка.

9.2 Расчет отстойников необходимо производить для двух периодов: для минимальной мутности — при минимальном зимнем расходе и для наибольшей мутности — при наибольшем расходе воды, соответствующем этому периоду, руководствуясь требованиями ТКП 45-4.01-31 (7.4 – 7.5).

9.3 Содержание взвешенных веществ в воде после отстойников не должно превышать 12 мг/л.

9.4 Схема горизонтального отстойника приведена на рисунке 9.1. Суммарную площадь горизонтальных отстойников $F_{г.о.}$, м², следует определять по формуле

$$F_{г.о.} = \alpha_{об} \cdot \frac{q_{час}}{3,6U_0}, \quad (9.1)$$

где $\alpha_{об}$ — коэффициент объемного использования отстойников, принимаемый равным 1,3;

$q_{час}$ — расчетный расход воды, м³/ч;

U_0 — скорость выпадения взвеси, задерживаемой отстойником (гидравлическая крупность), мм/с, при отсутствии данных лабораторных исследований принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.2).

9.5 Ширина одного отстойника B , м, определяется по формуле:

$$B = \frac{q_{час}}{3,6v_{cp}HN}, \quad (9.2)$$

где v_{cp} — средняя горизонтальная скорость движения воды в отстойнике, м/с, принимаемая в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.5.2);

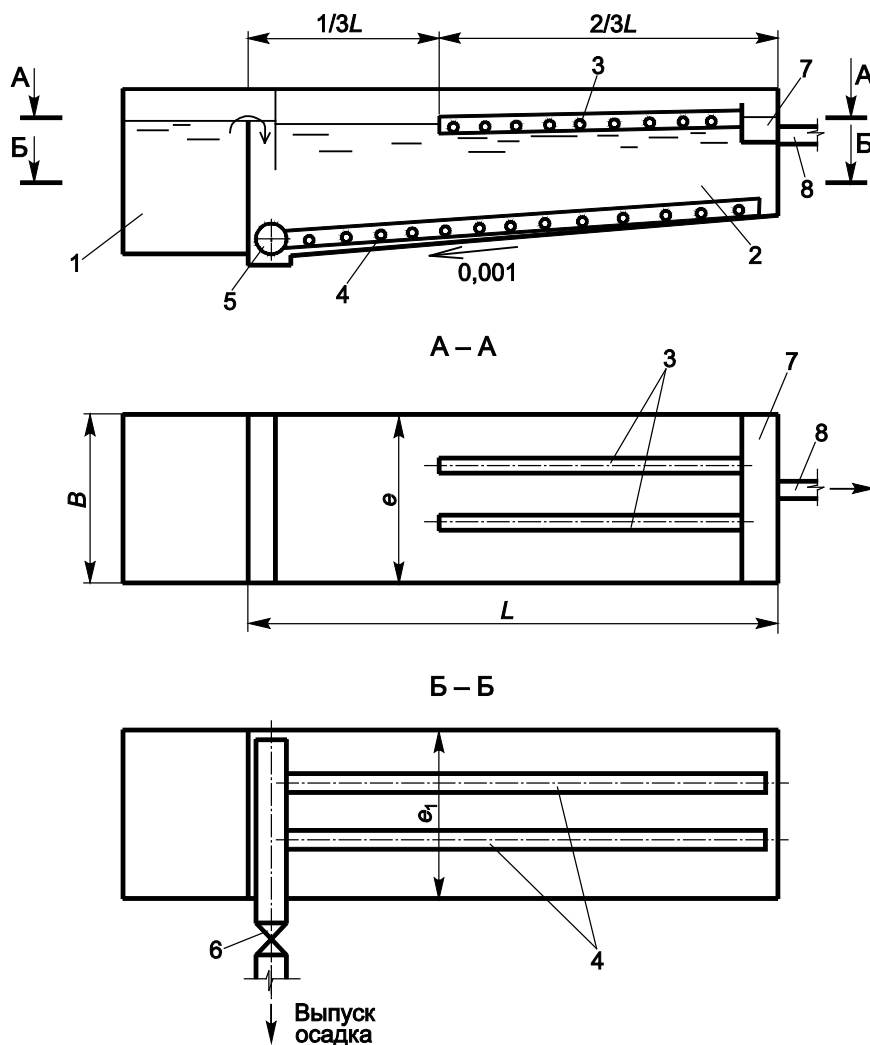
H — средняя глубина зоны осаждения, м; рекомендуется принимать в пределах от 3,0 до 3,5 м в зависимости от высотной схемы станции;

N — расчетное количество отстойников, шт.

Длину отстойника L , м, вычисляют по формуле

$$L = \frac{F_{г.о.}}{BN}. \quad (9.3)$$

При этом должно соблюдаться условие $\frac{L}{H} = 10 \dots 25$.



- 1 — камера хлопьеобразования, встроенная в отстойник; 2 — горизонтальный отстойник;
 3 — дырчатые трубы для сбора осветленной воды; 4 — дырчатые трубы для сбора осадка;
 5 — трубопровод выпуска осадка; 6 — задвижка для регулирования скорости выпуска осадка;
 7 — сборный лоток осветленной воды; 8 — трубопровод отвода осветленной воды

Рисунок 9.1 — Схема горизонтального отстойника

Объем зоны накопления и уплотнения осадка $W_{з.н.}$, м^3 , одного отстойника вычисляют по формуле

$$W_{з.н.} = \frac{q_{\text{час}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{осв}}) \cdot T_{\text{отс}}}{N \delta}, \quad (9.4)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$T_{\text{отс}}$ — интервал между сбросами осадка, ч, следует принимать по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.3);

$C_{\text{в}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде, поступающих в отстойник, $\text{г}/\text{м}^3$, следует определять по формуле (7.6) ТКП 45-4.01-31;

$M_{\text{осв}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде на выходе из отстойника, $\text{г}/\text{м}^3$;

δ — средняя концентрация уплотненного осадка, $\text{г}/\text{м}^3$; принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.3).

Количество осадка, удаляемого из каждого отстойника за одну чистку $P_{\text{ос}}$, т, вычисляют по формуле

$$P_{\text{ос}} = \frac{q_{\text{час}} T_{\text{отс}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{осв}})}{N \cdot 1000 \cdot 1000}. \quad (9.5)$$

Расход воды, сбрасываемой с осадком, q_{oc} , %, вычисляют по формуле

$$q_{oc} = \frac{k_p W_{3.H} N}{q_{час} T_{отс}} \cdot 100, \quad (9.6)$$

где k_p — коэффициент разбавления осадка, принимаемый:

- 1,5 — при гидравлическом удалении осадка;
- 1,2 — при механическом удалении осадка;
- 2–3 — при напорном смыве осадка.

Расход воды, сбрасываемой с осадком при периодической чистке одного отстойника по дырчатой трубе, уложенной в каждом коридоре отстойника, q_{oc1} , м³/с, вычисляют по формуле

$$q_{oc1} = k_p \cdot \frac{P_{oc}}{n} \cdot \frac{100}{P_t} \cdot \frac{1}{60t}, \quad (9.7)$$

где n — количество коридоров в отстойнике, шт.;

P_t — среднее содержание твердого вещества в осадке, принимается равным 5 %;

t — продолжительность сброса осадка, мин; принимается в пределах от 20 до 30 мин.

Диаметр дырчатых труб $d_{тр}$, м, определяется по формуле

$$d_{тр} = \sqrt{\frac{4q_{oc1}}{\pi v_{oc}}}, \quad (9.8)$$

где v_{oc} — скорость движения осадка в конце труб, м/с; принимается равной не менее 1 м/с.

Суммарная площадь отверстий $\sum f_o$, м², определяется по формуле

$$\sum f_o = k_n \cdot \frac{\pi d_{тр}^2}{4}, \quad (9.9)$$

где k_n — коэффициент перфорации трубы, принимаемый в пределах от 0,5 до 0,7.

Количество отверстий на трубе n_o , шт., определяется по формуле

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_o}, \quad (9.10)$$

где f_o — площадь одного отверстия, м², при диаметре отверстия $d_o \geq 25$ мм.

Шаг осей отверстий e_o , мм, определяется по формуле

$$e_o = \frac{L}{n_o}, \text{ при условии } 300 < e_o < 500, \quad (9.11)$$

где L — длина дырчатой трубы для сбора осадка, мм, принимается равной длине отстойника.

Расход осветленной воды, проходящий через одну сборную трубу, $q_{o.в}$, м³/с, вычисляется по формуле

$$q_{o.в} = \frac{q_{час}}{3600Nn}, \quad (9.12)$$

где $q_{час}$ — расчетный расход воды, м³/ч;

N — количество отстойников, шт.;

n — количество труб в одном отстойнике, шт.

Диаметр труб для сбора осветленной воды $d_{тр}$, м, определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4q_{o.в}}{\pi v_{o.в}}}, \quad (9.13)$$

где $v_{o.в}$ — скорость движения осветленной воды в конце труб, м/с; принимается в пределах от 0,6 до 0,8 м/с.

Необходимая суммарная площадь отверстий в трубах $\sum f_o$, м², определяется по формуле

$$\sum f_o = \frac{q_{o.в}}{v_{отв}}, \quad (9.14)$$

где $v_{отв}$ — скорость движения воды в отверстиях, м/с; принимается равной 1 м/с.

Количество отверстий на одной трубе $n_{отв}$, шт., вычисляется по формуле

$$n_{отв} = \frac{\sum f_o \cdot 4}{\pi d_{отв}^2}, \quad (9.15)$$

где $d_{отв}$ — диаметр отверстий, мм; принимается не менее 25 мм.

Шаг между отверстиями l , м:

$$l = \frac{L}{n_{отв}}, \quad (9.16)$$

где L — длина трубы, равная 2/3 длины отстойника, м.

Полная высота отстойника $H_{г.о}$, м:

$$H_{г.о} = H + H_{oc} + (0,3...0,5), \quad (9.17)$$

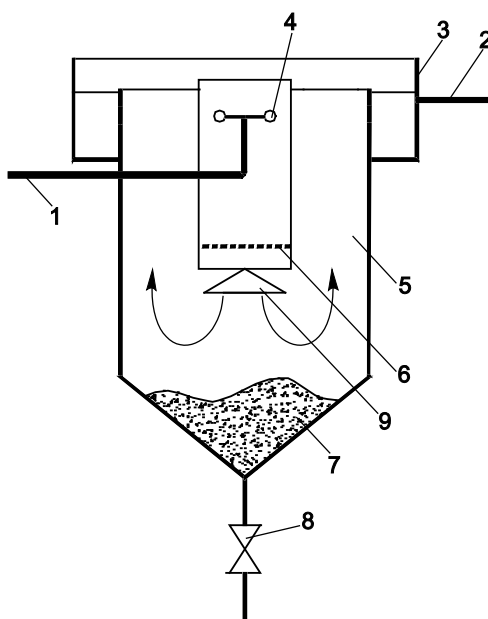
где H_{oc} — высота зоны накопления и уплотнения осадка, м, определяемая по формуле

$$H_{oc} = \frac{W_{з.н}}{F}, \quad (9.18)$$

здесь F — площадь одного отстойника, м², определяемая по формуле

$$F = \frac{F_{г.о}}{N}. \quad (9.19)$$

9.6 Вертикальные отстойники (рисунок 9.2) следует проектировать круглыми в плане диаметром от 5 до 10 м, глубиной до 7 м, оборудованными КХО водоворотного типа и конусным днищем для накопления и уплотнения осадка.



- 1 — подача исходной воды; 2 — отвод осветленной воды; 3 — кольцевой водосборный лоток;
 4 — водоворотная камера хлопьеобразования; 5 — зона осветления воды;
 6 — гаситель вращательного движения; 7 — зона накопления и уплотнения осадка;
 8 — трубопровод сброса осадка; 9 — конус-отражатель

Рисунок 9.2 — Схема вертикального отстойника

Площадь зоны осаждения вертикального отстойника $F_{з.о.}$, м^2 , вычисляют по формуле

$$F_{з.о.} = \frac{\beta_{об} q_{час}}{3,6 v_p N_p}, \quad (9.20)$$

где $\beta_{об}$ — коэффициент, учитывающий объемное использование отстойника, значение которого принимается в пределах от 1,3 до 1,5 (нижний предел — при отношении диаметра к высоте отстойника, равном 1; верхний — при отношении, равном 1,5);

$q_{час}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

v_p — расчетная скорость восходящего потока, $\text{м}/\text{с}$; при отсутствии данных технологических изысканий следует принимать не более значений скорости выпадения взвеси U_0 ;

N_p — количество рабочих отстойников, шт.

При количестве отстойников менее шести следует предусматривать один резервный.

Площадь КХО f_k , м^2 :

$$f_k = \frac{q_{час} t_k}{60 H_k N}, \quad (9.21)$$

где t_k — время пребывания воды в камере, мин; принимается в пределах от 15 до 20 мин;

H_k — высота камеры реакции, м, определяется по формуле

$$H_k = 0,9 H_o, \quad (9.22)$$

здесь H_o — высота зоны осаждения вертикального отстойника, м; следует принимать в пределах от 4 до 5 м;

N — количество камер хлопьеобразования, шт.; $N = N_p$.

Общая площадь отстойника $F_{общ.}$, м^2 :

$$F_{общ.} = F + f_k. \quad (9.23)$$

Диаметр отстойника D , м:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{общ.}}{\pi}}. \quad (9.24)$$

Отношение $\frac{D}{H}$ для вертикального отстойника должно быть в пределах от 1,0 до 1,5.

Высота конической части отстойника h_k , м:

$$h_k = \frac{D - d}{2 \operatorname{ctg}(90 - \alpha)}, \quad (9.25)$$

где d — диаметр нижней части конического дна, м, принимаемый равным диаметру трубы для удаления осадка из отстойника (от 0,15 до 0,20 м);

α — угол наклона стен конической (осадочной) части вертикального отстойника, градус, следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.4.4).

Объем конической части отстойника $W_{ос.}$, м^3 :

$$W_{ос.} = \frac{\pi}{3} \cdot h_k \cdot \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{Dd}{4} \right) \right]. \quad (9.26)$$

Период работы отстойника между сбросами осадка T_p , ч:

$$T_p = \frac{W_{ос.} N_p \delta}{q_{час} \cdot (C_B - M_{осв})}, \quad (9.27)$$

где N_p — количество рабочих отстойников, шт.;

δ — средняя по всей высоте осадочной части отстойника концентрация твердой фазы осадка, $\text{г}/\text{м}^3$, в зависимости от мутности воды и интервалов между сбросами принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.3);

C_B — концентрация взвешенных веществ в воде, поступающих в отстойник, г/м³;
 M_{OCB} — концентрация взвешенных веществ в воде на выходе из отстойника, г/м³; принимается в пределах от 8 до 15 г/м³.

Расход воды при сбросе осадка из отстойников q_{oc} , м³/ч:

$$q_{oc} = \frac{k_p W_{oc} N_p}{q_{час} T_p} \cdot 100, \quad (9.28)$$

где k_p — коэффициент разбавления осадка, принимаемый в пределах от 1,2 до 1,5.

Среднюю концентрацию уплотненного осадка в отстойниках первой ступени очистки следует принимать в пределах от 150 до 160 г/м³.

Для сбора осветленной воды следует устраивать периферийный желоб. Расчетная скорость движения воды в желобе $v_B = 0,6$ м/с.

Площадь желобов $f_{к.ж}$, м²:

$$f_{к.ж} = \frac{q_{сек}}{v_B}, \quad (9.29)$$

где $q_{сек}$ — расход воды, приходящийся на один отстойник, м³/с.

9.7 Требуемое количество задержанной взвеси радиальным отстойником P , %, схема которого приведена на рисунке 9.3, следует вычислять по формуле

$$P = \frac{C_B - M_{OCB}}{M_{OCB}} \cdot 100, \quad (9.30)$$

где C_B — концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в отстойник, мг/дм³, определяется по ТКП 45-4.01-31;

M_{OCB} — концентрация взвешенных веществ в воде на выходе из отстойника, мг/дм³.

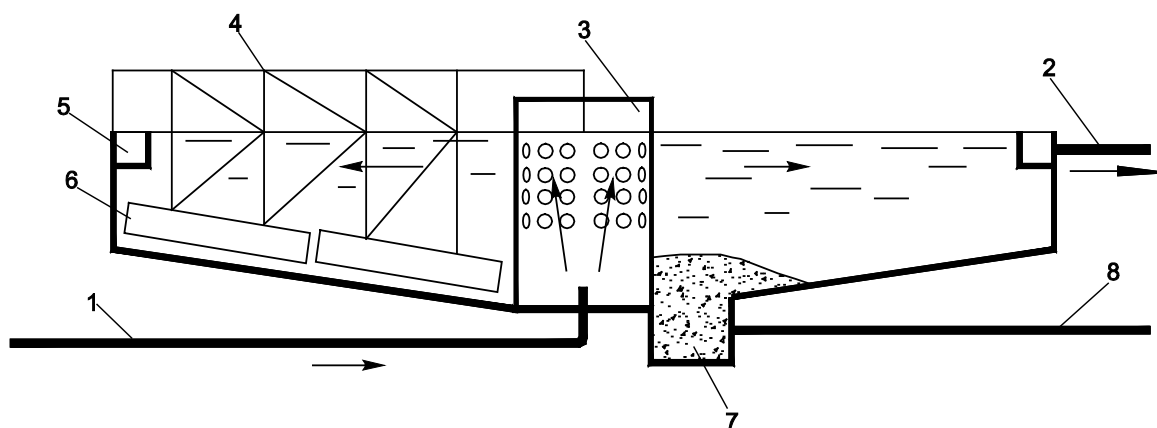
Площадь радиального отстойника в плане F , м², вычисляют по формуле

$$F = 0,2 \cdot \left(\frac{q_{час}}{U_0} \right)^{1,07} + f, \quad (9.31)$$

где $q_{час}$ — расчетный расход воды, м³/ч;

U_0 — скорость выпадения взвеси, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.2);

f — площадь вихревой зоны радиального отстойника, радиус которой на 1 м больше радиуса водораспределительного цилиндра, м².



1 — подача исходной воды; 2 — отвод осветленной воды; 3 — водораспределительный цилиндр;
 4 — металлическая ферма; 5 — периферийный водосборный желоб; 6 — скребки;
 7 — приямок для осадка; 8 — сброс осадка

Рисунок 9.3 — Схема радиального отстойника

Низ водораспределительного цилиндра следует проектировать глухим, верхняя часть выполняется перфорированной, с отверстиями диаметром от 40 до 50 мм, на высоту, равную глубине отстойника у периферийного сборного лотка; радиус распределительного устройства $R_{p,y}$ следует принимать в пределах от 1,5 до 2,5 м.

Радиус отстойника $R_{отс}$, м:

$$R_{отс} = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (9.32)$$

где F — площадь радиального отстойника, m^2 .

Глубина отстойника в центральной части $H_{ц}$, м:

$$H_{ц} = h_p + R_{отс} i, \quad (9.33)$$

где h_p — глубина отстойника у периферийного водосборного желоба, м, принимаемая в пределах от 1,2 до 1,3 м;

$R_{отс}$ — радиус отстойника, м;

i — уклон дна отстойника от периферии к центру, равный 0,04–0,05.

Площадь боковой поверхности водораспределительного цилиндра $F_{ц}$, m^2 , определяется по формуле

$$F_{ц} = 2\pi R_{p,ц} H_{ц}, \quad (9.34)$$

где $R_{p,ц}$ — радиус водораспределительного цилиндра, равный 1,5–2,5 м;

$H_{ц}$ — глубина отстойника в центральной части, м.

Суммарная площадь отверстий на боковой поверхности водораспределительного цилиндра F_o , m^2 , вычисляется по формуле

$$F_o = \frac{q_{час}}{3600 v_o}, \quad (9.35)$$

где v_o — рекомендуемая скорость движения воды через отверстия диаметром от 40 до 50 мм, равная 1 м/с.

Необходимое количество отверстий на боковой поверхности водораспределительного цилиндра n_o , шт.:

$$n_o = \frac{F_o}{f_o}, \quad (9.36)$$

где f_o — площадь одного отверстия, m^2 .

Число горизонтальных рядов отверстий $n_{гор}$ на боковой поверхности водораспределительного цилиндра вычисляют по формуле

$$n_{гор} = \frac{n_o}{n_{верт}}, \quad (9.37)$$

где $n_{верт}$ — число вертикальных рядов отверстий, следует принимать конструктивно в зависимости от радиуса водораспределительного цилиндра.

Длина окружности водораспределительного цилиндра $L_{ц}$, м:

$$L_{ц} = 2\pi R_{p,ц}, \quad (9.38)$$

где $R_{p,ц}$ — радиус водораспределительного цилиндра, м.

Расстояние между осями отверстий в горизонтальных рядах $l_{гор}$, м:

$$l_{гор} = \frac{L_{ц}}{n_{гор}}. \quad (9.39)$$

Сбор осветленной воды в зоне осветления следует предусматривать желобами с треугольными водосливами, высотой от 40 до 60 мм, при расстоянии между осями водосливов от 100 до 150 мм и угле между кромками водослива 60° . Расчетная скорость движения воды в желобах от 0,5 до 0,6 м/с.

9.8 Тонкослойные отстойники представляют собой модули различных конструкций с близко расположенными друг к другу полками, на которых осаждается взвесь. Схема тонкослойных модулей в виде прямоугольных ячеек приведена на рисунке 9.4. Схемы трубчатых тонкослойных модулей приведены на рисунке 9.5. Схемы тонкослойных модулей в виде правильных шестигранников и листов кровельного шифера приведены на рисунке 9.6.

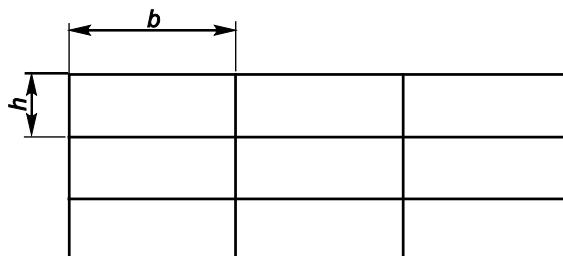


Рисунок 9.4 — Схема тонкослойного модуля с прямоугольными ячейками

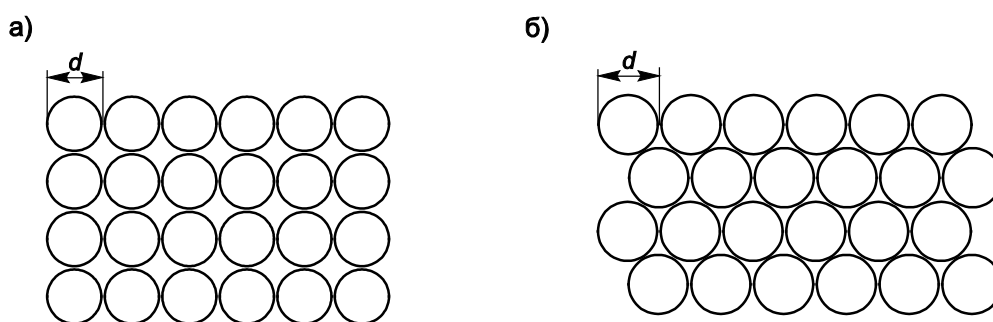


Рисунок 9.5 — Схемы тонкослойных модулей с трубчатыми элементами:

а — прямоугольная укладка труб;
б — ромбическая укладка труб

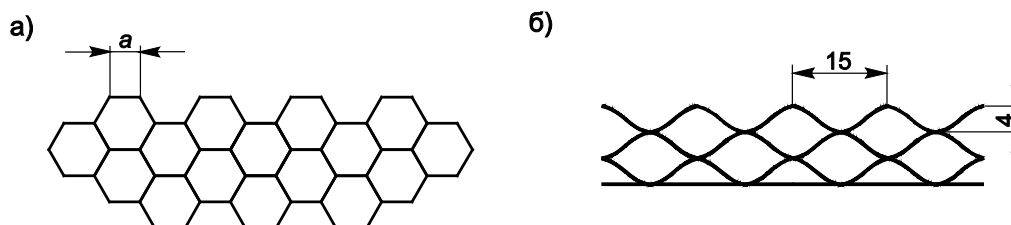


Рисунок 9.6 — Схемы тонкослойных модулей:

а — в виде правильных шестигранников (соты);
б — из листов кровельного шифера (размеры в сантиметрах)

9.8.1 Поток в межполочном пространстве тонкослойных модулей должен быть устойчивым; критерий Фруда вычисляют по формуле

$$Fr = \frac{v_{\min}}{gR} > 10^{-5}, \quad (9.40)$$

где $v_{\min}$ — минимальная скорость, при которой обеспечивается устойчивый режим течения, см/с;
 R — гидравлический радиус, м:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (9.41)$$

здесь ω — площадь живого потока (площадь ячейки), м²;
 χ — смоченный периметр, м.

9.8.2 Режим течения в межполочном пространстве должен быть ламинарным; критерий Рейнольдса вычисляют по формуле

$$Re = \frac{4v_{\max}R}{\nu} < Re_{\text{кр}}, \quad (9.42)$$

где $v_{\max}$ — максимальная скорость воды в ячейке, при которой обеспечивается ламинарный режим движения, см/с;

$Re_{\text{кр}}$ — критическое значение критерия Рейнольдса, зависящее от формы ячейки;
 $Re_{\text{кр}} = 900 \dots 2000$.

9.8.3 Значения $v_{\min}$, $v_{\max}$ для ячеек прямоугольной формы следует принимать по таблице 9.1, для ячеек круглой формы и ячеек в виде правильных шестигранников — согласно рисунку 9.7. Для ячеек, образованных восьмиволновыми листами кровельного шифера, $v_{\min} = 0,13$ см/с, $v_{\max} = 1,7$ см/с.

Таблица 9.1 — Пределы минимальной и максимальной скоростей потока при различных размерах ячейки, $t = 10$ °C

H , см	$\frac{B}{H}$	Скорость движения воды в ячейке, см/с	
		$v_{\max}$	$v_{\min}$
2,5	1	11,300	0,079
	2	8,400	0,091
	5	6,700	0,102
	10	6,100	0,106
	20	5,800	0,109
	40	5,700	0,110
5,0	1	5,600	0,112
	2	4,200	0,129
	15	3,400	0,144
	10	3,000	0,150
	20	2,900	0,152
	40	2,850	0,155
10,0	1	2,800	0,158
	2	2,100	0,182
	5	1,168	0,202
	10	1,530	0,213
	20	1,470	0,218
	40	1,410	0,220
20,0	1	1,400	0,224
	2	1,040	0,256
	5	0,840	0,286
	10	0,770	0,300
	20	0,735	0,310
	40	0,716	0,313
50,0	1	0,560	0,356
	2	0,412	0,412

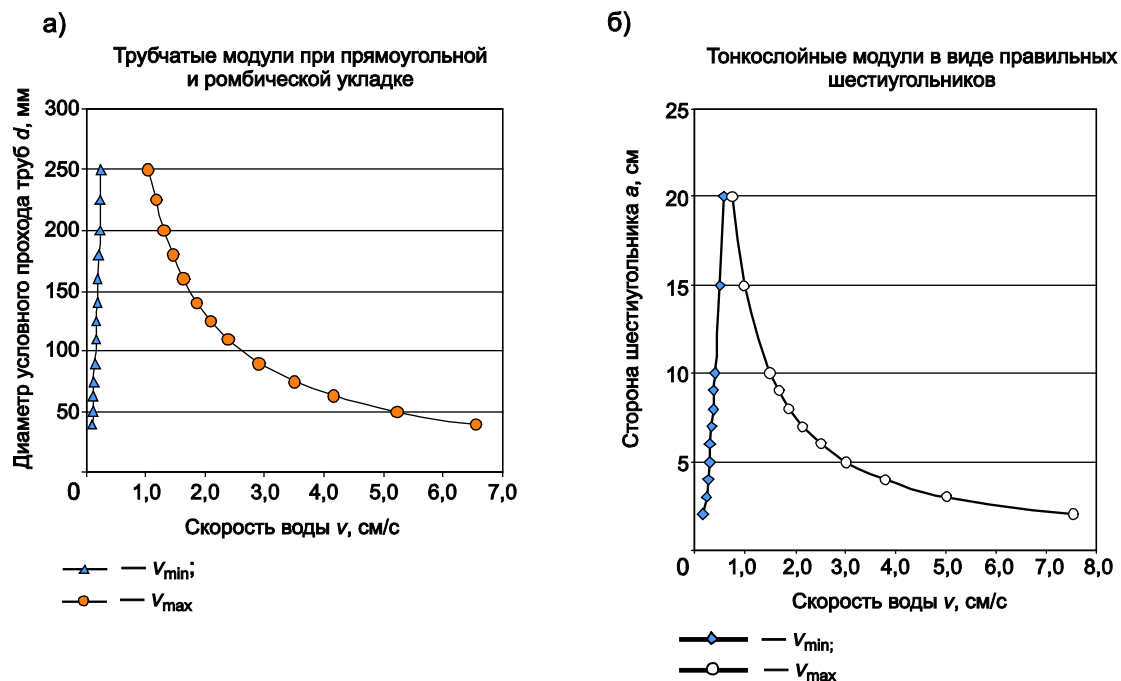


Рисунок 9.7 — Значения предельных скоростей для тонкослойных модулей:
а — трубчатые тонкослойные модули;
б — тонкослойные модули в виде правильных шестиугольников

9.8.4 Максимальную удельную нагрузку q_{max} , м³/ч, на 1 м² площади ячеек следует определять по формуле

$$q_{max} = \frac{v_{max} \cdot 36}{K_v}, \quad (9.43)$$

где K_v — поправочный коэффициент на скорость следует принимать по таблице 9.2.

Таблица 9.2 — Рекомендуемые значения поправочных коэффициентов на скорость потока

Характеристика суспензии	Концентрация взвеси C , мг/дм ³	Поправочный коэффициент на скорость потока K_v
Слабоконцентрированные	50	1,5
Средней концентрации	50–500	1,7
Высокой концентрации	500–5000	2,0
Весьма высокой концентрации (осадки, пульпа)	5000	2,5

9.8.5 Минимальную удельную нагрузку q_{min} , м³/ч, на 1 м² площади ячеек определяют по формуле

$$q_{min} = \frac{v_{min} \cdot 36}{K_v}. \quad (9.44)$$

9.8.6 Угол наклона ячеек следует принимать 60°.

9.8.7 Толщину вальца осадка h_{oc} , м, необходимо определять технологическим моделированием (при отсутствии данных допускается принимать для неструктурированных осадков — до 0,006 м; для структурированных осадков, образованных в результате коагуляции, — от 0,010 до 0,015 м).

9.8.8 Общая максимальная площадь ячеек F_{max} , м²:

$$F_{max} = \frac{q_{час}}{q_{min}}, \quad (9.45)$$

где $q_{час}$ — расчетный расход воды, м³/ч.

Общая минимальная площадь ячеек $F_{\min}$, м²:

$$F_{\min} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\text{max}}} \quad (9.46)$$

9.8.9 Скорость осаждения взвеси U , см/с, с учетом фактора стесненности следует вычислять по формуле

$$U = U_0 \cdot \left[1 - 2,6 \cdot \left(\frac{C}{\rho_{\text{хл}}} \right)^{0,5} \right], \quad (9.47)$$

где U_0 — гидравлическая крупность частиц, подлежащих задержанию, см/с;

C — концентрация взвеси в воде, г/см³;

$\rho_{\text{хл}}$ — плотность хлопьев, г/см³, следует определять технологическим моделированием (для гидроксида алюминия $\rho_{\text{хл}} = 1,02$ г/см³).

9.8.10 Продолжительность осаждения взвеси $T_{\text{осажд}}$, с:

$$T_{\text{осажд}} = \frac{H_{3,0}}{U}, \quad (9.48)$$

где $H_{3,0}$ — высота зоны осаждения, см:

— для прямоугольной ячейки

$$H_{3,0} = \frac{H - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha}; \quad (9.49)$$

— для круглой ячейки

$$H_{3,0} = \frac{d - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha}, \quad (9.50)$$

здесь α — угол наклона тонкослойных модулей, рекомендуется принимать 60°;

d — диаметр условного прохода трубы, см;

— для ячейки сечением в виде правильного шестиугольника

$$H_{3,0} = \frac{a \cdot \sqrt{3} - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha}, \quad (9.51)$$

здесь a — длина стороны шестигранника, см (см. рисунок 9.6 а));

— для ячеек, образованных листами шифера,

$$H_{3,0} = \frac{8 - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha}. \quad (9.52)$$

9.8.11 Длина зоны отстаивания L , см:

$$L_{\max} = v_{\max} T_{\text{осажд}}, \quad (9.53)$$

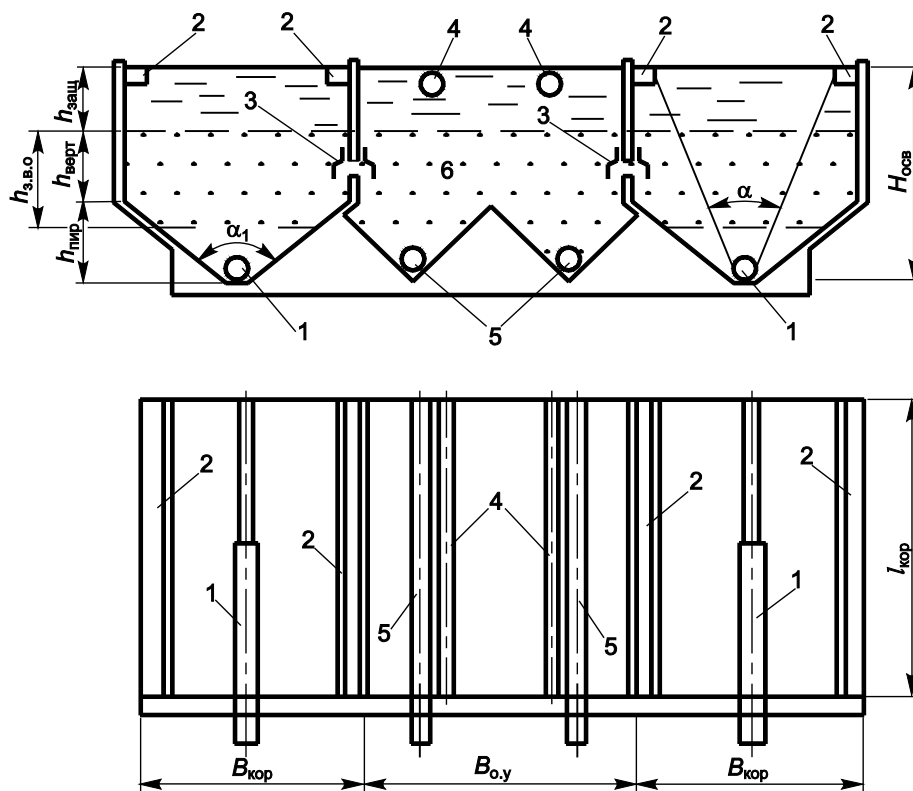
$$L_{\min} = v_{\min} T_{\text{осажд}}. \quad (9.54)$$

9.8.12 Объем иловой части отстойника $W_{3,н}$, м³, куда сползает и где уплотняется осадок, следует вычислять по формуле

$$W_{3,н} = \frac{q_{\text{час}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{осв}}) \cdot T_{\text{отс}}}{N \delta}. \quad (9.55)$$

Пример расчета тонкослойного отстойника приведен в приложении В.

9.9 Осветлители со слоем взвешенного осадка следует проектировать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.6.1 – 7.6.15). Схема осветлителя со слоем взвешенного осадка приведена на рисунке 9.8.



1 — водораспределительный дырчатый коллектор; 2 — водосборные желоба;
3 — осадкоприемные окна; 4 — дырчатые трубы для отвода осветленной воды из осадкоуплотнителя;
5 — дырчатые трубы для удаления осадка из осадкоуплотнителя; 6 — осадкоуплотнитель

Рисунок 9.8 — Схема осветлителя коридорного типа со слоем взвешенного осадка

9.9.1 Общую площадь осветлителя со слоем взвешенного осадка F , м^2 , вычисляют по формуле

$$F = F_{\text{осв}} + F_{\text{отд}} = \frac{q_{\text{осв}} K_{\text{р.в}}}{3,6 v_{\text{осв}}} + \frac{(1 - K_{\text{р.в}}) \cdot q_{\text{осв}}}{3,6 v_{\text{осв}} \alpha}, \quad (9.56)$$

где $F_{\text{осв}}$ — площадь зоны осветления, м^2 ;

$F_{\text{отд}}$ — площадь зоны отделения осадка, м^2 ;

$q_{\text{осв}}$ — расчетный расход воды через один осветлитель, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$K_{\text{р.в}}$ — коэффициент распределения воды между зонами осветления и отделения осадка (осадкоуплотнители), принимаемый в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.4);

$v_{\text{осв}}$ — скорость восходящего потока воды в зоне осветления, $\text{мм}/\text{с}$, принимаемая в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.4);

α — коэффициент снижения скорости восходящего потока воды в зоне отделения осадка вертикального осадкоуплотнителя по сравнению со скоростью воды в зоне осветления; $\alpha = 0,9$.

9.9.2 Площадь одного осветлителя в плане не должна превышать 150 м^2 . В зависимости от этого принимается расчетное количество осветлителей.

Количество осветлителей N , шт.:

$$N = \frac{F}{f}, \quad (9.57)$$

где f — площадь одного осветлителя в плане, м^2 .

Площадь каждого из двух коридоров осветителя $f_{\text{кор}}$, м²:

$$f_{\text{кор}} = \frac{F_{\text{осв}}}{2N}. \quad (9.58)$$

Площадь осадкоуплотнителя $f_{\text{о.у.}}$, м²:

$$f_{\text{о.у.}} = \frac{F_{\text{отд}}}{N}. \quad (9.59)$$

Длина коридора осветителя $l_{\text{кор}}$, м:

$$l_{\text{кор}} = \frac{f_{\text{кор}}}{b_{\text{кор}}}. \quad (9.60)$$

Ширина коридора $b_{\text{кор}}$ принимается в соответствии с размерами балок — 2,6; 3,0 и 6,0 м.

Ширина осадкоуплотнителя $b_{\text{о.у.}}$, м, выше окон для приема осадка:

$$b_{\text{о.у.}} = \frac{f_{\text{о.у.}}}{l_{\text{кор}}}. \quad (9.61)$$

9.9.3 Диаметр водораспределительного дырчатого коллектора $d_{\text{кол}}$, м:

$$d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{кол}}}{\pi v_{\text{кол}}}}, \quad (9.62)$$

где $q_{\text{кол}}$ — расход воды, приходящийся на один коллектор, м³/с:

$$q_{\text{кол}} = \frac{q_{\text{осв}}}{n_{\text{кол}} \cdot 3600}, \quad (9.63)$$

здесь $n_{\text{кол}}$ — количество коллекторов, шт.;

$v_{\text{кол}}$ — скорость входа воды в дырчатый коллектор, м/с; принимается в пределах от 0,5 до 0,6 м/с.

Так как во второй половине дырчатого коллектора скорость становится менее 0,5 м/с, коллектор следует принимать телескопической формы.

Площадь отверстий распределительного коллектора $\sum f_o$, м²:

$$\sum f_o = \frac{q_{\text{кол}}}{v_o}, \quad (9.64)$$

где v_o — скорость выхода воды из отверстий, м/с; принимается в пределах от 1,5 до 2 м/с.

Количество отверстий n , шт., в каждом коллекторе:

$$n = \frac{\sum f_o}{f_o^1}, \quad (9.65)$$

где f_o^1 — площадь одного отверстия, м².

Отверстия размещают в два ряда по обеим сторонам коллектора в шахматном порядке. Они должны быть направлены под углом 45° к горизонту.

9.9.4 Водосборные желоба с затопленными отверстиями для сбора воды размещают в зоне освещения, в верхней части осветителя, вдоль боковых стенок коридоров.

Расход воды на каждый желоб $q_{\text{ж}}$, м³/с:

$$q_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{р.в.}} \cdot q_{\text{осв}}}{2 \cdot 2 \cdot 3600}. \quad (9.66)$$

Ширина желоба прямоугольного сечения $b_{\text{ж}}$, м:

$$b_{\text{ж}} = 0,9 q_{\text{ж}}^{0,4}. \quad (9.67)$$

Затопленные отверстия размещаются в один ряд по внутренней стенке желоба на 0,07 м ниже его верхней кромки.

Глубина желоба в начале $h_{\text{нач}}$ и в конце $h_{\text{кон}}$, м, определяется по формулам:

$$h_{\text{нач}} = 0,07 + \frac{1,5b_{\text{ж}}}{2}, \quad (9.68)$$

$$h_{\text{кон}} = 0,07 + \frac{2,5b_{\text{ж}}}{2}. \quad (9.69)$$

Площадь живого сечения желоба $f_{\text{ж}}$, м²:

$$f_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{ж}}}{3600v}, \quad (9.70)$$

где $q_{\text{ж}}$ — расход воды в одном желобе, м³/ч;

v — скорость движения воды в желобе, м/с; принимается в пределах от 0,5 до 0,6 м/с.

Высота слоя воды в желобе h , м:

$$h = \frac{f_{\text{ж}}}{b_{\text{ж}}}. \quad (9.71)$$

Площадь отверстий в стенке желоба $\sum f_o$, м²:

$$\sum f_o = \frac{q_{\text{ж}}}{\mu \cdot \sqrt{2gh}}, \quad (9.72)$$

где μ — коэффициент расхода; $\mu = 0,65$;

h — разность уровней воды в осветлителе и в желобе, м; $h = 0,05$ м.

Количество отверстий и шаг отверстий следует определять при диаметре отверстий не менее 25 мм и длине желоба, равной длине коридора осветлителя.

9.9.5 Расход воды, поступающей вместе с избыточным осадком в осадкоуплотнитель с двух сторон, $q_{\text{ок}}$, м³/ч, определяется по формуле

$$q_{\text{ок}} = \frac{(1 - K_{\text{р.в}}) \cdot q_{\text{осв}}}{2}. \quad (9.73)$$

9.9.6 Площадь осадкоприемных окон с каждой стороны осадкоуплотнителя $f_{\text{ок}}$, м²:

$$f_{\text{ок}} = \frac{q_{\text{ок}}}{v_{\text{ок}}}, \quad (9.74)$$

где $v_{\text{ок}}$ — скорость движения воды с осадком в окнах, м/ч; следует принимать в пределах от 36 до 54 м/ч (от 10 до 15 мм/с).

Общая длина окон с каждой стороны осадкоуплотнителя $l_{\text{ок}}$, м, вычисляется по формуле

$$l_{\text{ок}} = \frac{f_{\text{ок}}}{h_{\text{ок}}}, \quad (9.75)$$

где $h_{\text{ок}}$ — высота окна, м; принимается в пределах от 0,1 до 0,3 м.

Ширина окна $b_{\text{ок}}$, м, вычисляется по формуле

$$b_{\text{ок}} = \frac{l_{\text{ок}}}{N_{\text{ок}}}, \quad (9.76)$$

где $N_{\text{ок}}$ — количество окон с каждой стороны осадкоуплотнителя, шт.

9.9.7 Верх сборных дырчатых труб для сбора и отвода воды должен быть расположен не менее чем на 0,3 м ниже уровня воды в осветлителях и не менее чем на 1,5 м выше верха осадкоприемных окон.

Расход воды через каждую сборную дырчатую трубу q_c , м³/ч, определяется по формуле

$$q_c = \frac{(1 - K_{p.в}) \cdot q_{осв} - q_{пр}}{2}, \quad (9.77)$$

где $q_{пр}$ — потеря воды при продувке, м³/ч:

$$q_{пр} = \frac{q_{осв} k_p \cdot (C_v - M_{осв})}{\delta}, \quad (9.78)$$

здесь k_p — коэффициент разбавления осадка при его удалении; $k_p = 1,5$;
 C_v , $M_{осв}$, δ — см. формулы (9.4) и (9.5).

Диаметр труб следует определять при скорости движения воды 0,5 м/с. По скорости входа воды в отверстия и диаметру отверстий следует рассчитывать количество отверстий и расстояние между ними ($v_{отв.вх} = 1,5$ м/с, $d_o = 15 \dots 20$ мм).

9.9.8 Высота осветлителя, считая от центра водораспределительного коллектора до верхней кромки водосборных желобов, $H_{осв}$, м, определяется по формуле

$$H_{осв} = \frac{b_{кор} - 2b_{ж}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad (9.79)$$

где $b_{кор}$ — ширина коридора осветлителя, м;

$b_{ж}$ — ширина одного желоба, м;

α — центральный угол, образуемый прямыми, проведенными от оси водораспределительного коллектора к верхним точкам кромок водосборных желобов, градус, принимается не более 30°.

9.9.9 Высота пирамидальной части осветлителя $h_{пир}$, м, определяется по формуле

$$h_{пир} = \frac{b_{кор} - a}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}}, \quad (9.80)$$

где a — ширина коридора понизу, м; $a = 0,4$ м;

α_1 — центральный угол наклона стенок коридора, градус; принимается в пределах от 60° до 90°.

Высота зоны взвешенного осадка выше перехода наклонных стенок осветлителя в вертикальные $h_{верт}$, м:

$$h_{верт} = H_{осв} - h_{защ} - h_{пир}, \quad (9.81)$$

где $h_{защ}$ — высота защитной зоны над слоем взвешенного осадка, м, принимается в пределах от 1,5 до 2,0 м.

При этом $h_{верт}$ должна быть не менее 1,5 м.

Общая высота зоны взвешенного осадка $h_{з.в.о}$, м:

$$h_{з.в.о} = h'_{верт} + \frac{h_{пир}}{2}, \quad (9.82)$$

где $h'_{верт}$ — уточненная высота $h_{верт}$ (при необходимости).

При этом $2,0 < h_{з.в.о} < 2,5$ м.

9.9.10 Объем осадкоуплотнителя $W_{ос.упл}$, м³, вычисляется по формуле

$$W_{ос.упл} = l_{кор} \cdot \left[b_{о.у} h'_{верт} + 2 \cdot \left(\frac{h_{пир} 0,5 b_{о.у}}{2} \right) \right], \quad (9.83)$$

где $b_{о.у}$ — ширина осадкоуплотнителя, м.

Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе $T_{\text{ос.упл}}$, ч:

$$T_{\text{ос.упл}} = \frac{W_{\text{ос.упл}} \delta}{q_{\text{осад}}}, \quad (9.84)$$

где δ — средняя концентрация взвешенных веществ в осадкоуплотнителе, г/м³;
 $q_{\text{осад}}$ — количество осадка, поступающего в осадкоуплотнитель, м³/ч:

$$q_{\text{осад}} = C_{\text{в}} q_{\text{осв}}, \quad (9.85)$$

здесь $C_{\text{в}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в осветлитель, г/м³;
 $q_{\text{осв}}$ — расчетный расход воды через один осветлитель, м³/ч.

9.9.11 Дырчатые трубы для удаления осадка из осадкоуплотнителя размещаются по продольной оси, где сходятся наклонные стенки осадкоуплотнителя. Диаметр трубы d , м, рассчитывается по формуле (9.86), но принимается не менее 0,15 м:

$$d = \sqrt{\frac{4q''_{\text{ос}}}{\pi v}}, \quad (9.86)$$

где $q''_{\text{ос}}$ — расход осадка через каждую осадкоприемную трубу, м³/с, вычисляется по формуле

$$q''_{\text{ос}} = \frac{W}{2t \cdot 3600}, \quad (9.87)$$

здесь t — время, в течение которого отводится накопившийся осадок, ч; принимается в пределах от 0,25 до 0,33 ч;

v — скорость движения осадка в конце трубы, м/с; принимается не менее 1 м/с.

Общая площадь всех отверстий осадкоприемной дырчатой трубы $\sum f_o$, м²:

$$\sum f_o = \frac{q''_{\text{ос}}}{v_o}, \quad (9.88)$$

где v_o — скорость движения осадка в отверстиях дырчатой трубы, м/с; принимается не более 3 м/с.

Диаметр одного отверстия следует принимать от 15 до 20 мм.

9.9.12 Объем зоны накопления и уплотнения осадка $W_{3,y}$, м³, определяется по формуле

$$W_{3,y} = \frac{q_{\text{осв}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{осв}}) \cdot T_{\text{осв}}}{\delta}, \quad (9.89)$$

где $q_{\text{осв}}$ — расчетный расход воды через один осветлитель, м³/ч;

$T_{\text{осв}}$ — интервал между сбросами осадка, ч; принимается в пределах от 2 до 6 ч;

$C_{\text{в}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей в осветлитель, г/м³;

$M_{\text{осв}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде, выходящей после осветлителя, г/м³;

δ — средняя концентрация осадка в осадкоуплотнителе, г/м³, по ТКП 45-4.01-31 (таблица 7.3).

Относительный расход сбрасываемой с осадком воды P , в процентах от общего расхода, вычисляется по формуле

$$P = \frac{K_p W_{3,y}}{q_{\text{осв}} T_{\text{осв}}} \cdot 100, \quad (9.90)$$

где K_p — коэффициент разбавления осадка; принимается в пределах от 1,2 до 2,5.

10 Флотация

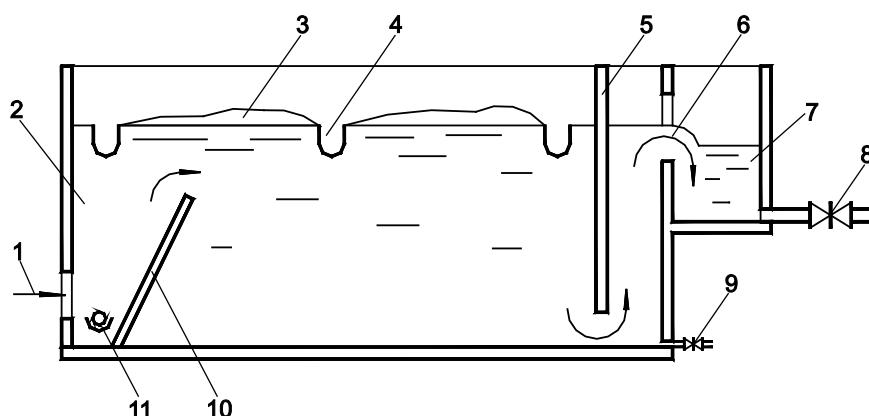
10.1 Флотаторы следует проектировать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.6.17 – 7.6.19).

10.2 Преимуществами флотаторов являются:

- значительное ускорение процесса выделения взвеси из воды, благодаря чему уменьшается общий объем очистных сооружений;
- постоянное удаление выделенных загрязнений во флотационных установках, что способствует улучшению санитарного состояния сооружений;
- более эффективное удаление фитопланктона, что в ряде случаев позволяет отказаться от установки микрофильтров;
- удаление из воды плавающих и плохо оседающих примесей (например, нефтепродуктов, масел и т. п.), что повышает общий эффект очистки воды.

10.3 Схема флотационной установки приведена на рисунке 10.1.

Исходная вода с введенными в нее реагентами (коагулянт, флокулянт, первичный хлор и т. д.), предварительно пройдя через КХО, поступает для осветления во флотационную камеру 2. Через распределительную систему 11 в обрабатываемую воду вводится водовоздушный раствор (в количестве от 8 % до 10 % от общего расхода воды), из которого выделяются мельчайшие пузырьки воздуха. Они прикрепляются к хлопьям скоагулированной взвеси и поднимают их вместе с загрязнениями на поверхность воды во флотационной камере, образуя слой пены 3. Осветленная вода проходит под подвесную стенку 5 и через регулируемый водослив 6 отводится в канал осветленной воды 7, а затем по трубопроводу 8 — на фильтровальные сооружения. Накопившаяся пена 3 периодически (путем подъема уровня воды во флотационной камере) или постоянно сбрасывается в лотки 4 и отводится трубопроводом в водосток. Струенаправляющая перегородка 10 предназначена для создания направленного движения потока воды и предотвращения циркуляционного движения в зоне осветленной воды.

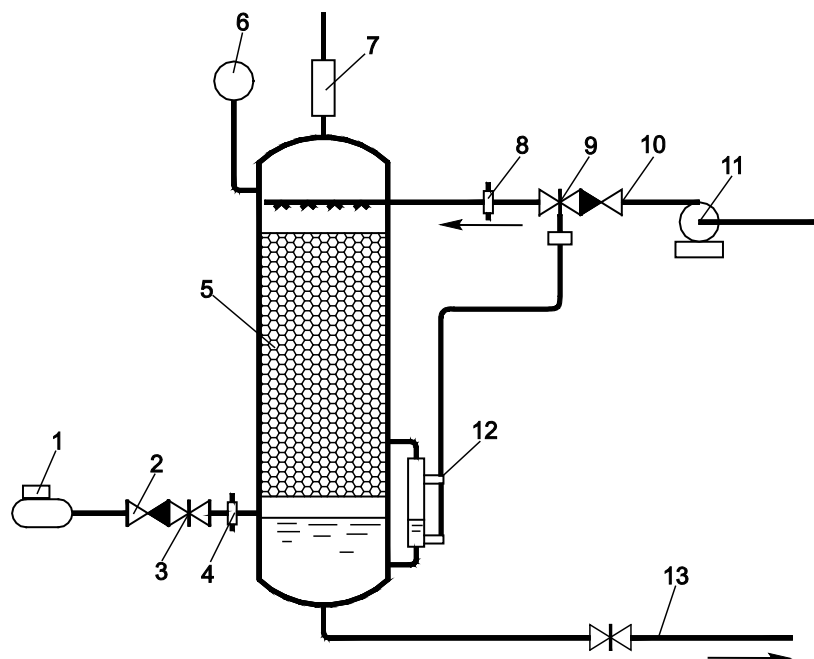


- 1 — подача скоагулированной исходной воды; 2 — флотационная камера; 3 — флотационная пена;
 4 — лоток сбора пены; 5 — подвесная стенка; 6 — регулируемый водослив; 7 — канал осветленной воды;
 8 — трубопровод отвода осветленной воды на фильтры; 9 — трубопровод опорожнения;
 10 — струенаправляющая перегородка; 11 — распределительная система

Рисунок 10.1 — Схема флотационной установки

10.4 Подготовка водовоздушного раствора осуществляется на установке, схема которой приведена на рисунке 10.2. Вода подводится к насосу 11, с помощью которого подается в верхнюю часть напорного бака 5 и стекает тонким пленочным слоем по насадке из керамических или пластмассовых колец, которыми заполнен бак. Навстречу стекающей воде движется воздух, подаваемый от компрессора 1. При взаимодействии воздуха с водой образуется водовоздушный раствор, накапливающийся в нижней части напорного бака. Готовый водовоздушный раствор по трубопроводу 13 подводится к распределительной системе 11, приведенной на рисунке 10.1, во флотационной камере.

10.5 Для создания устойчивого режима работы системы уровень водовоздушного раствора в баке должен быть постоянным. Это условие выполняется путем устройства системы автоматики, связывающей между собой работу уровнемера 12, показанного на рисунке 10.2, и регулирующего клапана 9.



- 1 — компрессор; 2, 10 — обратные клапаны; 3 — вентиль; 4, 8 — расходомеры;
 5 — напорный бак; 6 — манометр; 7 — предохранительный клапан;
 9 — регулирующий клапан; 11 — насос; 12 — уровнемер;
 13 — трубопровод отвода водовоздушного раствора

Рисунок 10.2 — Схема подготовки водовоздушного раствора

10.6 Эффект флотационного осветления воды в значительной степени зависит от качества хлопьев коагулянта, подготовленных в КХО. С целью предотвращения разрушения образованных в воде хлопьев рекомендуется совмещать камеры хлопьеобразования и флотации в одну установку.

10.7 При проектировании очистных комплексов осветления и обесцвечивания воды флотацией следует предусматривать сооружения реагентного хозяйства, смесители, КХО, фильтровальные сооружения, сооружения для дезинфекции и обработки промывных вод, пенного конденсата. Расчет и проектирование всех сооружений и устройств, производится в соответствии с ТКП 45-4.01-31.

10.8 При проектировании флотационных установок следует предусматривать следующие технологические элементы: флотационную камеру, узел подготовки и распределения водовоздушного раствора; систему сбора и удаления флотационной пены.

10.9 Основные параметры флотационных установок следует определять расчетом на основе технологического анализа воды или принимать, исходя из опыта работы установок, эксплуатируемых в аналогичных условиях. Расчетная схема прямоугольной флотационной камеры приведена на рисунке 10.3. Для предварительных расчетов следует пользоваться следующими данными:

- | | |
|--|----------------|
| — удельная нагрузка на 1 м ² площади флотационной камеры, м ³ /ч | — 6–8; |
| — время пребывания воды во флотационной камере, мин | — около 10; |
| — глубина слоя воды во флотационной камере H_p , м | — 1,5–2,5; |
| — длина флотационной камеры $L_{ф.к}$, м | — 3–9; |
| — ширина флотационной камеры $b_{ф.к}$, м, не более | — 6; |
| — давление водовоздушного раствора, МПа | — 0,5–0,8; |
| — расход, в процентах от общего расхода обрабатываемой воды: | |
| водовоздушного раствора | — 8 %–10 %; |
| воздуха | — 0,9 %–1,2 %. |

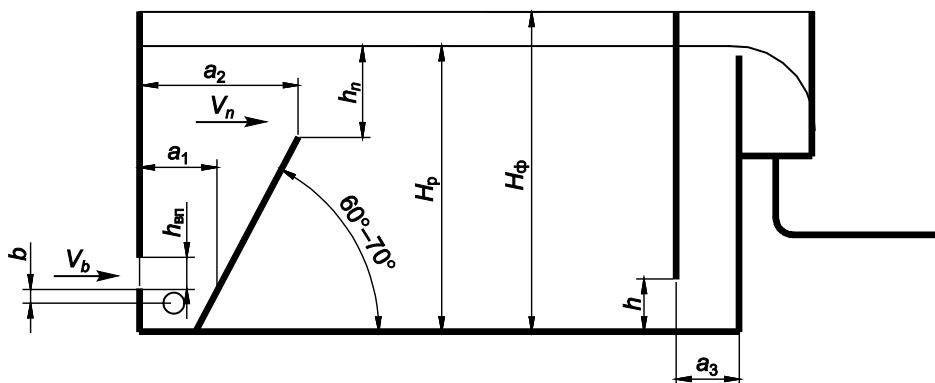


Рисунок 10.3 — Расчетная схема прямоугольной флотационной камеры

10.10 При новом строительстве рекомендуется применять камеры прямоугольной формы с горизонтальным движением воды.

10.11 Площадь флотационной камеры $F_{ф.к}$, м^2 , следует вычислять по формуле

$$F_{ф.к} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\text{уд}}}, \quad (10.1)$$

где $q_{\text{час}}$ — расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$q_{\text{уд}}$ — удельная нагрузка, $\text{м}^3/\text{ч}$; принимается в пределах от 6 до 8 $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 .

10.12 Объем флотационной камеры $W_{ф.к}$, м^3 , вычисляют по формуле

$$W_{ф.к} = \frac{q_{\text{час}} t_{ф.к}}{60}, \quad (10.2)$$

где $t_{ф.к}$ — продолжительность пребывания воды во флотаторе (около 10 мин).

10.13 Длину камеры $l_{ф.к}$, м, следует принимать в пределах от 3 до 9 м.

10.14 Ширину камеры $b_{ф.к}$, м, вычисляют по формуле

$$b_{ф.к} = (0,33 - 0,66) \cdot l_{ф.к}. \quad (10.3)$$

10.15 Высота водовпускного канала $h_{вп}$, м, определяется по формуле

$$h_{вп} = \frac{q_{\text{час}}}{3600 b_{ф.к} v_b}, \quad (10.4)$$

где v_b — скорость входа обрабатываемой воды во флотационную камеру, м/с (не должна превышать скорость выхода воды из камеры хлопьеобразования).

10.16 Во входной части прямоугольной флотационной камеры следует предусматривать под углом от 60° до 70° к горизонту в сторону движения воды струенаправляющую перегородку. Днище флотационной камеры следует устраивать с уклоном 0,01 к трубопроводу для опорожнения.

10.17 Расстояние от верха струенаправляющей перегородки до уровня воды во флотаторе h_n , м, следует определять по формуле

$$h_n = \frac{q_{\text{час}}}{3600 b_{ф.к} v_n}, \quad (10.5)$$

где v_n — скорость движения обрабатываемой воды над струенаправляющей перегородкой (не должна превышать 0,1 м/с — для мутных вод и 0,05 м/с — для цветных вод).

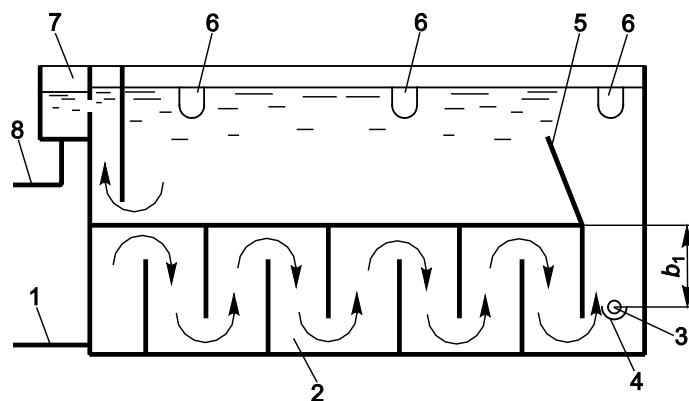
10.18 Расстояние h под подвесной стенкой следует определять из условия скорости движения воды в этом сечении от 0,8 до 1,2 м/с. Ширина коридора a_3 принимается из условия возможности выполнения ремонтных работ.

10.19 Общая высота флотационной камеры $H_{ф.к}$ принимается на 0,4–0,5 м выше рабочего уровня воды H_p .

10.20 Распределительная система подачи водовоздушного раствора должна быть заглублена на расстояние b , равное от 0,4 до 0,5 м по отношению к нижней образующей трубы или канала, подводящих исходную воду от КХО.

10.21 Объемы флотационной камеры до и после струенаправляющей перегородки связываются между собой трубопроводом с задвижкой диаметром от 100 до 150 мм, которая открывается в период начального заполнения или опорожнения камеры.

10.22 При расположении камеры хлопьеобразования под флотационной, схема которой приведена на рисунке 10.4, расчеты проводят аналогично. Расстояние b_1 от распределительной системы до днища флотационной камеры в этом случае должно составлять от 0,8 до 1,0 м.



1 — подача исходной воды; 2 — КХО;
3 — распределительная труба для выпуска воздушной смеси; 4 — отражатель;
5 — струенаправляющая стенка; 6 — желоб для сбора пены;
7 — сборный карман; 8 — отвод обработанной воды

Рисунок 10.4 — Схема флотационной камеры, совмещенной с КХО

10.23 Напорный бак для растворения воздуха в воде выполняется и оборудуется в соответствии с [2]. Рекомендуется использовать готовые емкости заводского изготовления.

10.24 Емкость рабочей зоны (зоны контакта воды и воздуха) напорного бака определяется, исходя из времени контакта (от 2 до 3 мин). Дополнительно, в верхней и нижней частях рабочей зоны, предусматриваются объемы для размещения распределительных систем воды и воздуха. В нижней части бака необходимо предусматривать также объем для размещения готового водовоздушного раствора слоем на 0,4–0,6 м выше отметки оси трубопровода, отводящего водовоздушный раствор во флотационные камеры. Высота напорного бака должна в 3–5 раз превышать его диаметр.

10.25 Для подготовки водовоздушного раствора следует использовать воду после фильтров.

10.26 Подачу воды в напорный бак следует осуществлять с помощью насоса, рассчитанного на рабочее давление в баке от 0,5 до 0,8 МПа с учетом потерь давления в подводящих коммуникациях.

10.27 На напорном трубопроводе между насосом и напорным баком следует предусматривать установку расходомера, обратного клапана и регулировочного клапана с электроприводом.

10.28 Распределение воды в напорном баке следует осуществлять с помощью дырчатой распределительной системы равномерно по площади керамической или пластмассовой насадки. Скорость выхода воды из отверстий распределительной системы следует принимать от 2,0 до 2,5 м/с.

10.29 Внутренний объем напорного бака следует заполнять с помощью керамической или пластмассовой насадки в виде колец Рашига (размером 25×25 или 50×50 мм). Насадка должна поддерживаться снизу металлической или деревянной решеткой. Верхний уровень насадки следует располагать ниже труб распределительной системы на расстоянии от 0,15 до 0,20 м.

10.30 Воздух в напорный бак следует подавать под нижний уровень насадки от компрессора с рабочим давлением от 0,5 до 0,8 МПа. На трубопроводе, подающем воздух, между компрессором и напорным баком необходимо предусматривать установку расходомера, обратного клапана и запорного вентиля.

10.31 Распределение воздуха в напорном баке должно производиться равномерно по площади насадки с помощью дырчатой распределительной системы. Скорость выхода воздуха через отверстия принимается в пределах от 15 до 20 м/с.

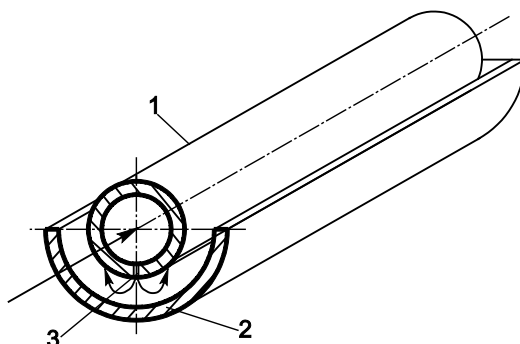
10.32 Уровень готового водовоздушного раствора в напорном баке должен быть на отметке от 0,4 до 0,6 м выше отметки оси трубопровода, отводящего раствор во флотационную камеру.

10.33 Уровень в баке должен поддерживаться автоматически на заданной отметке от плюс 100 мм до минус 100 мм с помощью регуляторов или сигнализаторов уровня и регулирующего клапана. При падении уровня водовоздушного раствора в баке ниже заданного предела регулирования (с целью предотвращения прорыва воздуха в распределительную систему флотационной камеры) сигнал от уровнемера подается на кратковременное открытие аварийного воздушного клапана, который устанавливается в верхней части бака.

10.34 При повышении давления в напорном резервуаре выше допустимого должен срабатывать предохранительный клапан. Контроль над давлением в баке осуществляется по показанию манометра.

10.35 Отвод готового водовоздушного раствора во флотационную камеру производится по стальным трубопроводам, рассчитанным на рабочее давление. Длину и диаметр трубопроводов следует принимать из условия минимальных потерь давления в них не более 0,01 МПа. На трубопроводе допускается установка только отключающей арматуры.

10.36 Для равномерного распределения водовоздушного раствора в объеме обрабатываемой воды и для создания условий, обеспечивающих получение мелких пузырьков воздуха, во флотационной камере следует устраивать распределительную систему, состоящую из дырчатого трубопровода и защитного кожуха. Схема приведена на рисунке 10.5.



1 — напорный распределительный трубопровод; 2 — кожух; 3 — отверстия распределительной системы

Рисунок 10.5 — Схема распределительной системы флотатора

10.37 Дырчатый трубопровод и защитный кожух должны изготавливаться из материалов, стойких к кислородной коррозии и воздействию струй воды, вытекающих из отверстий напорного трубопровода с большой скоростью.

10.38 Расход водовоздушного раствора $q_{в.в}$, м³/с, следует определять по формуле

$$q_{в.в} = \frac{q_{час} \rho}{3600 \cdot 100}, \quad (10.6)$$

где ρ — объем очищаемой воды, %, используемой для приготовления водовоздушного раствора, следует принимать в пределах от 8 % до 10 %.

10.39 Общая площадь отверстий в распределительном трубопроводе $\sum f_{отв}$, м², определяется по формуле

$$\sum f_{отв} = \frac{q_{в.в}}{v_{в.в.р}}, \quad (10.7)$$

где $v_{в.в.р}$ — скорость движения водовоздушного раствора в отверстиях, м/с; следует принимать в пределах от 20 до 25 м/с.

10.40 Площадь одного отверстия $f_{\text{отв}}$, м^2 , вычисляют по формуле

$$f_{\text{отв}} = \frac{\pi d_{\text{отв}}^2}{4}, \quad (10.8)$$

где $d_{\text{отв}}$ — диаметр отверстия для выпуска водовоздушного раствора, м; следует принимать в пределах от 0,005 до 0,008 м.

10.41 Необходимое количество отверстий n , шт., вычисляют по формуле

$$n = \frac{\sum f_{\text{отв}}}{f_{\text{отв}}}. \quad (10.9)$$

10.42 Отверстия следует располагать равномерно по нижней образующей трубы линейно, шаг отверстий $l_{\text{отв}}$, м (рекомендуется принимать в пределах от 0,15 до 0,3 м), определяют по формуле

$$l_{\text{отв}} = \frac{b_{\text{ф.к}}}{n + 1}. \quad (10.10)$$

10.43 Распределительный трубопровод рекомендуется вывести через стенку флотатора и установить вентиль для возможности промывки системы.

10.44 Защитный кожух рекомендуется устраивать из полутрубы, кромки его следует располагать не ниже отметки оси напорного трубопровода. Расстояние между нижней образующей трубы и дном кожуха должно составлять не менее 0,08 м.

10.45 Избыточное давление в напорном трубопроводе перед флотационной камерой H , м, вычисляют по формуле

$$H = \frac{v_{\text{в.в.р}}^2}{\mu^2 2g}, \quad (10.11)$$

где $v_{\text{в.в.р}}$ — скорость движения водовоздушного раствора в отверстиях, м/с; следует принимать в пределах от 20 до 25 м/с;

μ — коэффициент расхода, равный 0,7.

10.46 Расход воздуха принимают в пределах от 0,6 % до 0,75 % от расхода воды.

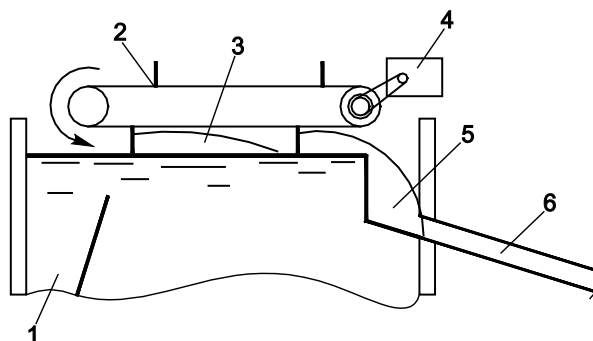
10.47 Удаление пены осуществляют:

— с помощью системы легких подвесных лотков во флотационной камере;

— с помощью скребковых механизмов.

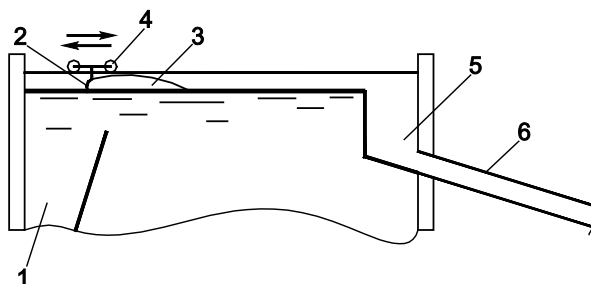
Схемы скребковых механизмов для удаления флотационной пены с поверхности воды приведены на рисунках 10.6 и 10.7.

Способ удаления пены следует выбирать на основании результатов технологического моделирования, с учетом прочности пенного слоя.



1 — флотационная камера; 2 — ленточный скребковый механизм; 3 — пенный слой;
4 — механический привод; 5 — лоток; 6 — труба для отвода флотошлама

Рисунок 10.6 — Схема ленточного скребкового механизма для удаления пены



1 — флотационная камера; 2 — скребки; 3 — пенный слой; 4 — тележка с механическим приводом;
5 — лоток; 6 — труба для отвода флотошлама

Рисунок 10.7 — Схема скребкового механизма с тележкой для удаления пены

10.48 При удалении пены подвесными лотками их следует располагать равномерно по площади флотационной камеры, верхние кромки должны находиться на одной отметке и на 0,010–0,015 м выше расчетного уровня воды. Расстояние между лотками принимается в пределах от 2,0 до 2,5 м, ширина лотков — не менее 0,3 м, уклон в сторону поперечного лотка — не менее 0,025. Торцовые стенки сооружения, соприкасающиеся с пеной, следует облицовывать керамической плиткой.

10.49 При устройстве скребков для сбора пены следует устраивать лоток в начале или в конце прямоугольных флотационных камер, который должен оборудоваться системой орошения пены водой с расходом, составляющим около 1 % от расхода обрабатываемой воды.

10.50 В случае использования скребкового механизма с тележкой и наличии одного лотка при обратном ходе тележки скребок должен быть поднят над слоем пены. Скребки выполняют из листовой резины на ширину флотационной камеры и погружают в пенный слой на всю его толщину. Скорость перемещения скребка следует принимать не более 0,02 м/с.

10.51 Обработку пенного конденсата после его удаления из флотационной камеры следует производить вместе с промывными водами очистной станции на предназначенных для этих целей сооружениях, проектируемых в соответствии с ТКП 45-4.01-31.

10.52 При работе флотационных установок должны быть автоматизированы основные технологические операции:

- поддержание требуемого уровня водовоздушного раствора в напорном баке;
- открытие аварийного клапана при резком падении уровня водовоздушного раствора в напорном баке;
- поддержание в заданных пределах рабочего давления после насоса и компрессора;
- периодическое удаление пены с поверхности воды во флотационной камере (периодический подъем уровня воды путем прикрытия электрифицированной задвижки на трубопроводе отвода осветленной воды и периодическое включение скребкового механизма удаления пены).

11 Фильтрация

11.1 Вода, поступающая на фильтровальные сооружения после отстойников, осветлителей со слоем взвешенного осадка или флотаторов, не должна содержать взвешенных веществ более 25 мг/л.

11.2 Фильтровальные сооружения должны проектироваться в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (раздел 8). Схема осветлительного фильтра с боковым сборным каналом приведена на рисунке 11.1, схема осветлительного фильтра с центральным сборным каналом приведена на рисунке 11.2.

11.3 Общую площадь фильтров F_{ϕ} , м², следует определять по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{\text{ст}} v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} v_{\text{пр}} \tau_1 - n_{\text{пр}} v_{\text{н}} \tau_{\text{пр}}}, \quad (11.1)$$

где Q — полезная производительность станции, м³/сут;

$T_{\text{ст}}$ — продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$v_{\text{н}}$ — расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимается по данным технологических исследований или, при их отсутствии, по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);

$n_{\text{пр}}$ — число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;

$v_{\text{пр}}$ — скорость промывки, м/ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);

- τ_1 — продолжительность промывки, ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);
 $\tau_{пр}$ — время простоя фильтра в связи с промывкой, ч, принимаемое для фильтров:
 промываемых водой — 0,33 ч;
 промываемых водой и воздухом — 0,50 ч.

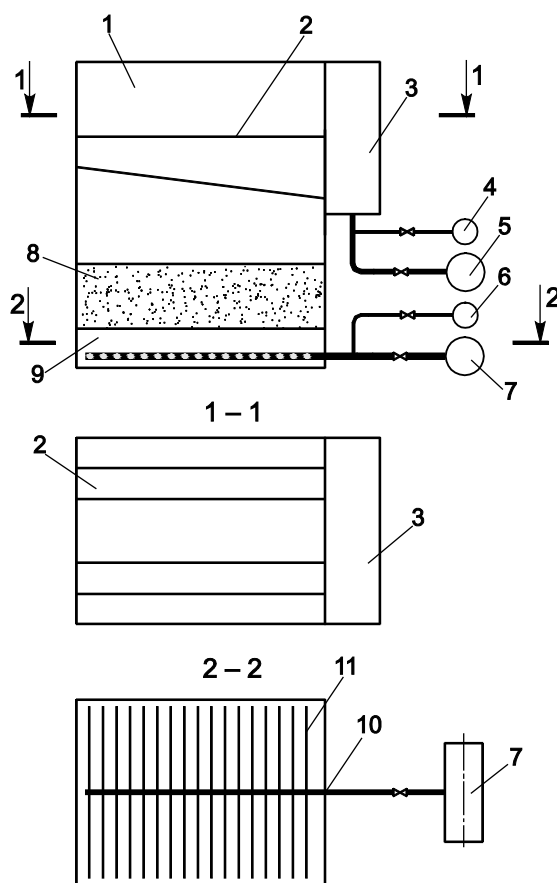
11.4 Количество фильтров на станциях N_{ϕ} , шт., следует определять в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (8.1.5) по формуле

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2}, \quad (11.2)$$

при этом должно обеспечиваться условие:

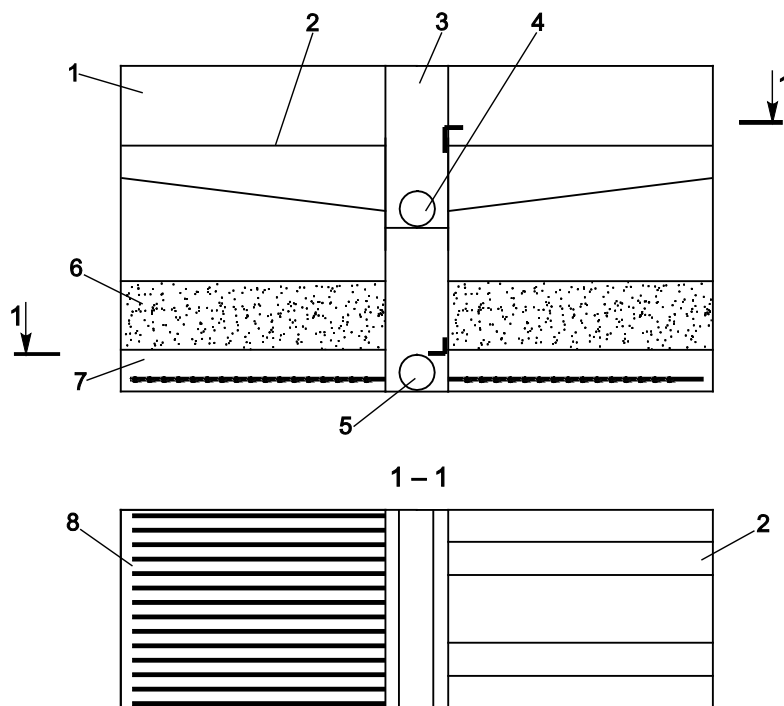
$$v_{\phi} = \frac{v_n N_{\phi}}{(N_{\phi} - N_1)} \leq v_{\phi, \text{доп}}, \quad (11.3)$$

- где v_{ϕ} — скорость фильтрования, м/ч, которая при форсированном режиме должна быть не более $v_{\phi, \text{доп}}$;
 N_1 — количество фильтров, шт., находящихся в ремонте (на станциях с количеством фильтров до 20 шт. следует предусматривать возможность выключения на ремонт одного фильтра; при большем количестве — двух);
 $v_{\phi, \text{доп}}$ — допустимая скорость фильтрования при форсированном режиме, м/ч, определяется по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).



- 1 — корпус фильтра; 2 — желоб; 3 — боковой сборный канал; 4 — трубопровод подачи исходной воды;
 5 — трубопровод отвода промывной воды; 6 — трубопровод отвода фильтрованной воды;
 7 — трубопровод подачи промывной воды; 8 — фильтрующий слой; 9 — поддерживающий слой;
 10 — коллектор; 11 — ответвления (дырчатые трубы) распределительной системы

Рисунок 11.1 — Схема осветлительного фильтра с боковым сборным каналом



- 1 — корпус фильтра; 2 — желоб; 3 — центральный сборный канал;
 4 — трубопровод подачи исходной воды и отвода промывной воды;
 5 — трубопровод отвода фильтрованной воды и подачи промывной; 6 — фильтрующий слой;
 7 — поддерживающий слой; 8 — дырчатые трубы

Рисунок 11.2 — Схема осветлительного фильтра с центральным сборным каналом

11.5 Площадь одного фильтра F_1 , м², следует определять по формуле

$$F_1 = \frac{F_{\Phi}}{N_{\Phi}} \quad (11.4)$$

и принимать в пределах от 60 до 100 м².

Параметры фильтрующей загрузки: диаметр зерен, коэффициент неоднородности загрузки, высоту слоя загрузки — следует принимать по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).

Сбор и отвод загрязненной воды при промывке скорых фильтров осуществляется при помощи желобов, размещаемых над поверхностью фильтрующей загрузки. Сечения желобов различных конструкций приведены на рисунке 11.3.

11.6 Расход промывной воды $q_{\text{пром}}$, м³/с, для промывки одного фильтра вычисляют по формуле

$$q_{\text{пром}} = F_1 \cdot \frac{V_{\text{пр}}}{3600}, \quad (11.5)$$

где F_1 — площадь одного фильтра, м²;

$V_{\text{пр}}$ — скорость подачи промывной воды, м/с, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).

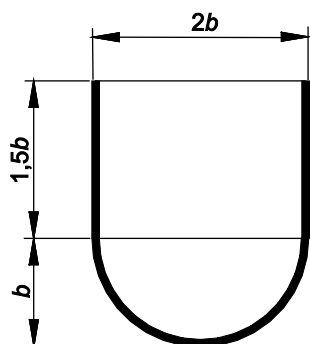
11.7 В фильтрах со сборным каналом расстояние от дна желоба до дна канала $H_{\text{кан}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кан}}^2}{9,8B_{\text{кан}}^2}} + 0,2, \quad (11.6)$$

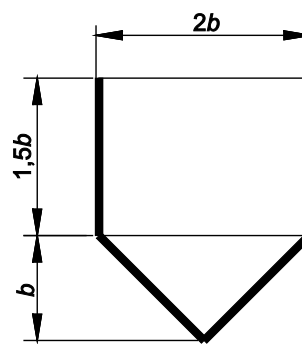
где $q_{\text{кан}}$ — расход воды по каналу, м³/с, равный $q_{\text{пром}}$;

$B_{\text{кан}}$ — ширина канала, м; принимается не менее 0,7 м.

Уровень воды в канале с учетом подпора, создаваемого трубопроводом, отводящим промывную воду, должен быть на 0,2 м ниже дна желоба.



Площадь сечения желоба $F_{\text{жел}} = 4b^2$



Площадь сечения желоба $F_{\text{жел}} = 4,57b^2$

Рисунок 11.3 — Сечения желобов различных конструкций

11.8 Количество сборных желобов $n_{\text{жел}}$ следует назначать, принимая расстояние между осями соседних желобов не более 2,2 м.

11.9 Площадь поперечного сечения желоба в месте примыкания его к сборному каналу f , м^2 , следует вычислять по формуле

$$f = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{жел}}}{9,8} \cdot B_{\text{жел}}} , \quad (11.7)$$

где $q_{\text{жел}}$ — расход воды при промывке на один желоб, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_{\text{жел}} = \frac{q_{\text{пром}}}{n_{\text{жел}}} , \quad (11.8)$$

здесь $n_{\text{жел}}$ — количество желобов, шт.;

$B_{\text{жел}}$ — ширина желоба, м, определяемая по формуле

$$B_{\text{жел}} = K_{\text{жел}} \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{\text{жел}}^2}{(1,57 + a_{\text{жел}})^3}} , \quad (11.9)$$

здесь $K_{\text{жел}}$ — коэффициент, равный 2,1 — для желоба с треугольным основанием и 2,0 — для желоба с полукруглым основанием;

$a_{\text{жел}}$ — отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимается в пределах от 1 до 1,5.

Уровень воды в канале с учетом подпора, создаваемого трубопроводом, отводящим промывную воду, должен быть на 0,2 м ниже дна желоба.

11.10 Расстояние от кромки желоба до поверхности фильтрующей загрузки $H_{\text{жел}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{жел}} = \frac{H_3 a_3}{100} + 0,3, \quad (11.10)$$

где H_3 — высота фильтрующего слоя, м;

a_3 — относительное расширение фильтрующей загрузки, %, принимаемое по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).

11.11 Крупность фракций и высоту поддерживающих слоев для распределительных систем большого сопротивления следует принимать по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).

11.12 Диаметр коллектора дренажной системы фильтра d_k , м, определяется исходя из скорости промывной воды в начале коллектора $v_{\text{пром}}$, которую принимают в пределах от 0,8 до 1,2 м/с, по формуле

$$d_k = \sqrt{\frac{4q_{\text{пром}}}{3,14v_{\text{пром}}}} , \quad (11.11)$$

где $q_{\text{пром}}$ — расход промывной воды на промывку одного фильтра, $\text{м}^3/\text{с}$.

11.13 Количество ответвлений распределительной системы n , шт., определяют по формуле

$$n = \frac{2L}{m}, \quad (11.12)$$

где L — длина фильтра, м;

m — расстояние между осями труб ответвлений, м; принимается в пределах от 0,25 до 0,35 м.

11.14 Длина ответвлений l , м:

$$l = \frac{B - d_k}{2}, \quad (11.13)$$

где B — ширина фильтра, м.

11.15 Площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое ответвление распределительной системы, $f_{\text{отв}}$, м²:

$$f_{\text{отв}} = lm. \quad (11.14)$$

11.16 Расход воды на одно ответвление $q_{\text{отв}}$, м³/с:

$$q_{\text{отв}} = f_{\text{отв}} \cdot \frac{v_{\text{пр}}}{3600}, \quad (11.15)$$

где $v_{\text{пр}}$ — скорость подачи промывной воды, м/с, принимают на основании результатов технологического моделирования или по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1).

11.17 Диаметр ответвления $d_{\text{отв}}$, м:

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{отв}}}{\pi v_{\text{отв}}}}, \quad (11.16)$$

где $v_{\text{отв}}$ — скорость движения воды в начале ответвления, м/с; следует принимать в пределах от 1,8 до 2,0 м/с.

Общее количество отверстий в распределительной системе каждого фильтра n_o , шт.:

$$n_o = \frac{\sum f_o}{f_o}, \quad (11.17)$$

где $\sum f_o$ — общая площадь отверстий, м², следует принимать в пределах от 0,0025 F_1 до 0,0050 F_1 ;

f_o — площадь одного отверстия, м², при диаметре отверстий в пределах от 10 до 12 мм.

Количество отверстий на одном ответвлении $n_{\text{отв}}$, шт.:

$$n_{\text{отв}} = \frac{n_o}{n}. \quad (11.18)$$

Расстояние между осями отверстий следует принимать в пределах от 150 до 200 мм.

11.18 Расчет воздушной распределительной системы следует производить в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (8.1.21).

11.19 Напор воды на промывку фильтров следует принимать с учетом потерь напора в распределительной системе, подводящих коммуникациях промывной воды и в загрузке фильтров.

11.20 Насос для подачи воды в бак должен обеспечивать его наполнение за время не более чем интервалы между промывками фильтров при форсированном режиме. Забор воды насосом, подающим воду в бак, следует производить из резервуара фильтрованной воды. Допускается производить забор из трубопровода фильтрованной воды, если он не превышает 50 % расхода фильтра.

11.21 При промывке фильтра следует учитывать:

— потери напора в распределительной системе фильтра $h_{\text{р.с}}$, м:

$$h_{\text{р.с}} = \xi \cdot \frac{v_{\text{кол}}^2}{2g} + \frac{v_{\text{р.т}}^2}{2g}, \quad (11.19)$$

где ξ — коэффициент гидравлического сопротивления, определяемый для прямолинейной распределительной трубы или коллектора:

с круглыми отверстиями:

$$\xi = \frac{2,2}{K_d^2} + 1; \quad (11.20)$$

со щелями:

$$\xi = \frac{4,0}{K_d^2} + 1, \quad (11.21)$$

здесь K_d — отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора;

$V_{\text{кол}}$ — скорость движения воды в коллекторе, м/с; принимается в пределах от 0,8 до 1,2 м/с;

$V_{\text{р.т}}$ — скорость движения воды в распределительных трубах, м/с; принимается в пределах от 1,6 до 2 м/с;

— потери напора в фильтрующем слое $h_{\text{ф.с}}$, м:

$$h_{\text{ф.с}} = (a + b \cdot \frac{V_{\text{пр}}}{3,6}) \cdot H_{\text{ф.с}}, \quad (11.22)$$

где a, b — эмпирические коэффициенты, следует принимать в зависимости от типа загрузки в пределах от 0,75 до 0,85 и от 0,017 до 0,004 — для кварцевого песка с крупностью зерен от 0,5 до 1,0 мм и от 1 до 2 мм соответственно;

$V_{\text{пр}}$ — скорость подачи воды при промывке, м/ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);

$H_{\text{ф.с}}$ — высота фильтрующего слоя, м;

— потери напора в гравийных поддерживающих слоях $h_{\text{п.с}}$, м:

$$h_{\text{п.с}} = 0,022 H_{\text{п.с}} \cdot \frac{V_{\text{пр}}}{3,6}, \quad (11.23)$$

где $H_{\text{п.с}}$ — высота поддерживающих слоев, м;

— потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы, h , м:

$$h = il, \quad (11.24)$$

где i — гидравлический уклон;

l — длина трубопровода (согласно генплану), м;

— потери напора на местные сопротивления в фасонных частях и арматуре $h_{\text{м.с}}$, м:

$$h_{\text{м.с}} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (11.25)$$

где $\sum \xi$ — суммарный коэффициент местных сопротивлений (согласно схеме фильтра);

v — скорость движения воды за местным сопротивлением, м/с.

Коэффициенты местных сопротивлений следует принимать:

$\xi_1 = 0,984$ — для колена;

$\xi_2 = 0,260$ — для задвижки;

$\xi_3 = 0,500$ — для входа во всасывающую трубу;

$\xi_4 = 0,920$ — для тройника.

При использовании промывного насоса его напор H_n , м, определяют по формуле

$$H_n = z_{\text{ж}} - z_{\text{н.р}} + h_d + h_{\text{п.с}} + h_{\text{ф.с}} + \sum h + 1,5, \quad (11.26)$$

где $z_{\text{ж}}$ — отметка верхней кромки желобов фильтров, м;

$z_{\text{н.р}}$ — отметка уровня противопожарного запаса воды в РЧВ, м;

h_d — потери напора в дренажной системе фильтра, м;

$h_{\text{п.с}}$ — потери напора в поддерживающем слое, м;

$h_{\text{ф.с}}$ — потери напора в фильтрующем слое;

$\sum h$ — сумма потерь напора в трубопроводе, подводящем воду на промывку, м.

11.22 Потери напора в распределительной системе при промывке фильтра не должны превышать 7 м.

11.23 Производительность промывного насоса $Q_{пр.н}$, м³/ч, вычисляется по формуле

$$Q_{пр.н} = v_{пр} \cdot \sum F, \quad (11.27)$$

где $v_{пр}$ — скорость подачи промывной воды, м/ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);
 $\sum F$ — общая площадь промываемых фильтров, м².

Кроме рабочего устанавливается один резервный насос.

11.24 При промывке фильтра от бака промывной башни отметка его дна $z_{д.б}$, м, определяется по формуле

$$z_{д.б} = z_{ж} + h_{д} + h_{п.с} + h_{ф.с} + \sum h + 1,5. \quad (11.28)$$

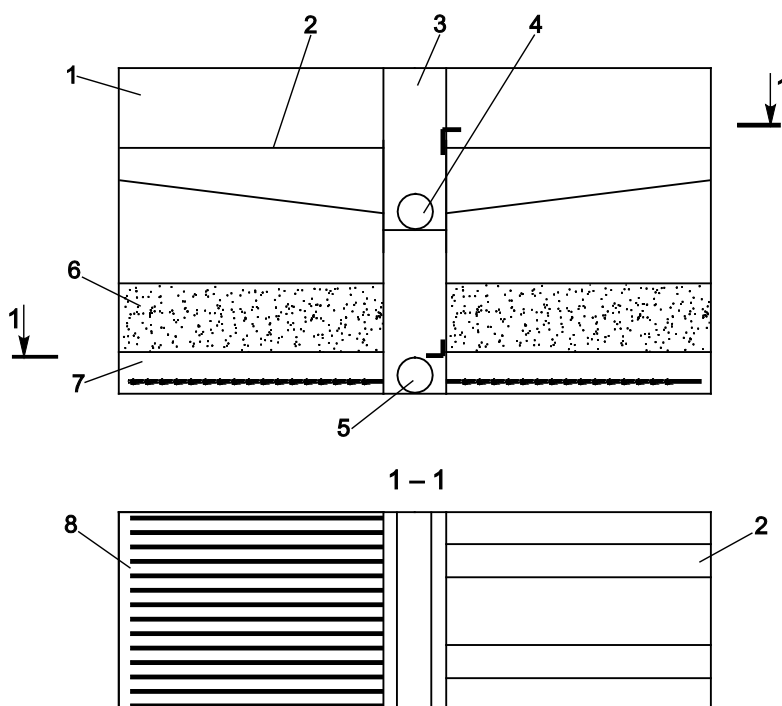
Насос для подачи воды в бак башни должен обеспечивать его пополнение за время между промывками. Напор насоса H_n , м, определяется по формуле

$$H_n = z_{в.б} - z_{н.р} + \sum h_{пр}, \quad (11.29)$$

где $z_{в.б}$ — отметка верхнего уровня воды в баке, м;

$\sum h_{пр}$ — потери напора в трубопроводе при восполнении промывного запаса бака, м.

11.25 Схема контактного осветлителя приведена на рисунке 11.4.



- 1 — корпус осветлителя; 2 — желоба; 3 — центральный канал;
 4 — трубопровод отвода фильтрата и отвода промывной воды;
 5 — трубопровод подачи исходной и промывной воды; 6 — фильтрующий слой;
 7 — поддерживающий слой; 8 — дырчатые трубы

Рисунок 11.4 — Схема контактного осветлителя

Общую площадь контактного осветлителя $F_{к.о}$, $м^2$, следует определять с учетом сброса первого фильтрата по формуле

$$F_{к.о} = \frac{Q}{T_{ст} v_n - n_{пр} \cdot \left(v_{пр} T_1 + T_{пр} v_n + \frac{t_{ст} v_n}{60} \right)}, \quad (11.30)$$

- где Q — полезная производительность станции, $м^3/сут$;
 $T_{ст}$ — продолжительность работы станции в течение суток, ч;
 v — расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, $м/ч$, принимается по ТКП 45-4.01-31 (8.3.5);
 $n_{пр}$ — число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;
 $v_{пр}$ — скорость промывки, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.5);
 T_1 — продолжительность промывки, ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.5);
 $T_{пр}$ — время простоя осветлителя в связи с промывкой, ч, принимаемое:
 для осветлителей, промываемых водой, — 0,33 ч;
 то же, водой и воздухом — 0,5 ч;
 $t_{ст}$ — продолжительность сброса первого фильтрата, мин, принимаемая в пределах от 5 до 10 мин.

11.26 Режим промывки контактных осветлителей следует принимать по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.5).

11.27 Распределительную систему контактных осветлителей следует проектировать в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.6 и формулы (11.2) – (11.28)).

11.28 При обосновании, для осветления и обесцвечивания воды допускается применять напорные вертикальные или горизонтальные фильтры. Проектирование их следует осуществлять в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (11.1 – 11.6) и рекомендациями изготовителя. Схемы напорных осветлительных фильтров приведены на рисунках 11.5 и 11.6.

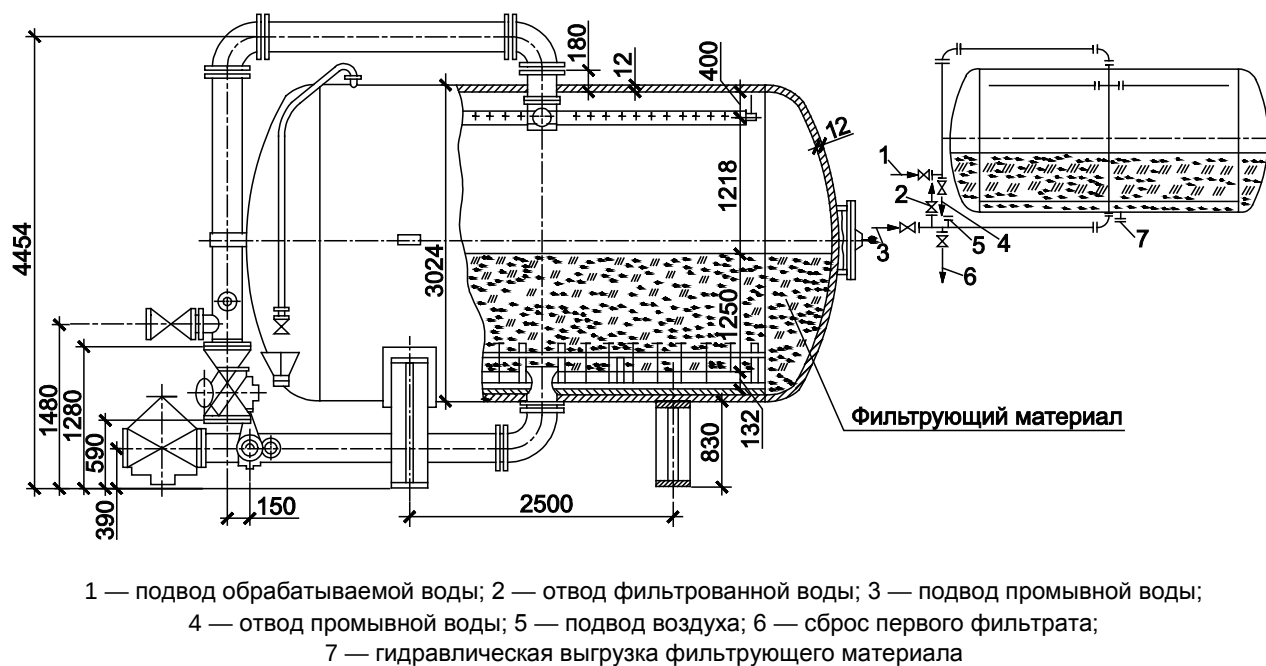
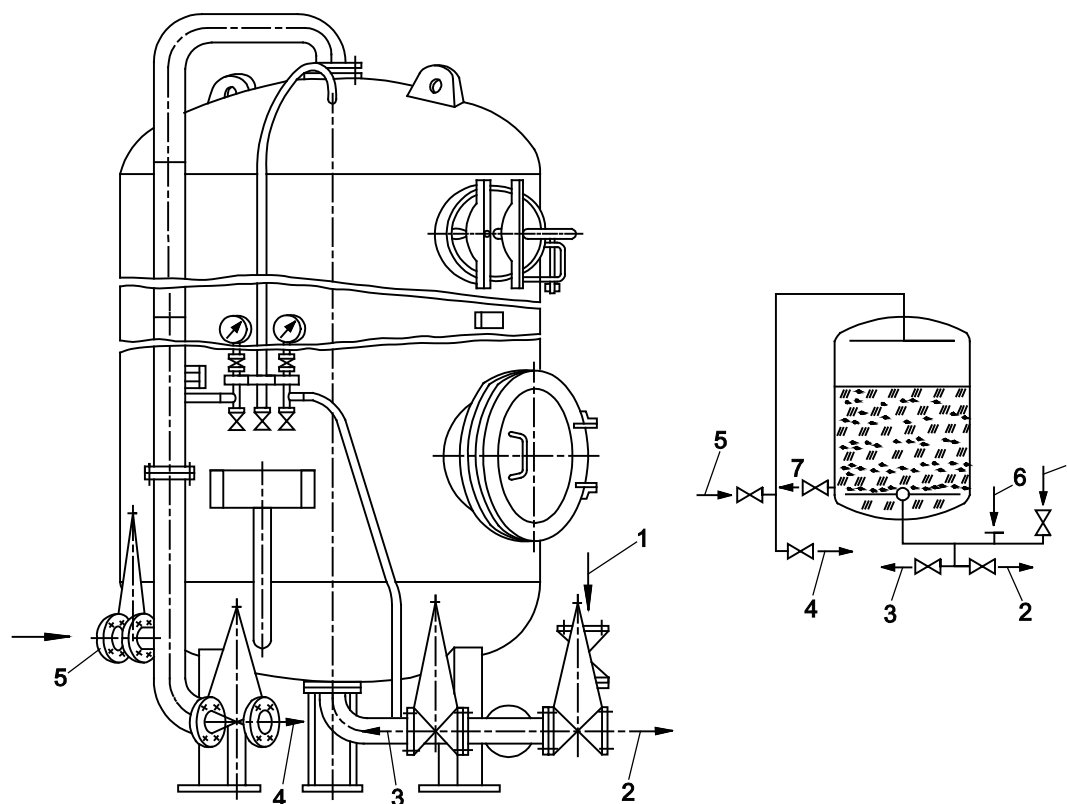


Рисунок 11.5 — Осветлительный напорный горизонтальный фильтр



1 — подвод промывной воды; 2 — сброс первого фильтрата; 3 — отвод фильтрованной воды;
4 — отвод промывной воды; 5 — подвод обрабатываемой воды; 6 — подвод воздуха;
7 — гидравлическая выгрузка фильтрующего материала

Рисунок 11.6 — Осветлительный напорный вертикальный фильтр

11.29 При обосновании для осветления и обесцвечивания воды допускается применение фильтров с плавающей загрузкой. Их конструктивные схемы приведены на рисунке 11.7. Проектирование фильтров с плавающей загрузкой следует осуществлять в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (11.1 – 11.6) и параметрами, приведенными в таблице 11.1.

11.30 Промывку фильтров с плавающей загрузкой следует осуществлять нисходящим потоком воды со скоростью от 30 до 50 м/ч; продолжительность промывки — от 3 до 5 мин, относительное расширение загрузки — от 20 % до 30 %.

Таблица 11.1 — Рекомендуемые расчетные параметры работы фильтров с плавающей загрузкой (ФПЗ)

Кон- струкция фильтра	Характеристика фильтрующего слоя			Скорость фильтрации, м/ч, в режимах		Содержание взвешенных веществ в воде, мг/дм ³		Цветность воды, градусы ПКШ	
	Тип загрузки	Диаметр гранул, мм	Толщина слоя, м	нормальном	форсиро- ванном	исходной	фильтро- ванной	исходной	фильтрованной
ФПЗ-1	Однослойная	1,0–1,25	1,0–1,2	7–8	8–10	200	1,5	150	20
ФПЗ-3	Однослойная	0,5–0,8	1,2–1,5	3–4	4–5	200	1,5	150	20
ФПЗ-4	Однослойная	0,5–0,8	1,2–1,5	8–9	9–10	250	1,5	150	20

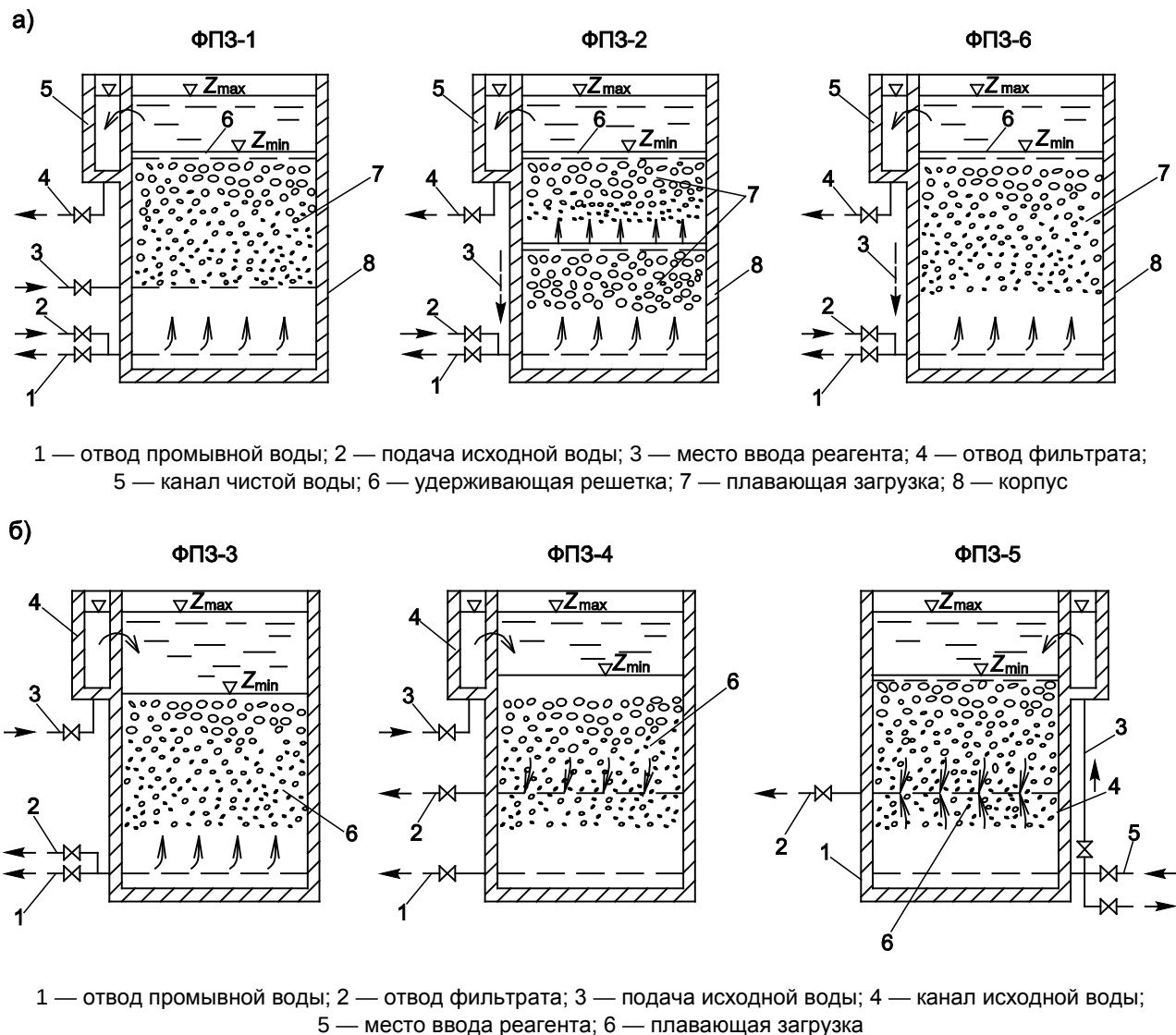


Рисунок 11.7 — Конструктивные схемы фильтров с плавающей загрузкой (ФПЗ):

а — с восходящим потоком воды;

б — с нисходящим потоком воды

12 Осветление и обесцвечивание промывных вод

12.1 Резервуары-усреднители промывных вод следует устраивать при двухступенчатой очистке воды для приема промывных вод и последующего перекачивания в трубопроводы перед смесителем без отстаивания.

12.1.1 Объем промывной воды $W_{\text{пром}}$, м³, определяют по формуле

$$W_{\text{пром}} = \frac{N_{\text{ф}} F_{\text{ф1}} v_{\text{пр}} t}{60}, \quad (12.1)$$

где $N_{\text{ф}}$ — количество одновременно промываемых фильтров, шт.;

$F_{\text{ф1}}$ — площадь одного фильтра, м²;

$v_{\text{пр}}$ — скорость подачи воды при промывке, м/ч, принимается по ТКП 45-4.01-31 (таблица 8.1);

t — продолжительность промывки, мин.

12.1.2 Производительность насоса для перекачивания промывной воды $Q_{\text{пром.н}}$, м³/ч:

$$Q_{\text{пром.н}} = \frac{W_{\text{пром}}}{T_{\text{ф}}}, \quad (12.2)$$

где $T_{\text{ф}}$ — длительность цикла работы фильтра, ч.

12.1.3 Количество резервуаров промывных вод следует принимать не менее двух. Вместимость каждого — не менее объема от одной промывки фильтра продолжительностью 10 мин.

12.2 Осветление промывных вод отстаиванием следует применять при одноступенчатом фильтровании и обезжелезивании.

12.2.1 Длительность цикла повторного использования промывной воды T , ч, следует определять по формуле

$$T = t_{\text{пр}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{осв}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{осд}}, \quad (12.3)$$

где $t_{\text{пр}}$ — длительность промывки фильтра, ч;
 $t_{\text{сб}}$ — длительность сбегания промывной воды от фильтра до отстойника, ч;
 $t_{\text{осв}}$ — длительность осветления промывной воды, ч;
 $t_{\text{пов}}$ — длительность перекачки промывной воды на повторное использование, ч;
 $t_{\text{осд}}$ — длительность перекачки осевшего осадка на дальнейшую обработку, ч.

12.2.2 Продолжительность отстаивания промывных вод без обработки их реагентами следует принимать, ч:

4–12 — для станций безреагентного обезжелезивания воды;
 2 — для станций осветления воды и реагентного обезжелезивания.

12.2.3 При определении объема зоны накопления осадка в отстойниках влажность осадка должна приниматься, %:

99,0 — для станций осветления воды и реагентного обезжелезивания;
 96,5 — для станций безреагентного обезжелезивания.

12.2.4 Общую продолжительность накопления осадка при многократном периодическом наполнении отстойников следует принимать не менее 8 ч.

12.2.5 Вместимость отстойника промывных вод $W_{\text{отс}}$, м³, следует определять с учетом зоны накопления осадка по формуле

$$W_{\text{отс}} = W_{\text{осв}} + W_{\text{осд}}, \quad (12.4)$$

где $W_{\text{осв}}$ — объем зоны осаждения, м³, следует принимать на 20 % больше объема воды от одной промывки фильтра;

$W_{\text{осд}}$ — объем зоны накопления осадка, м³.

12.2.6 Объем зоны накопления осадка $W_{\text{осд}}$, м³, следует рассчитывать по формуле

$$W_{\text{осд}} = \frac{W_{\text{с}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{осв}})}{\delta}, \quad (12.5)$$

где $W_{\text{с}}$ — объем промывной воды, м³, поступающей в отстойник за период T_y (период между выпусками осадка из отстойника следует принимать не менее 12 ч); при равных объемах единичных поступлений промывной воды $W_{\text{с}}$ определяется как произведение числа поступлений на объем единичного поступления;

$C_{\text{в}}$ — содержание взвешенных веществ в промывной воде, поступающей в отстойник, г/м³, определяемое по формуле

$$C_{\text{в}} = \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{ф}}) \cdot Q_{\text{ф}} \cdot T_{\text{ф}}}{W_{\text{ф}}}, \quad (12.6)$$

здесь $C_{\text{исх}}$ — содержание взвешенных веществ в воде, поступающей на фильтры, г/м³;

$C_{\text{ф}}$ — содержание взвешенных веществ в воде после фильтров, г/м³;

$Q_{\text{ф}}$ — производительность фильтра, м³/ч;

$W_{\text{ф}}$ — объем воды на промывку фильтра, м³;

$M_{\text{осв}}$ — мутность воды, выходящей из отстойника, г/м²; принимается в пределах от 8 до 15 г/м³;

δ — средняя по всей высоте осадочной части концентрация твердой фазы в осадке, г/м³, принимаемая:

10 000 — для станций осветления воды и реагентного обезжелезивания;

35 000 — для станций безреагентного обезжелезивания.

12.2.7 При обосновании применения полиакриламида дозой около $0,1 \text{ г/м}^3$ продолжительность отстаивания промывных вод станций осветления и реагентного обезжелезивания следует снижать до 1 ч.

12.3 При обосновании, для интенсификации осветления и обесцвечивания промывных вод станций безреагентного обезжелезивания допускается применять фосфат натрия (Na_3PO_4) и коагулянт, например сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

12.3.1 Дозу Na_3PO_4 следует принимать в пределах от 30 до 50 мг/дм^3 , дозу коагулянта $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — от 50 до 70 мг/дм^3 . Дозы реагентов должны быть уточнены технологическим моделированием.

12.3.2 Реагенты следует вводить в трубопровод перед отстойником промывных вод поочередно: сначала — раствор тринатрийфосфата, затем, с интервалом около 1 мин, — сульфат алюминия. Смешение следует осуществлять с помощью перфорированных трубчатых распределителей или вставок в трубопровод, создающих местные сопротивления.

12.3.3 Расчет реагентного хозяйства следует выполнять в соответствии с ТКП 45-4.01-31 (7.1.6 – 7.2.3).

12.3.4 Для осаждения скоагулированных соединений железа и взвешенных веществ следует использовать типовые отстойники промывных вод. Каждый отстойник должен обеспечить двухчасовое отстаивание воды и должен быть рассчитан на прием воды от промывки одного фильтра.

12.3.5 Количество отстойников или отделений секционного отстойника $N_{\text{отст}}$, шт., определяется по формуле (12.7), но принимается не менее двух.

$$N_{\text{отст}} = \frac{T_o N_{\phi} n_{\text{пр}}}{T_{\text{сут}}} + 1, \quad (12.7)$$

где T_o — продолжительность работы отстойника, ч (примерно 4 ч: из расчета 2 ч на пребывание воды в отстойнике и 2 ч на перекачивание осветленной воды);

N_{ϕ} — количество фильтров на станции, шт.;

$n_{\text{пр}}$ — число промывок каждого фильтра в сутки;

$T_{\text{сут}}$ — продолжительность работы станции в течение суток, ч (при круглосуточной работе $T_{\text{сут}} = 24 \text{ ч}$).

12.3.6 Количество железа, выпадающего в осадок за сутки, в пересчете на $\text{Fe}(\text{OH})_3$ q_{Fe} , кг/сут:

$$q_{\text{Fe}} = \frac{107 Q_{\text{полн}} C_{\text{Fe}}}{56 \cdot 1000}, \quad (12.8)$$

где $Q_{\text{полн}}$ — полная производительность станции с учетом собственных нужд, $\text{м}^3/\text{сут}$;

C_{Fe} — концентрация железа в исходной воде, мг/л;

56 — атомная масса железа;

107 — молекулярная масса гидроксида железа (III).

12.3.7 Объем осадка за сутки $W_{\text{ос}}$, $\text{м}^3/\text{сут}$, определяют по формуле

$$W_{\text{ос}} = \frac{q_{\text{Fe}} \cdot 100}{1000 \cdot (100 - \omega_{\text{ос}})}, \quad (12.9)$$

где $\omega_{\text{ос}}$ — влажность осадка после двухчасового отстаивания, %, при обработке воды реагентами $\omega_{\text{ос}} = 96,5 \%$.

12.3.8 При применении для обезвоживания интенсивных методов (вакуум-фильтров, фильтр-прессов и др.) осадок допускается направлять на механические аппараты без предварительного уплотнения.

12.3.9 Требуемую поверхность фильтрования вакуум-фильтров $F_{\text{в.ф}}$, м^2 , вычисляют по формуле

$$F_{\text{в.ф}} = \frac{W_{\text{ос}} \cdot (100 - \omega_{\text{ос}}) \cdot 1000}{100 \cdot 24 q_{\text{nc}}}, \quad (12.10)$$

где q_{nc} — удельная производительность фильтра, кг/м^2 .

12.3.10 Количество обезвоженного осадка q_k , $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется по формуле

$$q_k = \frac{W_{\text{ос}} \cdot (100 - \omega_{\text{ос}})}{100 - \omega_k}, \quad (12.11)$$

где ω_k — влажность обезвоженного осадка, %.

12.3.11 Расход фильтрата $q_{\text{ф}}$, м³/сут, вычисляют по формуле

$$q_{\text{ф}} = W_{\text{ос}} - q_{\text{к}}. \quad (12.12)$$

12.3.12 Производительность насоса для перекачивания осветленной воды $q_{\text{осв}}$, м³/ч, и насоса перекачки осадка на обезвоживание $q_{\text{ос}}$, м³/ч, вычисляют по формулам:

$$q_{\text{осв}} = \frac{W_{\text{осв}}}{t_2}, \quad (12.13)$$

$$q_{\text{ос}} = \frac{W_{\text{ос}}}{t_3}, \quad (12.14)$$

где t_2 — продолжительность перекачки осветленной воды, ч;

t_3 — продолжительность перекачки осадка на обезвоживание, ч.

Приложение А (справочное)

Основные характеристики реагентов

Таблица А.1 — Основные характеристики реагентов

Наименование	Вид поставки	Химическая формула	Плотность ρ , т/м ³	Содержание активного вещества по Al ₂ O ₃ , %	Растворимость при температура 10 °С, г/л
Коагулянты					
Сульфат алюминия технический (очищенный) (СА)	Навалом	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	1,1–1,4	1 сорт — 13,4 2 сорт — 13,0 3 сорт — 12,0	335
Глинозем сернокислый неочищенный марки БИ	Навалом	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	1,1–1,4	10,6	335
Аква-Аурат™10	Железнодорожные цистерны для перевозки соляной кислоты, автоцистерны, полиэтиленовые бочки, контейнеры	[Al(OH) _n Cl]·nH ₂ O	1,24±0,02	10,0±0,6	—
Аква-Аурат™14	Железнодорожные цистерны для перевозки соляной кислоты, автоцистерны, полиэтиленовые бочки, контейнеры	[Al(OH) _n Cl]·nH ₂ O	1,33±0,03	13,6 ± 0,5	—
Аква-Аурат™18	Железнодорожные цистерны для перевозки соляной кислоты, автоцистерны, полиэтиленовые бочки, контейнеры	[Al(OH) _n Cl]·nH ₂ O	1,36±0,02	17,0±0,5	—
Аква-Аурат™30	Мягкие контейнеры типа «биг-бэг», мешки полимерные, порошок	[Al(OH) _n Cl]·nH ₂ O	0,7–0,9	30	—
Оксихлорид алюминия (ОХА) 35 %-ный раствор	—	[Al(OH) ₅ Cl]·6H ₂ O	1,0	40–44	350

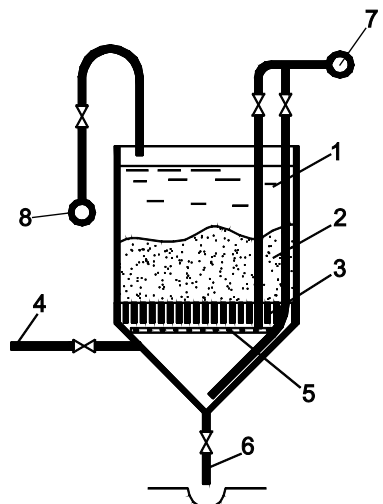
Продолжение таблицы А.1

Наименование	Вид поставки	Химическая формула	Плотность ρ , т/м ³	Содержание активного вещества по Al_2O_3 , %	Растворимость при температуре 10 °С, г/л
СКИФ 180	Изготовленный в виде раствора; стальные футерованные емкости, стеклопластиковые емкости, полиэтиленовые бочки и контейнеры	—	—	12,0–17,0	—
СКИФ 300	Полипропиленовые мешки или мягкие контейнеры типа «биг-бэг» с полиэтиленовыми вкладышами	—	—	20,0–28,5	—
Полвак 40 (относительная основность 35 %–45 %)	Изготовленный в виде раствора; стальные футерованные емкости, стеклопластиковые емкости, полиэтиленовые бочки и контейнеры	$[\text{Al}(\text{OH})_n\text{Cl}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1,23–1,40	10	—
Полвак 68 (относительная основность 65 %–72 %)	Изготовленный в виде раствора; стальные футерованные емкости, стеклопластиковые емкости, полиэтиленовые бочки и контейнеры	$[\text{Al}(\text{OH})_n\text{Cl}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1,23–1,40	10	—
Полвак 80 (относительная основность 74 %–80 %)	Изготовленный в виде раствора; стальные футерованные емкости, стеклопластиковые емкости, полиэтиленовые бочки и контейнеры	$[\text{Al}(\text{OH})_n\text{Cl}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1,23–1,40	10	—
Алюминат натрия	Мешки массой нетто 40–50 кг	NaAlO_2	1,2–1,8	55	370

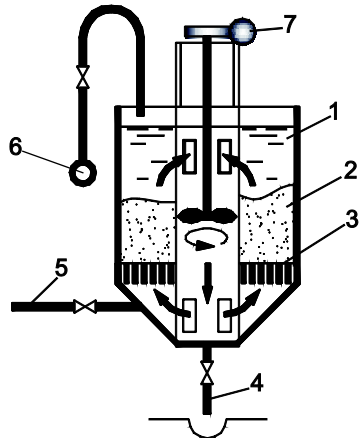
Окончание таблицы А.1

Наименование	Вид поставки	Химическая формула	Плотность ρ , т/м ³	Содержание активного вещества по Al_2O_3 , %	Растворимость при температуре 10 °С, г/л
Железо хлорное	Стальные барабаны емкостью 100 л	FeCl_3	—	Содержание FeCl_3 95–97	818
Флокулянты					
Полиакриламид	Мешки, ящики, бочки массой нетто 40, 75, 100, 150 кг	Синтетический полимер	1,4	7–10, ПАА	Полная
К-4	Жидкий в бочках	Синтетический полимер	—	10 %–16 % раствор	Полная
ВА-2	Жидкий в бочках	Синтетический полимер	—	7 %–15 % раствор	Полная
Реагенты для подщелачивания и подкисления					
Известь негашеная комовая	Навалом	CaO	1	1 сорт — 85 2 сорт — 70 3 сорт — 60	1,33
Известь строительная негашеная порошкообразная	—	CaO	—	—	—
Сода кальцинированная техническая	Мешки, контейнеры, навалом	Na_2CO_3	1	91–93	125
Кислота серная техническая	Железнодорожные цистерны, бочки, бутылки емкостью 20–30 л	H_2SO_4	1,83	92,5	Полная

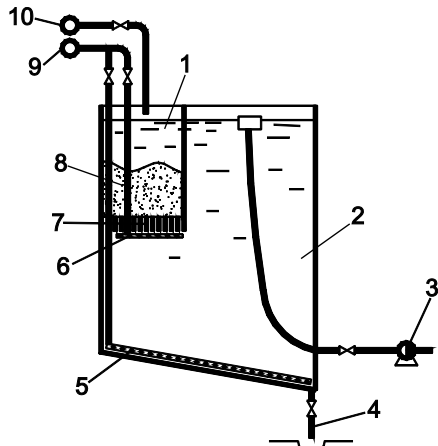
Таблица А.2 — Основные характеристики расходных и растворных баков

Наименование установки	Схема устройства	Формулы для расчета	Примечание
Растворный бак коагулянта с перемешиванием барботированием воздухом	 1 — растворный бак; 2 — коагулянт; 3 — колосниковая решетка с прозорами от 10 до 15 мм; 4 — отвод раствора коагулянта; 5 — дырчатые трубы для распределения воздуха; 6 — трубопроводы сброса осадка и полного опорожнения емкостей; 7 — подача воздуха; 8 — подача воды	Объем растворного бака, м ³ : $W_p = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{Дк}}}{10\,000 b_p \rho}$	Количество баков должно быть не менее трех. Баки оборудуются трубопроводами подачи воды, переливным и сбросным трубопроводами диаметром не менее 200 мм, дырчатыми трубами для распределения воздуха. Днища баков выполняются под углом 45° при использовании неочищенного и 15° — при использовании очищенного коагулянта. Концентрацию раствора b_p , %, следует принимать: 17 — для неочищенного раствора; 20 — для очищенного кускового раствора; 24 — для очищенного гранулированного раствора

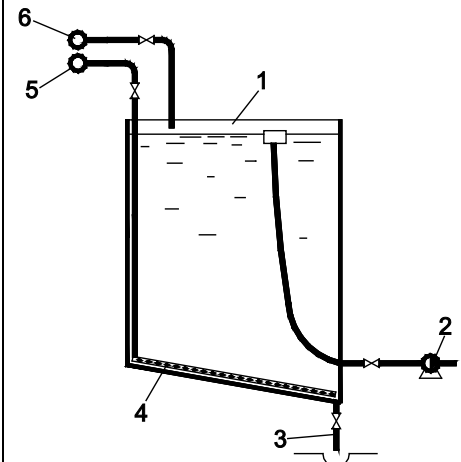
Продолжение таблицы А.2

Наименование установки	Схема устройства	Формулы для расчета	Примечание
Растворный бак коагулянта с механическим перемешиванием	 1 — растворный бак; 2 — коагулянт; 3 — колосниковая решетка с прозорами от 10 до 15 мм; 4 — трубопровод сброса осадка и полного опорожнения емкости; 5 — отвод раствора коагулянта; 6 — подача воды; 7 — привод лопастной мешалки	Объем растворного бака, м³. $W_p = \frac{q_{\text{час}} t D_k}{10\,000 b_p \rho}$	Количество баков должно быть не менее трех. Баки оборудуются трубопроводами подачи воды, переливным и сбросным трубопроводами диаметром не менее 200 мм, механическими мешалками. Днища баков выполняются под углом 45° при использовании неочищенного и 15° — при использовании очищенного коагулянта. Концентрацию раствора b_p, %, принимают: 17 — для неочищенного раствора; 20 — для очищенного кускового раствора; 24 — для очищенного гранулированного раствора

Продолжение таблицы А.2

Наименование установки	Схема устройства	Формулы для расчета	Примечание
Комбинированный растворно-расходный бак с перемешиванием барботированием воздухом	 1 — растворная часть бака; 2 — расходная часть бака; 3 — насос-дозатор; 4 — трубопровод сброса осадка и полного опорожнения емкости; 5, 6 — дырчатые трубы для распределения воздуха; 7 — колосниковая решетка с прозорами от 10 до 15 мм; 8 — коагулянт; 9 — подача воздуха; 10 — подача воды	Объем растворной части бака, м³: $W_p = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{Дк}}}{10\,000 b_p \rho}.$ Объем расходной части бака, м³: $W = \frac{W_p b_p}{b}$	Количество баков должно быть не менее двух. Баки оборудуются трубопроводами подачи воды, переливным и сбросным трубопроводами, дырчатыми трубами для распределения воздуха. Днище должно иметь уклон не менее 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром не менее 200 мм. Концентрация растворов <i>b</i>, %: 12,0 — для коагулянта; 0,1–1,0 — для флокулянта

Окончание таблицы А.2

Наименование установки	Схема устройства	Формулы для расчета	Примечание
Расходный бак с перемешиванием барботированием воздухом	 1 — расходные баки; 2 — насос-дозатор подачи раствора реагента в смеситель; 3 — трубопровод сброса осадка и полного опорожнения емкости; 4 — дырчатые трубы для распределения воздуха; 5 — подача воздуха; 6 — подача воды	Объем расходного бака, м ³ : $W = \frac{W_p b_p}{b}$	Количество баков должно быть не менее двух. Баки оборудуются трубопроводами подачи воды, переливным и сбросным трубопроводами, дырчатыми трубами для распределения воздуха. Днище должно иметь уклон не менее 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром не менее 200 мм. Концентрация растворов <i>b</i> , %: 12,0 — для коагулянта; 0,1–1,0 — для флокулянта
<i>Примечание</i> <i>q</i>_{час} — расчетный расход воды, м³/ч; <i>t</i> — продолжительность использования раствора коагулянта, ч; <i>D</i>_к — расчетная доза реагента, г/м³; <i>ρ</i> — плотность раствора реагента, т/м³; <i>b</i>_р — концентрация растворов в растворном баке; <i>b</i> — концентрация растворов в расходном баке.			

Приложение Б (справочное)

Пример расчета механических смесителей

Таблица Б.1 — Соотношение геометрических параметров мешалок и смесителей

Тип мешалки	Геометрическая характеристика			Значения постоянных		Примечание
	$\frac{H_0}{d}$	$\frac{D}{d}$	$\frac{h}{d}$	c	m	
Двухлопастная	2	2	0,36	111,00	1,00	$Re_{\text{ц}} < 20$
Двухлопастная	2	2	0,36	14,35	0,31	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Двухлопастная	3	3	0,33	6,80	0,20	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Двухлопастная с лопастями под углом 45°	3	3	0,33	4,05	0,20	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная	3	3	0,33	8,52	0,20	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная с лопастями, наклоненными вверх под углом 45°	3	3	0,33	5,05	0,20	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная с лопастями, наклоненными вверх под углом 60°	3	3	0,33	6,30	0,18	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Якорная двухлопастная	1,11	1,11	0,11	6,20	0,25	Форма лопасти — круглая
Якорная четырехлопастная	1,11	1,11	0,11	6,00	0,25	—
Пропеллерная двухлопастная с углом наклона 22,5°	3	3	0,33	0,985	0,15	$Re_{\text{ц}} = 100 - 5 \cdot 10^4$
Пропеллерная трехлопастная	3,50	3,80	1	230,00	1,67	$Re_{\text{ц}} < 20$
Пропеллерная трехлопастная	3,50	3,80	1	4,63	0,35	$Re_{\text{ц}} < 5 \cdot 10^3$
Пропеллерная трехлопастная	3,50	3,80	1	1,19	0,15	$Re_{\text{ц}} > 5 \cdot 10^3$
Турбинная трехлопастная с входным отверстием диаметром 37 мм	3	3	0,33	3,90	0,20	$Re_{\text{ц}} > 5 \cdot 10^3$
Турбинная шестилопастная с направляющим аппаратом	1,78	2,40	0,25	5,98	0,15	$Re_{\text{ц}} > 5 \cdot 10^3$

Пример расчета механического смесителя

Производительность станции 24 000 м³/сут. Необходимо выполнить расчет механического смесителя. Принимается два смесителя, продолжительность пребывания воды в смесителе 30 с. Объем механического смесителя $W_{\text{см}}$, м³, вычисляем по формуле (8.70):

$$W_{\text{см}} = \frac{q_{\text{час}} t_{\text{см}}}{n_{\text{см}} \cdot 3600} = \frac{1000 \cdot 30}{2 \cdot 3600} = 4,2 \text{ м}^3.$$

Принимаем круглый в плане смеситель, диаметр смесителя $D_{\text{см}}$, м, вычисляем по формуле (8.71):

$$D_{\text{см}} = \sqrt[3]{\frac{4W_{\text{см}}}{3,14}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,2}{3,14}} = 1,7 \text{ м}.$$

Затраты энергии на перемешивание вычисляем по формуле (8.72):

$$E = G^2 t_{\text{см}} W_{\text{см}} \mu = 250^2 \cdot 30 \cdot 4,2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} = 13\,151 \text{ Дж.}$$

Мощность $N_{\text{см}}$, Вт, потребляемую на перемешивание при установившемся режиме, вычисляем по формуле (8.73):

$$N_{\text{см}} = \frac{E}{t_{\text{см}}} = \frac{13\,151}{30} = 438 \text{ Вт.}$$

Вариант 1

Принимается двухлопастная мешалка (по таблице Б.1):

$$\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 2, \quad \frac{h}{d} = 0,36, \quad C = 14,35, \quad m = 0,31.$$

Откуда $H_0 = D = 1,7$ м, диаметр мешалки $d = \frac{D}{2} = \frac{1,7}{2} = 0,85$ м, высота лопасти $h = 0,85 \cdot 0,36 = 0,31$ м.

Необходимую частоту вращения вала мешалки $n_{\text{меш}}$, с^{-1} , вычисляем по формуле (8.74):

$$n_{\text{меш}} = \left[\frac{N_{\text{см}} \cdot \left(\frac{\rho d^2}{\mu} \right)^m}{c \rho d^5} \right]^{\frac{1}{3-m}} = \left[\frac{438 \cdot \left(\frac{1000 \cdot 0,85^2}{1,67 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,31}}{14,35 \cdot 1000 \cdot 0,85^5} \right]^{\frac{1}{3-0,31}} = 1,6 \text{ с}^{-1}.$$

Получаем $n_{\text{меш}} = 1,6 \text{ с}^{-1}$ или 96 об/мин.

Вариант 2

Принимается пропеллерная двухлопастная мешалка с углом наклона $22,5^\circ$:

$$\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 3, \quad \frac{h}{d} = 0,33, \quad C = 0,985, \quad m = 0,15.$$

Откуда $H_0 = D = 1,7$ м, диаметр мешалки $d = \frac{D}{3} = \frac{1,7}{3} = 0,57$ м, шаг лопасти $h = 0,57 \cdot 0,33 = 0,19$ м.

Вычисляем по формуле (8.74) необходимую частоту вращения вала мешалки $n_{\text{меш}}$. Получаем $n_{\text{меш}} = 3,7 \text{ с}^{-1}$ или 222 об/мин.

Вариант 3

Принимается турбинная трехлопастная мешалка с входным отверстием диаметром 37 мм:

$$\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 3, \quad \frac{h}{d} = 0,33, \quad c = 3,90, \quad m = 0,2.$$

По формуле (8.74) вычисляем необходимую частоту вращения вала мешалки $n_{\text{меш}}$. Получаем $n_{\text{меш}} = 3,9 \text{ с}^{-1}$ или 234 об/мин.

При подборе электродвигателя следует учитывать, что мощность в пусковой период в 2–3 раза превышает рабочую, кроме того следует принимать во внимание КПД двигателя и передачи.

Установленная мощность $N_{\text{уст}}$, Вт, определяется по формуле

$$N_{\text{уст}} = \frac{(2 \dots 3) \cdot N_{\text{см}}}{\eta_{\text{двиг}} \eta_{\text{пер}}} = \frac{2,5 \cdot 438}{0,95 \cdot 0,7} = 1646 \text{ Вт} \approx 1,7 \text{ кВт}, \quad (\text{Б.1})$$

где $\eta_{\text{двиг}}$ — КПД двигателя;

$\eta_{\text{пер}}$ — КПД передачи.

Приложение В (справочное)

Пример расчета тонкослойного отстойника

Исходные данные

Производительность станции $1200 \text{ м}^3/\text{сут}$, $q_{\text{час}} = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, концентрация взвешенных веществ в исходной воде $C = 350 \text{ г/м}^3$, после отстойника $M_{\text{ос}} = 10 \text{ г/м}^3$, взвешенные примеси — гидроксида алюминия, $\rho_{\text{хл}} = 1,02 \text{ г/дм}^3$, гидравлическая крупность частиц $U_0 = 0,05 \text{ см/с}$, температура воды 10°C , опорожнение осадка — каждые 6 ч; количество отстойников $N = 1$ шт.

Определить конструктивные размеры.

Вариант 1

В качестве ячеек тонкослойного отстойника принимаются трубы из полиэтилена низкого давления наружным диаметром 110 мм с толщиной стенки 3,2 мм, типа Л — легкие. Диаметр условного прохода ≈ 100 мм. Принимается прямоугольная укладка как наиболее предпочтительная. В соответствии с рисунком 9.7 а), для труб диаметром 100 мм:

$$v_{\min} = 0,2 \text{ см/с},$$

$$v_{\max} = 2,6 \text{ см/с}.$$

Максимальную удельную нагрузку $q_{\max}$ на 1 м^2 площади ячеек определяем по формуле (9.43):

$$q_{\max} = \frac{v_{\max} \cdot 36}{K_v} = \frac{2,6 \cdot 36}{1,7} = 55 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Минимальную удельную нагрузку $q_{\min}$ на 1 м^2 площади ячеек определяем по формуле (9.44):

$$q_{\min} = \frac{v_{\min} \cdot 36}{K_v} = \frac{0,2 \cdot 36}{1,7} = 4,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общую минимальную площадь ячеек $F_{\min}$ определяем по формуле (9.46):

$$F_{\min} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\max}} = \frac{50}{55} = 0,9 \text{ м}^2.$$

Общая максимальная площадь ячеек $F_{\max}$ определяется по формуле (9.45):

$$F_{\max} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\min}} = \frac{50}{4,2} = 11,9 \text{ м}^2.$$

Скорость осаждения взвеси U с учетом фактора стесненности определяем по формуле (9.47):

$$U = U_0 \cdot \left[1 - 2,6 \cdot \left(\frac{C}{\rho_{\text{хл}}} \right)^{0,5} \right] = 0,05 \cdot \left[1 - 2,6 \cdot \left(\frac{350 \cdot 10^{-6}}{1,02} \right)^{0,5} \right] = 0,0476 \text{ см/с}.$$

Высоту зоны осаждения для круглой ячейки $H_{3,0}$ определяем по формуле (9.50):

$$H_{3,0} = \frac{d - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha} = \frac{10 - 1}{\cos 60^\circ} = 18 \text{ см}.$$

Продолжительность осаждения взвеси $T_{\text{осажд}}$ определяем по формуле (9.48):

$$T_{\text{осажд}} = \frac{H_{3,0}}{U} = \frac{18}{0,0476} = 378 \text{ с}.$$

Длину зоны отстаивания L определяем по формулам (9.53) и (9.54):

$$L_{\max} = v_{\max} T_{\text{осажд}} = 2,6 \cdot 378 = 983 \text{ см},$$

$$L_{\min} = v_{\min} T_{\text{осажд}} = 0,2 \cdot 378 = 75,6 \text{ см}.$$

Объем иловой части отстойника $W_{3.н}$, куда сползает и где уплотняется осадок, вычисляем по формуле (9.55):

$$W_{3.н} = \frac{q_{\text{час}} \cdot (C_{\text{в}} - M_{\text{ос}}) \cdot T_{\text{отс}}}{N\delta} = \frac{50 \cdot (350 - 10) \cdot 6}{1 \cdot 20\,000} = 5,1 \text{ м}^3.$$

Распределение исходной воды, отвод осветленной воды, а также отвод осадка осуществляются дырчатыми трубами.

Таблица В.1

Скорость потока, см/с	Длина зоны отстаивания, см	Площадь ячеек, м ²	Удельная нагрузка, м ³ /ч, на 1 м ²
$v_{\text{max}} = 2,6$	983,0	0,9	55,0
$v_{\text{min}} = 0,2$	75,6	11,9	4,2

Вариант 2

В качестве ячеек тонкослойного отстойника принимаются элементы в виде правильного шестиугольника (соты). Сторона $a = 5$ см. В соответствии с рисунком 9.7 б):

$$v_{\text{min}} = 0,4 \text{ см/с},$$

$$v_{\text{max}} = 3,0 \text{ см/с}.$$

Максимальную удельную нагрузку q_{max} на 1 м² площади ячеек определяем по формуле (9.43):

$$q_{\text{max}} = \frac{v_{\text{max}} \cdot 36}{K_v} = \frac{3,0 \cdot 36}{1,7} = 63,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Минимальную удельную нагрузку q_{min} на 1 м² площади ячеек определяем по формуле (9.44):

$$q_{\text{min}} = \frac{v_{\text{min}} \cdot 36}{K_v} = \frac{0,4 \cdot 36}{1,7} = 8,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общую минимальную площадь ячеек F_{min} определяем по формуле (9.46):

$$F_{\text{min}} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\text{max}}} = \frac{50}{63,5} = 0,79 \text{ м}^2.$$

Общую максимальную площадь ячеек F_{max} определяем по формуле (9.45):

$$F_{\text{max}} = \frac{q_{\text{час}}}{q_{\text{min}}} = \frac{50}{8,5} = 5,88 \text{ м}^2.$$

Скорость осаждения взвеси U с учетом фактора стесненности определяем по формуле (9.47):

$$U = U_0 \cdot \left[1 - 2,6 \cdot \left(\frac{C}{\rho_{\text{хп}}} \right)^{0,5} \right] = 0,05 \cdot \left[1 - 2,6 \cdot \left(\frac{350 \cdot 10^{-6}}{102} \right)^{0,5} \right] = 0,0476 \text{ см/с}.$$

Высоту зоны осаждения для ячейки сечением в виде правильного шестиугольника $H_{3.0}$ определяем по формуле (9.51):

$$H_{3.0} = \frac{a \cdot \sqrt{3} - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha} = \frac{5 \cdot \sqrt{3} - 1}{\cos 60^\circ} = 15,3 \text{ см}.$$

Продолжительность осаждения взвеси $T_{\text{осажд}}$ определяем по формуле (9.48):

$$T_{\text{осажд}} = \frac{H_{3.0}}{U} = \frac{15,3}{0,0476} = 322 \text{ с}.$$

Длину зоны отстаивания определяем по формулам (9.53) и (9.54):

$$L_{\max} = v_{\max} T_{\text{осажд}} = 3,0 \cdot 322 = 966 \text{ см},$$

$$L_{\min} = v_{\min} T_{\text{осажд}} = 0,4 \cdot 322 = 129 \text{ см}.$$

Таблица В.2

Скорость потока, см/с	Длина зоны отстаивания, см	Площадь ячеек, м ²	Удельная нагрузка, м ³ /ч, на 1 м ²
$v_{\max} = 3,0$	966	0,79	63,5
$v_{\min} = 0,4$	129	5,88	8,5

Результаты расчетов, выполненных по вариантам 1 и 2, являются граничными. Оптимальные параметры тонкослойных отстойников следует принимать в каждом конкретном случае по приведенным затратам. При этом параметры тонкослойных отстойников должны находиться в пределах рассчитанных границ.

Вариант 3

В качестве ячеек тонкослойного отстойника принимаются элементы из стандартных листов восьмиволнового шифера размером 112×175 см.

$$v_{\min} = 0,13 \text{ см/с},$$

$$v_{\max} = 1,70 \text{ см/с}.$$

Поскольку длина зоны отстаивания составляет 175 см, то следует вычислить требуемую продолжительность отстаивания.

Высоту зоны осаждения для ячеек, образованных листами шифера, $H_{3.0}$ определяем по формуле (9.52):

$$H_{3.0} = \frac{8 - h_{\text{ос}}}{\cos \alpha} = \frac{8 - 1}{60^\circ} = 14 \text{ см}.$$

Продолжительность осаждения взвеси $T_{\text{осажд}}$ определяем по формуле (9.48):

$$T_{\text{осажд}} = \frac{H_{3.0}}{U} = \frac{14}{0,0476} = 294 \text{ с}.$$

Скорость движения воды v составит:

$$v = \frac{175}{294} = 0,59 \text{ см/с}.$$

Т. е. скорость лежит в допустимых пределах ($v_{\min} = 0,13 \text{ см/с}$, $v_{\max} = 1,70 \text{ см/с}$).

Удельная нагрузка q на 1 м² площади ячеек составит:

$$q = \frac{v \cdot 36}{K_v} = \frac{0,59 \cdot 36}{1,7} = 12,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общая площадь ячеек составит:

$$F = \frac{q_{\text{час}}}{q} = \frac{50}{12,5} = 4,0 \text{ м}^2.$$

Длина блока составит:

$$L_{\text{блока}} = \frac{F}{b_{\text{шиф}}} = \frac{4,0}{1,12} = 3,57 \text{ м},$$

где $b_{\text{шиф}}$ — ширина листа шифера, равна 1,12 м.

Необходимое количество листов:

$$N = \frac{3,57}{0,08} = 45 \text{ шт}.$$

Приложение Г (рекомендуемое)

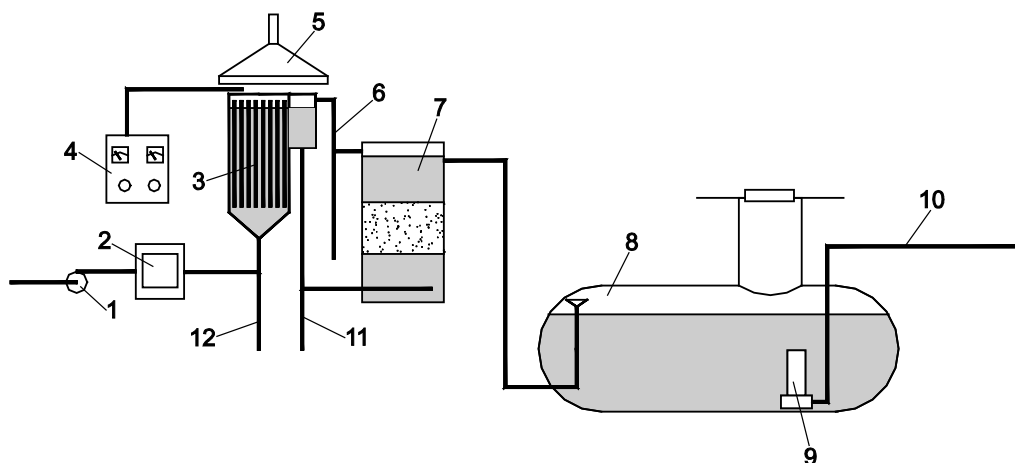
Осветление и обесцвечивание воды электрохимическими методами

Г.1 Выбор технологии электрохимического обесцвечивания воды рекомендуется осуществлять на основании технико-экономического обоснования с учетом местных условий, состава примесей, обуславливающих цветность воды (соотношения гуминовых и фульвокислот: апокреновых и креновых, а также их солей).

Г.2 При коэффициенте цветности, равном отношению цветности воды, в градусах, к перманганатной окисляемости, составляющему более 5 (в воде присутствуют в основном сильноокрашенные гуминовые кислоты (ГК)), рекомендуется для обесцвечивания использовать электрокоагуляцию.

Г.3 При отношении цветности воды к перманганатной окисляемости, составляющему менее 5 (присутствуют менее окрашенные, чем ГК, фульвокислоты, удаление которых электрокоагуляцией затруднено), целесообразно предусматривать предварительное электрохимическое окисление с последующей электрокоагуляцией.

Г.4 Технологическая схема обесцвечивания воды электрокоагуляцией приведена на рисунке Г.1. Производительность одного электрокоагулятора рекомендуется принимать до 10 м³/ч.



- 1 — насосы первого подъема; 2 — сетчатый фильтр;
 3 — электрокоагулятор с алюминиевыми электродами; 4 — выпрямитель;
 5 — вытяжная вентиляция; 6 — переливной трубопровод;
 7 — фильтр с плавающей загрузкой; 8 — РЧВ; 9 — насосы второго подъема;
 10 — подача воды потребителям; 11 — отвод промывной воды;
 12 — трубопровод опорожнения электрокоагулятора

Рисунок Г.1 — Технологическая схема обесцвечивания воды электрокоагуляцией

Г.5 Дозу алюминия следует устанавливать технологическим моделированием, при отсутствии данных рекомендуется назначать в пределах от 2 до 5 мг/дм³. Плотность тока на растворимых алюминиевых электродах — от 1 до 2 мА/см², расстояние между растворимыми электродами — от 5 до 15 мм.

Г.6 В качестве растворимых электродов (анодов и катодов) следует применять листы низкосортного алюминия толщиной от 10 до 15 мм.

Г.7 Линейные размеры алюминиевых электродов для упрощения конструкции пакета рекомендуется принимать не более 0,5 м.

Г.8 Для равномерного износа электродов необходимо предусматривать периодическую переполюсовку (через 15–60 мин).

Г.9 Количество водорода, выделяющегося при электрокоагуляции, $V_{H_2}^k$, м³/ч, вычисляется по формуле

$$V_{H_2}^k = \frac{B_{H_2} A I_{ЭК} \cdot (273 + t)}{273}, \quad (Г.1)$$

где B_{H_2} — выход водорода по току, следует принимать в пределах от 0,90 до 0,95;

A — объемный электрохимический эквивалент водорода; $A = 0,00042$ м³/(А·ч);

$I_{ЭК}$ — сила тока на растворимых электродах, А;

t — температура воды, °С.

Количество водорода, растворяющегося в воде, $V_{H_2}^p$, м³/ч:

$$V_{H_2}^p = \frac{21,4 \cdot (273 + t) \cdot q_{эл.к}}{273 \cdot 10^3}, \quad (Г.2)$$

где $q_{эл.к}$ — производительность электрокоагулятора, м³/ч.

Количество водорода $V_{H_2}^{атм}$, м³/ч, выделяющегося в атмосферу помещения:

$$V_{H_2}^{атм} = V_{H_2}^k - V_{H_2}^p. \quad (Г.3)$$

Установка обесцвечивания воды электрокоагуляцией должна снабжаться автономной вытяжной вентиляцией, если в результате выделения водорода его содержание в воздухе помещения может достигать предельно допустимой взрывоопасной концентрации (ПДВК), равной для водорода 0,4 % по объему.

Г.10 Количество аппаратов устанавливают расчетом и принимают не менее двух.

Г.11 На случай аварии, замены электродов, профилактического ремонта целесообразно предусмотреть один резервный электрокоагулятор.

Г.12 Расчет установки для обесцвечивания воды электрокоагуляцией.

Исходные данные:

— цветность обрабатываемой воды C , градус;

— перманганатная окисляемость ПО, мг/л O_2 ;

— активная реакция среды, ед. рН;

— средняя температура t , °С;

— удельная проводимость воды λ , Ом⁻¹·м⁻¹;

— расчетный расход воды $q_{\text{час}}$, м³/ч.

Требуемый эффект обесцвечивания воды $\mathcal{E}_{\text{тр}}$, %:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{очищ}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100. \quad (Г.4.)$$

Коэффициент цветности $K_{\text{цв}}$:

$$K_{\text{цв}} = \frac{C_{\text{исх}}}{\text{ПО}}. \quad (Г.5.)$$

Выход алюминия по току следует определять по формуле

$$\eta = 172,8 - 16,7i_p + 6,2t - 12,8\text{pH} + 1,5i_p\text{pH} + 0,1i_p t - 0,2t^2 + 0,9\text{pH}^2, \quad (Г.6)$$

где i_p — плотность тока, мА/см²;

t — температура воды, °С;

рН — активная реакция среды, ед. рН.

Сила тока для растворения необходимого количества алюминия $I_{\text{ЭК}}$, А:

$$I_{\text{ЭК}} = \frac{D_{\text{Al}^{3+}} q_{\text{эл.к}} \cdot 100}{c \eta}, \quad (Г.7)$$

где $D_{\text{Al}^{3+}}$ — доза алюминия, г/м³ (мг/дм³);

c — электрохимический эквивалент алюминия; $c = 0,336$ г/А·ч.

Площадь растворимых электродов $F_{\text{ЭК}}$, м²:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{ЭК}}}{i_p \cdot 10}. \quad (\text{Г.8})$$

Количество растворимых электродов (анодов) $N_{\text{ан}}$, шт.:

$$N_{\text{ан}} = \frac{F_{\text{ЭК}}}{2L_{\text{ан}}H_{\text{ан}}}, \quad (\text{Г.9})$$

где $L_{\text{ан}}$, $H_{\text{ан}}$ — соответственно ширина и высота растворимых электродов, м (рекомендуется принимать до 0,5 м);

2 — коэффициент, учитывающий работу обеих сторон растворимых электродов.

Количество катодов $N_{\text{кат}}$, шт.:

$$N_{\text{кат}} = N_{\text{ан}} + 1. \quad (\text{Г.10})$$

Напряжение на растворимых электродах $U_{\text{ЭК}}$, В:

$$U_{\text{ЭК}} = \varphi_A - \varphi_K + \eta_{\text{Э}} + \eta_{\text{Ф}} + \eta_{\text{Д}} + I_{\text{ЭК}} \cdot (R_{\text{Э}} + R_K + R_T), \quad (\text{Г.11})$$

где φ_A — потенциал анода, В;

φ_K — потенциал катода, В;

$\eta_{\text{Э}}$ — электрохимическое перенапряжение, В;

$\eta_{\text{Ф}}$ — фазовое напряжение, В;

$\eta_{\text{Д}}$ — диффузионное перенапряжение, В;

$I_{\text{ЭК}}$ — сила тока, А;

$R_{\text{Э}}$ — сопротивление электролита, Ом;

R_K — сопротивление контактов, Ом;

R_T — сопротивление тоководов, Ом.

Примечание — Величинами φ_A , φ_K , $\eta_{\text{Э}}$, $\eta_{\text{Ф}}$, $\eta_{\text{Д}}$, R_K , R_T для практических расчетов можно пренебречь.

Сопротивление электролита $R_{\text{Э}}$, Ом, рассчитывается по формуле

$$R_{\text{Э}} = \frac{l_{\text{эл}}}{F_{\text{ЭК}} \lambda}, \quad (\text{Г.12})$$

где $l_{\text{эл}}$ — расстояние между электродами, м;

λ — удельная проводимость воды, Ом⁻¹·м⁻¹.

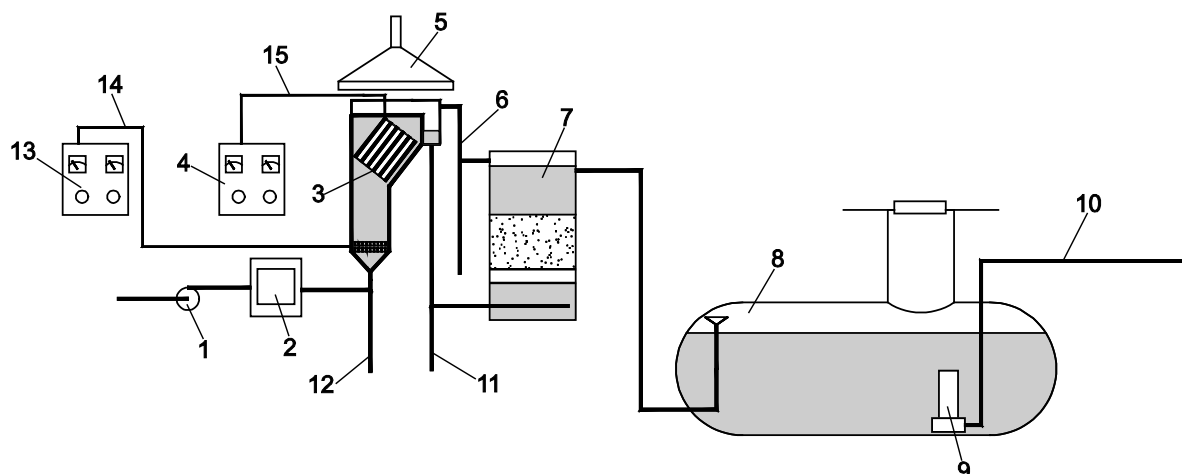
Напряжение на электродах $U_{\text{ЭК}}$, В:

$$U_{\text{ЭК}} \approx I_{\text{ЭК}} R_{\text{Э}}. \quad (\text{Г.13})$$

Удельные затраты электроэнергии на электрокоагуляцию $W_{\text{ЭК}}$, кВт·ч/м³:

$$W_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{ЭК}} U_{\text{ЭК}}}{1000 q_{\text{час}}}. \quad (\text{Г.14})$$

Г.13 Если в составе водного гумуса преобладают фульвокислоты, то, при обосновании, для интенсификации процесса обесцвечивания целесообразно предусматривать электроокисление. Технологическая схема осветления и обесцвечивания воды электроокислением и электрокоагуляцией приведена на рисунке Г.2.



- 1 — насосы первого подъема; 2 — сетчатый фильтр;
 3 — аппарат комплексного электрохимического обезжелезивания;
 4 — источник питания пакета растворимых электродов; 5 — вытяжная вентиляция;
 6 — переливной трубопровод; 7 — фильтр с плавающей загрузкой; 8 — РЧВ;
 9 — насосы второго подъема; 10 — подача воды потребителям;
 11 — трубопровод отвода промывной воды; 12 — трубопровод полного опорожнения аппарата;
 13 — выпрямитель для электроснабжения пакета нерастворимых электродов;
 14 и 15 — провода (токоведущие шины)

Рисунок Г.2 — Технологическая схема осветления и обезжелезивания воды комплексным электрохимическим методом

Г.14 При проектировании установок, включающих электроокисление и электрокоагуляцию, основные технологические параметры процесса необходимо принимать на основании данных технологических исследований, выполненных на воде предполагаемого источника водоснабжения.

Г.15 Рекомендуется, чтобы производительность одного аппарата не превышала $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расчетные схемы аппаратов для комплексного электрохимического обезжелезивания воды приведены на рисунке Г.3.

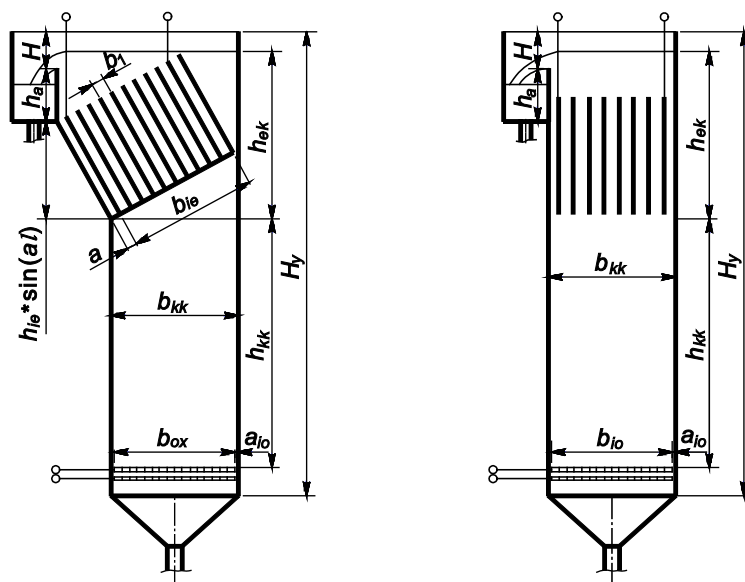


Рисунок Г.3 — Расчетные схемы аппаратов для комплексного электрохимического обезжелезивания воды

Г.16 В качестве материала нерастворимых окислительных электродов для повышения селективности электроокисления предпочтительнее использовать электроды с высоким перенапряжением выделения кислорода: аноды — титановые, покрытые PbO_2 ; керамические, покрытые PbO_2 ; ОПТА; графитовые; катоды — титановые.

Г.17 Плотность тока в зависимости от требуемого эффекта обесцвечивания на нерастворимых электродах рекомендуется поддерживать в пределах от 15 до 25 мА/см². Номограмма для определения основных технологических параметров приведена на рисунке Г.4

Г.18 Продолжительность пребывания воды в контактной камере УКЭО следует принимать в пределах от 10 до 15 мин.

Г.19 Восходящая скорость движения воды в контактной камере — от 10 до 15 м/ч.

Г.20 Плотность тока на растворимых алюминиевых электродах — от 1 до 2 мА/см².

Г.21 Расстояние между нерастворимыми электродами — от 0,005 до 0,010 м.

Г.22 Пакет растворимых электродов следует проектировать с учетом Г.5 – Г.8.

Г.23 Пакеты растворимых электродов целесообразно размещать под углом от 30° до 60° над контактной камерой для очистки межэлектродного пространства от продуктов реакции под воздействием электрофлотации.

Г.24 Количество водорода, выделяющегося при комплексной электрохимической обработке $V_{H_2}^k$, м³/ч, вычисляют по формуле

$$V_{H_2}^k = \frac{B_{H_2} A \cdot (I_{ЭК} + I_{ОХ}) \cdot (273 + t)}{273}, \quad (Г.15)$$

где B_{H_2} — выход водорода по току, следует принимать от 0,90 до 0,95;

A — объемный электрохимический эквивалент водорода; $A = 0,00042 \text{ м}^3/(\text{А} \cdot \text{ч})$;

$I_{ЭК}$ — сила тока на растворимых электродах, А;

$I_{ОХ}$ — сила тока на нерастворимых электродах, А;

t — температура воды, °С.

Г.25 Количество водорода, растворяющегося в воде, $V_{H_2}^p$, м³/ч:

$$V_{H_2}^p = \frac{21,4 \cdot (273 + t) \cdot q_{\text{час}}}{273 \cdot 10^3}, \quad (Г.16)$$

где $q_{\text{час}}$ — производительность установки, м³/ч.

Количество водорода, выделяющегося в атмосферу помещения, $V_{H_2}^{\text{атм}}$, м³/ч:

$$V_{H_2}^{\text{атм}} = V_{H_2}^k - V_{H_2}^p. \quad (Г.17)$$

Г.26 Установка обесцвечивания воды электрокоагуляцией должна снабжаться автономной вытяжной вентиляцией, если в результате выделения водорода его содержание в воздухе помещения может достигать ПДВК, равной для водорода 0,4 % по объему.

Г.27 Расчет УКЭО рекомендуется проводить по следующей методике.

Исходные данные:

— цветность обрабатываемой воды C , градус;

— перманганатная окисляемость ПО, мг/л O_2 ;

— активная реакция среды, ед. рН;

— средняя температура t , °С;

— удельная проводимость воды λ , Ом⁻¹·м⁻¹;

— расчетный расход воды $q_{\text{час}}$, м³/ч.

Требуемый эффект обесцвечивания воды $\mathcal{E}_{\text{тр}}$, %:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{очищ}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100. \quad (Г.18)$$

Коэффициент цветности $K_{\text{цв}}$:

$$K_{\text{цв}} = \frac{C_{\text{исх}}}{\text{ПО}}. \quad (Г.19)$$

По значению $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ на номограмме, приведенной на рисунке Г.4, определяется необходимая доза алюминия, плотность тока на нерастворимых электродах и продолжительность обработки. При этом следует учитывать, если $K_{\text{цв}} < 3$, то требуемый эффект обесцвечивания $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ увеличивают на 10 %–15 % и технологические параметры определяют по номограмме с учетом сделанной поправки, учитывающей, что в составе водного гумуса преобладают слабоокрашенные истинно растворенные фульвокислоты.

Расчет блока электрокоагуляции осуществляется по формулам (Г.1 – Г.9).

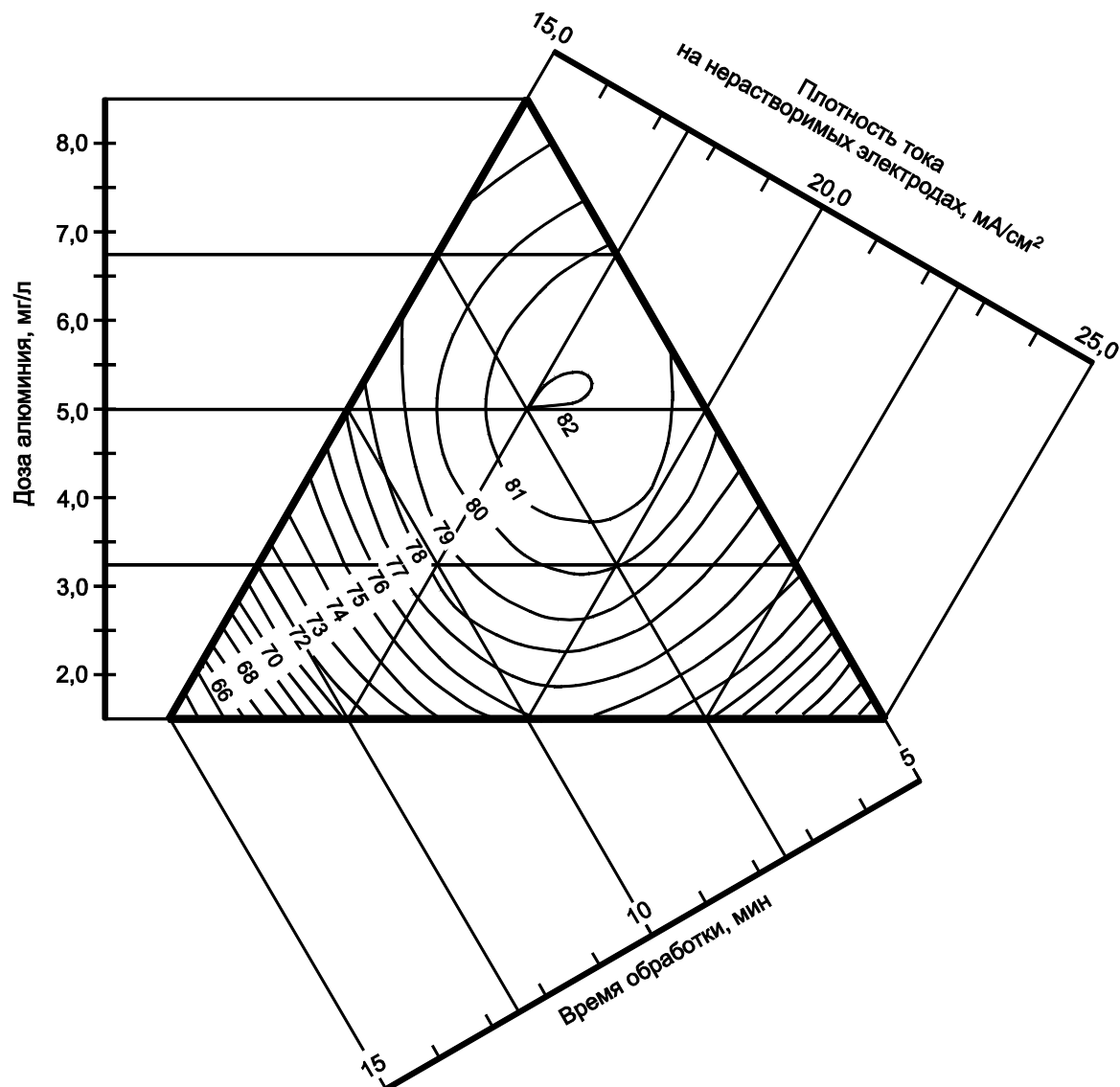


Рисунок Г.4 — Номограмма для определения основных технологических параметров комплексного электрохимического обесцвечивания воды

Площадь контактной камеры $F_{\text{кк}}$, м^2 :

$$F_{\text{кк}} = \frac{q_{\text{час}}}{V_{\text{кк}}}, \quad (\text{Г.20})$$

где $V_{\text{кк}}$ — восходящая скорость воды в контактной камере, м/ч; принимается в пределах от 10 до 15 м/ч.

Размеры контактной камеры $b_{\text{кк}}$, м, принимая ее квадратной в плане:

$$b_{\text{кк}} = \sqrt{F_{\text{кк}}}. \quad (\text{Г.21})$$

Объем контактной камеры $W_{\text{КК}}$, м³, вычисляется по формуле

$$W_{\text{КК}} = \frac{q_{\text{час}} \cdot t_{\text{КК}}}{60}, \quad (\text{Г.22})$$

где $t_{\text{КК}}$ — время пребывания воды в контактной камере, мин; принимается в пределах от 10 до 15 мин.

Высота контактной камеры $h_{\text{КК}}$, м, составит:

$$h_{\text{КК}} = \frac{W_{\text{КК}}}{F_{\text{КК}}}. \quad (\text{Г.23})$$

Нерастворимые электроды принимаются квадратными в плане; размер $b_{\text{ОХ}}$, м, определяется по формуле

$$b_{\text{ОХ}} = b_{\text{КК}} - 2a_1, \quad (\text{Г.24})$$

где a_1 — расстояние между окислительными электродами и стенкой аппарата, м; принимается в пределах от 0,010 до 0,015 м.

Общая площадь отверстий нерастворимых электродов $F_{\text{ОТВ}}$, м²:

$$F_{\text{ОТВ}} = 0,3b_{\text{ОХ}}^2, \quad (\text{Г.25})$$

где 0,3 — коэффициент, учитывающий, что общая площадь отверстий не должна превышать 30 % площади электродов $b_{\text{ОХ}}^2$.

Общее количество отверстий в одном электроде n , шт., составит:

$$n = \frac{4F_{\text{ОТВ}}}{\pi d_{\text{ОТВ}}^2}, \quad (\text{Г.26})$$

где $d_{\text{ОТВ}}$ — диаметр одного отверстия, м; принимается 0,005–0,010 м.

Сила тока на нерастворимых электродах $I_{\text{ОХ}}$, А, рассчитывается по формуле

$$I_{\text{ОХ}} = i_{\text{ОХ}} \cdot (b_{\text{ОХ}}^2 - F_{\text{ОТВ}}), \quad (\text{Г.27})$$

где $i_{\text{ОХ}}$ — плотность тока на нерастворимых электродах, мА/см², принимается в пределах от 15 до 25 мА/см².

Общая высота УКЭО H_y , м, составит:

$$H_y = h_{\text{КК}} + h_{\text{ЭК}} + h_{\text{доп}}, \quad (\text{Г.28})$$

где $h_{\text{доп}}$ — высота бортов, м; принимается в пределах от 0,1 до 0,2 м.

Высоту водосливной стенки $h_{\text{в}}$, м, следует принимать конструктивно.

Напор над водосливной стенкой H , м, рассчитывается по формуле

$$H = \left(\frac{q_{\text{час}}}{0,46b_{\text{КК}} \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{3}{2}}. \quad (\text{Г.29})$$

Размеры сборного кармана принимаются конструктивно. Диаметр отводящей трубы рассчитывается из условия обеспечения скорости движения воды от 0,6 до 1,0 м/с.

Соппротивление электролита между окислительными электродами $R_{\text{ОХ}}$, Ом:

$$R_{\text{ОХ}} = \frac{l_{\text{ОХ}}}{0,7b_{\text{ОХ}}^2 \lambda}, \quad (\text{Г.30})$$

где λ — удельная проводимость воды, Ом⁻¹·м⁻¹, определяется в результате технологического моделирования, путем прямого измерения удельной проводимости воды источника водоснабжения.

Напряжение на электродах U_{OX} , В:

$$U_{\text{OX}} \approx I_{\text{OX}} R_{\text{OX}}. \quad (\text{Г.31})$$

Удельные затраты электроэнергии W_{OX} , кВт·ч/м³, на окисление органических загрязнений:

$$W_{\text{OX}} = \frac{I_{\text{OX}} U_{\text{OX}}}{1000 q_{\text{час}}}. \quad (\text{Г.32})$$

Общий расход электроэнергии $W_{\text{общ}}$, кВт·ч/м³:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{ЭК}} + W_{\text{OX}}. \quad (\text{Г.33})$$

Библиография

- [1] Санитарные правила и нормы Республики Беларусь
СанПиН 10-124 РБ 99 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
- [2] Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 декабря 2005 г. № 56.