

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ  
СТОЧНЫХ ВОД**

**Строительные нормы проектирования**

**АЧЫШЧАЛЬНЫЯ ЗБУДАВАННІ  
СЦЕКАВЫХ ВОД**

**Будаўнічыя нормы праектавання**

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь  
Минск 2011

**Ключевые слова:** строительные нормы проектирования, аэротенки, биофильтры, биологическая очистка, механическая очистка, очистка сточных вод, канализационные очистные сооружения

## 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 научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 7 июня 2010 г. № 204

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 (с отменой на территории Республики Беларусь СНиП 2.04.03-85 в части требований по очистке сточных вод)

© Минстройархитектуры, 2011

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

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1 Область применения .....  | 1  |
| 2 Нормативные ссылки .....  | 1  |
| 3 Термины и определения.....  | 2  |
| 4 Общие положения.....  | 2  |
| 5 Определение расчетной производительности канализационных очистных сооружений.....                               | 5  |
| 6 Сооружения для механической очистки сточных вод.....  | 7  |
| 7 Сооружения биологической очистки сточных вод.....   | 29 |
| 7.1 Общие требования к сооружениям биологической очистки сточных вод .....  | 29 |
| 7.2 Преаэраторы и биокоагуляторы.....   | 29 |
| 7.3 Биологические фильтры .....   | 30 |
| 7.4 Капельные биологические фильтры .....   | 32 |
| 7.5 Высоконагружаемые биологические фильтры.....  | 32 |
| 7.6 Сооружения для биологической очистки в системах с активным илом.....  | 33 |
| 7.7 Циркуляционные окислительные каналы.....  | 50 |
| 7.8 Вторичные отстойники. Илоотделители .....   | 50 |
| 7.9 Биологические пруды .....   | 51 |
| 7.10 Сооружения для очистки сточных вод малой производительности .....  | 54 |
| 7.11 Сооружения для насыщения очищенных сточных вод кислородом .....  | 56 |
| 8 Обеззараживание сточных вод.....  | 57 |
| 9 Сооружения для глубокой очистки сточных вод .....   | 58 |
| 10 Химическая очистка сточных вод .....   | 61 |
| 11 Физико-химическая очистка сточных вод .....  | 67 |
| 11.1 Сорбционная очистка сточных вод .....  | 67 |
| 11.2 Адсорберы с плотным слоем загрузки активного угля.....   | 68 |
| 11.3 Адсорберы с псевдооживленным слоем активного угля.....   | 69 |
| 11.4 Ионообменная очистка промышленных сточных вод .....  | 69 |
| 11.5 Электрохимическая очистка промышленных сточных вод.....  | 72 |
| 12 Сооружения для обработки осадков сточных вод .....   | 75 |
| Приложение А (справочное) Параметры системы барботаж .....  | 89 |
| Приложение Б (справочное) Параметры гидроциклонов.....  | 90 |
| Приложение В (справочное) Эффективность удаления загрязняющих веществ<br>на сооружениях очистки сточных вод.....  | 92 |
| Приложение Г (справочное) Технологические схемы сооружений для удаления азота<br>в системах с активным илом ..... | 94 |
| Приложение Д (справочное) Параметры аэрационных систем.....   | 98 |
| Библиография .....  | 99 |

## ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД**  
Строительные нормы проектирования**АЧЫШЧАЛЬНЫЯ ЗБУДАВАННІ СЦЁКАВЫХ ВОД**  
Будаўнічыя нормы праектаванняSewage treatment plants  
Building norms of designing

Дата введения 2011-01-01

**1 Область применения**

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) устанавливает строительные нормы проектирования очистных сооружений сточных вод для населенных пунктов и отдельных объектов хозяйства и индивидуальной жилой застройки, расположенных на территории Республики Беларусь.

Требования настоящего технического кодекса являются обязательными при разработке проектной документации для вновь строящихся и реконструируемых очистных сооружений сточных вод, независимо от их отраслевой принадлежности и источников финансирования.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):<sup>1)</sup>

ТКП 45-4.01-31-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования  
ТКП 45-4.01-51-2007 (02250) Системы водоснабжения и канализации усадебных жилых домов.

Правила проектирования

ТКП 45-3.04-178-2009 (02250) Оросительные системы. Правила проектирования

СТБ 17.06.01-01-2009 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Использование и охрана вод. Термины и определения

СТБ 17.06.03-01-2008 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Общие требования

СТБ 1883-2008 Строительство. Канализация. Термины и определения

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

СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

*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.

<sup>1)</sup> СНиП имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

### 3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в СТБ 1883, СТБ 1884, СТБ 17.06.01-01, [1], [2], а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 глубокая очистка (доочистка):** Очистка сточных вод до уровня, превышающего параметры, достигаемые при полной биологической или физико-химической очистке.

**3.2 денитрификатор:** Сооружение биологической очистки, предназначенное для удаления нитратов из сточной воды путем их перевода в газообразный азот.

**3.3 каскадная денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота, включающий две или большее количество ступеней технологических емкостей с активным илом, работающих по принципу предварительной либо параллельной денитрификации, через которые последовательно проходит очищаемая сточная вода.

**3.4 нитрификатор:** Сооружение биологической очистки, предназначенное для окисления аммонийных солей в сточной воде с превращением их в нитраты.

**3.5 очистка сточных вод биологическая полная:** Процесс биологического разложения и минерализации загрязняющих веществ сточных вод с помощью микроорганизмов с получением их остаточной концентрации, не более установленной нормативами очистки сточных вод.

**3.6 очистка сточных вод биологическая неполная:** Процесс биологического разложения и минерализации загрязняющих веществ сточных вод с помощью микроорганизмов с получением их остаточной концентрации, превышающей значения, установленные нормативами очистки сточных вод.

**3.7 последующая денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота, при котором сточная вода первоначально обрабатывается в нитрификаторе и далее подается на обработку в денитрификатор.

**3.8 предварительная денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота, при котором сточная вода первоначально обрабатывается в денитрификаторе, а затем в нитрификаторе, с постоянной рециркуляцией иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор.

**3.9 параллельная денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота, при котором сточная вода обрабатывается в циркуляционных окислительных каналах с многократным прохождением иловой смеси через зоны в нитрификации и денитрификации.

**3.10 периодическая денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота при обработке сточной воды в одной технологической емкости с чередованием по времени фаз нитрификации и денитрификации.

**3.11 чередующаяся денитрификация:** Процесс биологической очистки с удалением соединений азота, с попеременной подачей сточной воды в две технологические емкости с активным илом, которые периодически аэрируются.

### 4 Общие положения

**4.1** Степень очистки сточных вод следует определять в зависимости от местных условий с учетом возможного использования очищенных и поверхностных сточных вод для производственных или сельскохозяйственных нужд.

Степень очистки сточных вод, отводимых в водные объекты, должна отвечать требованиям СТБ 17.06.03-01, [3] – [5], а повторно используемых — санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям потребителя. При этом следует учитывать степень смешения и разбавления сточных вод водой водного объекта и фоновое содержание загрязняющих веществ в нем.

Оценку гидрологических и морфологических параметров водного объекта приемника сточных вод при определении требуемой степени очистки сточных вод следует производить согласно требованиям [5]. Отведение очищенных сточных вод в водоприемник следует производить посредством инженерных сооружений. Отведение сточных вод в водоприемник с использованием рельефа местности не допускается согласно [1].

При проектировании очистных сооружений необходимо предусматривать мероприятия по складированию и утилизации обезвреженных осадков сточных вод.

**4.2** Допустимую концентрацию основных загрязняющих веществ в смеси бытовых и производственных сточных вод при поступлении на сооружения биологической очистки (в среднесуточной пробе), а также степень их удаления в процессе очистки следует принимать согласно [3] – [6].

При невозможности обеспечения предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воде водного объекта с учетом эффекта очистки и степени разбавления их водой водного объекта концентрацию этих веществ, поступающих на очистные сооружения, следует снижать на локальных очистных сооружениях в местах их образования.

Температура сточных вод должна быть в пределах от 6 °С до 30 °С.

**4.3** Среднюю скорость окисления многокомпонентных смесей следует принимать по экспериментальным данным. При их отсутствии допускается принимать скорость окисления как средневзвешенную величину скоростей окисления веществ, входящих в многокомпонентную смесь.

**4.4** Количество загрязняющих веществ в бытовых сточных водах на одного жителя для определения их концентрации следует принимать по таблице 4.1. Концентрацию загрязняющих веществ следует определять исходя из удельного водоотведения на одного жителя.

Таблица 4.1

| Показатель   | Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут |
|--|---|
| Взвешенные вещества  | 65,0  |
| Биохимическая потребность в кислороде (БПК <sub>5</sub> ) неосветленной жидкости | 60,0  |
| Химическое потребление кислорода (ХПК) неосветленной жидкости                    | 120,0   |
| Азот аммонийных солей  | 8,0   |
| Сумма азота аммонийных солей и азота органических веществ                        | 9,9   |
| Фосфор общий (по Р)  | 1,8   |
| Фосфаты Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> ,  | 3,3   |
| в том числе от моющих веществ  | 1,6   |
| Хлориды Cl   | 9,0   |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ)   | 2,5   |

Расчет сооружений биологической очистки следует вести по БПК<sub>5</sub> с учетом первичного отстаивания. Для действующих сооружений снижение содержания загрязнений следует принимать по фактической эффективности работы отстойников. Допускается принимать снижение содержания загрязнений в осветленной сточной воде по таблице 4.2.

Таблица 4.2

В процентах

| Показатель  | Снижение содержания загрязнений в зависимости от времени отстаивания, ч |         |
|---|---|---------|
|   | 0,5–1,0   | 1,5–2,0 |
| Взвешенные вещества                                       | 45–50   | 55–64   |
| БПК <sub>5</sub>  | 20–25   | 30–33   |
| ХПК   | 20–25   | 30–33   |
| Сумма азота аммонийных солей и азота органических веществ | 9   | 9       |
| Фосфаты Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub>                     | 10  | 10      |

Количество загрязняющих веществ от населения, проживающего в неканализованных районах, допускается учитывать в размере 33 % от указанных в таблице 4.1.

При сбросе бытовых сточных вод промышленных предприятий в канализацию населенного пункта количество загрязняющих веществ от эксплуатационного персонала дополнительно не учитывается.

**4.5** В составе и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах необходимо учитывать содержание загрязняющих веществ в исходной водопроводной воде, а также загрязняющих веществ от сооружений по обработке осадков сточных вод, от промывных вод сооружений глубокой очистки, дренажей и т. п.

**4.6** Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод и обработки их осадков следует выполнять на основании данных научно-исследовательских организаций, опыта эксплуатации действующих аналогичных сооружений с учетом требований настоящего технического кодекса и действующих ТНПА.

**4.7** Расчетные расходы сточных вод, поступающих на станцию очистки, необходимо определять по суммарному графику притока как при подаче их насосами, так и при самотечном их поступлении.

Расчетные расходы сточных вод отдельных сооружений следует определять их технологическими регламентами.

**4.8** Расчет сооружений биологической очистки сточных вод следует производить по сумме органических загрязнений, выраженных БПК<sub>5</sub>. При одновременном удалении соединений азота и фосфора расчет сооружений следует производить с учетом содержания указанных элементов в исходной и очищенной сточной воде.

**4.9** При совместной биологической очистке производственных и бытовых сточных вод допускается предусматривать как совместную, так и их отдельную механическую очистку.

Для взрывоопасных производственных сточных вод, а также при необходимости химической или физико-химической очистки производственных сточных вод и при различных методах обработки осадков производственных и бытовых сточных вод следует применять отдельную механическую очистку.

**4.10** Состав сооружений следует выбирать в зависимости от характеристики и количества сточных вод, поступающих на очистку, требуемой степени очистки, метода обработки осадка и местных условий.

**4.11** Выбор методов и схемы очистки сточных вод следует производить по рекомендациям научно-исследовательских организаций, литературным источникам, опыту эксплуатации действующих аналогичных сооружений с учетом местных условий, ремонтпригодности, опробованных проектов-аналогов.

Схема очистки сточных вод и обработки осадков должна обеспечивать расчетные показатели с достаточной степенью надежности работы в различных ситуациях.

**4.12** Площадку станции очистки сточных вод следует располагать в соответствии с розой ветров, как правило, с подветренной стороны для господствующих ветров теплого периода года по отношению к жилой застройке и ниже населенного пункта по течению водотока.

**4.13** Компонировка зданий и сооружений на площадке должна обеспечивать:

- рациональное использование территории с учетом перспективного расширения сооружений и возможности строительства по очередям;
- блокирование сооружений и зданий различного назначения и минимальную протяженность внутриплощадочных коммуникаций;
- самотечное, как правило, прохождение основного потока сточных вод через сооружения с учетом всех потерь давления и с использованием уклона местности.

**4.14** При проектировании станции очистки сточных вод следует предусматривать:

- устройства для равномерного распределения сточных вод и осадка между отдельными сооружениями, а также для отключения сооружений, каналов и трубопроводов на ремонт без нарушения режима работы комплекса, для опорожнения и промывки сооружений и коммуникаций;
- устройства для измерения расходов сточных вод и осадка;
- максимальное использование вторичных энергоресурсов (газа-метана, тепла сжатого воздуха и сточных вод) для нужд станции очистки согласно технико-экономического обоснования (ТЭО);
- устройство опломбированного аварийного выпуска из приемной камеры и после сооружений механической очистки в соответствии с требованиями [7];
- аппаратуру и лабораторное оборудование для контроля качества поступающих и очищенных сточных вод;
- ограждение площадки размещения очистных сооружений с высотой ограждений 1,6–2,0 м.

При проектировании ограждений следует предусматривать экономичные конструкции промышленного изготовления, соответствующие эксплуатационным и современным эстетическим требованиям. Ограждения допускается не устраивать вдоль зданий, расположенных на границах площадки сооружений.

Поля фильтрации допускается не ограждать.

**4.15** Каналы станции очистки сточных вод и лотки сооружений следует проверять на пропуск максимального секундного расхода сточных вод с коэффициентом 1,4 (с учетом возможной интенсификации их работы) с учетом потерь давления.

**4.16** Состав и площадь вспомогательных и лабораторных помещений допускается принимать по таблице 4.3, а состав бытовых помещений рекомендуется принимать в зависимости от санитарных характеристик технологических процессов станции согласно СНиП 2.04.03.

Таблица 4.3

| Помещение  | Площадь помещений, м <sup>2</sup> , при производительности сооружений, тыс. м <sup>3</sup> /сут |                       |                        |                               |                               |
|--|---|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  | от 1,4<br>до 10 включ.  | от 11<br>до 50 включ. | от 51<br>до 100 включ. | от 101<br>до 250 включ.       | св. 250                       |
| Физико-химическая лаборатория по контролю: сточных вод | 25  | 25                    | 25                     | 40<br>(две комнаты по 20)     | 50<br>(две комнаты по 25)     |
| осадков сточных вод                                    | —   | —                     | 15                     | 15                            | 20                            |
| Бактериологическая лаборатория                         | —   | 20                    | 22                     | 33<br>(две комнаты — 18 и 15) | 35<br>(две комнаты — 20 и 15) |
| Весовая  | —   | 6                     | 8                      | 10                            | 12                            |
| Моечная и автоклавная                                  | —   | 10                    | 12                     | 15                            | 15                            |
| Помещения для хранения посуды и реактивов              | 6   | 6                     | 12                     | 15                            | 20                            |
| Кабинет заведующего лабораторией                       | —   | 10                    | 12                     | 15                            | 20                            |
| Помещение для пробоотборников                          | —   | —                     | 6                      | 8                             | 8                             |
| Местный диспетчерский пункт                            | Назначается в зависимости от системы диспетчеризации и автоматизации                            |                       |                        |                               |                               |
| Кабинет начальника станции                             | 10  | 15                    | 15                     | 25                            | 25                            |
| Помещение для технического персонала                   | 10  | 15                    | 20                     | 25<br>(две комнаты — 10 и 15) | 30<br>(две комнаты по 15)     |
| Комната дежурного персонала                            | 8   | 15                    | 20                     | 25                            | 25                            |
| Мастерская текущего ремонта мелкого оборудования       | 10  | 15                    | 20                     | 25                            | 25                            |
| Мастерская приборов                                    | 15  | 15                    | 15                     | 20                            | 20                            |
| Библиотека и архив                                     | —   | —                     | 10                     | 20                            | 30                            |
| Помещение для хозяйственного инвентаря                 | —   | —                     | 6                      | 8                             | 8                             |

Для станций производительностью менее 1,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут состав и площадь помещений следует устанавливать в зависимости от местных условий по согласованию с заказчиком.

## 5 Определение расчетной производительности канализационных очистных сооружений

5.1 Расчетную среднесуточную производительность канализационных очистных сооружений  $Q_{\text{расч}}$ , м<sup>3</sup>/сут, следует определять в зависимости от суммарного расхода бытовых и производственных сточных вод по формуле

$$Q_{\text{расч}} = Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}, \quad (5.1)$$

где  $Q_{\text{быт}}$  — среднесуточный расход бытовых сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_{\text{пр}}$  — среднесуточный расход производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.



**5.2** Среднесуточный расход бытовых сточных вод  $Q_{\text{быт}}$ , м<sup>3</sup>/сут, следует вычислять по СНиП 2.04.03.

**5.3** Среднесуточный расход производственных сточных вод  $Q_{\text{пр}}$ , м<sup>3</sup>/сут, следует определять на основании технологических данных конкретного предприятия либо по справочным данным предприятия-аналога.

**5.4** Расчетный секундный расход бытовых сточных вод  $q$ , л/с, следует определять по СНиП 2.04.03.

Расчетный секундный расход производственных сточных вод  $q_{\text{пр.мах}}$ , л/с, следует определять по формуле

$$q_{\text{пр.мах}} = q_{\text{пр.ср}} k_{\text{ген.пр}}, \quad (5.2)$$

где  $q_{\text{пр.ср}}$  — средний секундный расход производственных сточных вод, л/с;

$k_{\text{ген.пр}}$  — коэффициент неравномерности притока производственных сточных вод, определяемый на основе технологических данных.

### 5.5 Определение эквивалентного количества жителей

Эквивалентное количество жителей  $N_{\text{экв}}$ , чел, следует определять по содержанию загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК<sub>5</sub>,  $C_{\text{общ}}^{\text{БПК}}$ , г/м<sup>3</sup>.

Эквивалентное количество жителей  $N_{\text{экв}}$ , чел., следует определять по формуле

$$N_{\text{экв}} = \frac{Q_{\text{расч}} C_{\text{общ}}^{\text{БПК}}}{a}, \quad (5.3)$$

где  $Q_{\text{расч}}$  — среднесуточный суммарный расход производственных и бытовых сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$C_{\text{общ}}^{\text{БПК}}$  — концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, оцениваемых по БПК<sub>5</sub>, г/м<sup>3</sup>, определяемая по 5.6.3;

$a$  — количество загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК<sub>5</sub>, вносимых одним человеком в сточные воды, г/(чел.·сут), определяемое по таблице 4.1.

### 5.6 Определение расчетной концентрации загрязнений, поступающих в смеси бытовых и производственных сточных вод

**5.6.1** Определение необходимой степени очистки сточных вод и расчет канализационных очистных сооружений следует производить по основным показателям загрязнений:

— взвешенным веществам;

— суммарному содержанию в воде органических загрязняющих веществ, оцениваемому по БПК<sub>5</sub>;

— биогенным элементам (азоту и фосфору).

**5.6.2** Концентрацию загрязняющих веществ в бытовых сточных водах  $C_{\text{быт}}^i$ , мг/дм<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$C_{\text{быт}}^i = \frac{a1000}{q_n}, \quad (5.4)$$

где  $q_n$  — норма водоотведения на одного человека, л/сут.

**5.6.3** Концентрацию загрязняющих веществ в смеси бытовых и производственных сточных вод следует определять по формуле

$$C_{\text{общ}}^i = \frac{C_{\text{быт}} Q_{\text{быт}} + \sum C_{\text{пр}} Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}}. \quad (5.5)$$

**5.7** Определение допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах при их отведении в водные объекты следует производить согласно санитарным и природоохранным требованиям [3] – [5] по формуле

$$\Theta = \frac{C_{\text{общ}} - C_{\text{ex}}}{C_{\text{общ}}}, \quad (5.6)$$

где  $C_{\text{общ}}$  — концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{ex}}$  — концентрация загрязняющих веществ в сточных водах после очистки, определяемая согласно природоохранным требованиям, мг/дм<sup>3</sup>.

## 6 Сооружения для механической очистки сточных вод

**6.1** Выбор сооружений механической очистки следует осуществлять на основании требуемой степени очистки, принимаемых методов обработки осадка, эксплуатационной надежности действия и степени влияния на последующие сооружения.

Расчет сооружений необходимо производить на максимальный часовой расход сточных вод.

### 6.2 Решетки

**6.2.1** В составе станций очистки сточных вод следует предусматривать оборудование или устройства для задержания грубодисперсных примесей.

Прозоры решеток должны быть не более 16 мм. Эффективность снятия загрязнений по взвешенным веществам и БПК<sub>5</sub> на решетках с прозорами не более 6 мм следует принимать от 10 % до 15 % от исходных загрязнений сточных вод перед решетками или по паспортным данным на оборудование.

Решетки допускается не предусматривать в случае подачи сточных вод на станцию очистки насосами при установке перед ними решеток с прозорами не более 6 мм. При этом в насосных станциях должен предусматриваться вывоз задержанных на решетках отбросов.

Количество задерживаемых отбросов на решетке в зависимости от ширины прозоров приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1

| Ширина прозоров, мм          | 0,5 | 1  | 2  | 3  | 6  | 15 |
|------------------------------|-----|----|----|----|----|----|
| Объем отбросов, л/(чел.·год) | 45  | 34 | 26 | 22 | 16 | 10 |

Количество задерживаемых отбросов на решетке при ширине прозоров 16 мм и более следует принимать по СНиП 2.04.03.

При подаче сточных вод на очистные сооружения канализационными насосными станциями, оборудованными решетками, при условии извлечения задержанных из сточной воды отбросов, допускается при определении количества задерживаемых отбросов на очистных сооружениях учитывать их уменьшение за счет их удаления на канализационных насосных станциях.

Плотность и влажность отбросов, снимаемых с решеток, следует определять по паспортным данным предприятий-изготовителей решеток. При отсутствии данных допускается принимать:

— влажность отбросов, %:

90 — до обезвоживания;

70 — после обезвоживания;

— плотность отбросов, т/м<sup>3</sup>:

0,87 — до обезвоживания;

0,69 — после обезвоживания.

**6.2.2** Расстояния между оборудованием, вспомогательным и грузоподъемным оборудованием следует принимать в соответствии с требованиями действующих ТНПА.

Для перемещения контейнеров подъемно-транспортное оборудование должно быть оснащено электроприводом.

**6.2.3** Механизированная очистка решеток от отбросов должна быть предусмотрена при количестве отбросов 0,1 м<sup>3</sup>/сут и более. При меньшем количестве отбросов допускается установка решеток с ручной очисткой.

**6.2.4** В здании решеток, при необходимости, допускается установка оборудования для предварительного отжима влаги из задержанных отбросов и их уплотнения (поршневые и шнековые гидропрессы).

**6.2.5** Задержанные отбросы допускается:

— собирать в контейнеры с герметичными крышками и вывозить в места обработки твердых и промышленных отходов;

— обезвоживать и направлять для совместной обработки с осадками на станции очистки сточных вод.

**6.2.6** В здании решеток необходимо предусматривать мероприятия, предотвращающие поступление холодного воздуха через подводящие и отводящие каналы.

Решетки следует размещать, как правило, в отдельном отапливаемом помещении при температуре  $t_r$ , равной 16 °С, с кратностью обмена воздуха 5.

При обосновании допускается размещение решеток вне помещений. При этом следует предусматривать конструкции решеток и мероприятия, обеспечивающие их нормальную эксплуатацию в данных условиях.

Между решетками необходимо предусматривать проходы не менее 1,2 м для обеспечения их обслуживания.

Пол здания решеток следует располагать выше расчетного уровня сточной воды в каналах не менее чем на 0,5 м.

Потери давления в решетках следует принимать в 3 раза большими, чем на чистых решетках.

Решетки следует устанавливать в уширенных каналах перед песколовками.

**6.2.7** Размеры решеток следует определять, при максимальном притоке сточных вод на очистные сооружения, из условия обеспечения в прозорах решетки скоростей движения сточных вод в пределах от 0,8 до 1,0 м/с.

Расчет решеток ступенчатого эскалаторного типа следует производить по скорости движения воды в прозорах в пределах от 1,0 до 1,4 м/с.

Минимальную скорость движения сточных вод в канале до решеток следует принимать не менее 0,4 м/с и после решеток — не менее 0,7 м/с.

**6.2.8** Для решеток с шириной прозоров  $b_r$ , м, справедливо соотношение

$$q = \omega_r V_r = b_r h_r n_{pr} V_r, \quad (6.1)$$

где  $q$  — максимальный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$\omega_r$  — площадь живого сечения всех прозоров решетки, м<sup>2</sup>;

$h_r$  — глубина воды перед решеткой, м;

$b_r$  — ширина прозоров решетки, м;

$n_{pr}$  — количество прозоров решетки;

$V_r$  — скорость движения сточной воды в прозорах решетки, м/с.

**6.2.9** Количество прозоров в решетках  $n_{pr}$ , шт., необходимых для пропуска поступающих сточных вод, следует определять по формуле

$$n_{pr} = \frac{q k_{sti}}{b_r h_r V_r}, \quad (6.2)$$

где  $k_{sti}$  — коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями, принимаемый равным 1,05–1,10.

**6.2.10** Общую ширину решеток  $B_r$ , м, следует определять по формуле

$$B_r = S_s \cdot (n_{pr} - 1) + b_r n_{pr}, \quad (6.3)$$

где  $S_s$  — толщина стержней, м.

**6.2.11** Необходимое количество решеток следует подбирать исходя из требуемой общей ширины решеток  $B_r$  и конструктивной ширины решетки.

При количестве рабочих решеток до трех включительно следует принимать одну резервную решетку, а при количестве рабочих решеток более трех — две резервные.

**6.2.12** Длину уширения перед решеткой  $l_{r1}$ , м, следует определять по формуле

$$l_{r1} = 1,37 \cdot (B_{r1} - B_{kr}), \quad (6.4)$$

где  $B_{kr}$  — ширина канала перед решеткой, м;

$B_{r1}$  — ширина одной решетки, м.

**6.2.13** Длину уширения после решетки  $l_{r2}$ , м, следует определять по формуле

$$l_{r2} = 0,5 l_{r1} = 0,685 \cdot (B_{r1} - B_{kr}). \quad (6.5)$$

### 6.3 Песколовки

**6.3.1** Песколовки необходимо предусматривать в составе станции биологической очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод.

Количество песколовок или отделений при производительности более 100 м<sup>3</sup>/сут следует принимать не менее двух. При этом все песколовки или отделения должны быть рабочими.

Тип песколовки (горизонтальная, тангенциальная, аэрируемая и др.) следует принимать с учетом производительности станции очистки, схемы очистки сточных вод и обработки их осадков, характеристики взвешенных веществ, компоновочных решений и т. п.

Выгрузку осадка из песколовок следует производить не реже 1 раза в сутки или 1 раза в смену.

**6.3.2** Длину песколовок  $L_s$ , м, следует определять по формуле

$$L_s = \frac{K_s H_s V_s}{u_0}, \quad (6.6)$$

где  $K_s$  — коэффициент, определяемый:

— для горизонтальных песколовок по формуле  $K_s = \frac{u_0}{\sqrt{u_0^2 - \omega^2}}$ ;

— для аэрируемых песколовок по формуле  $K_s = \frac{u_0}{V_1}$  или по таблице 6.4;

$H_s$  — расчетная глубина песколовки, м, принимаемая для аэрируемых песколовок равной половине общей глубины;

$V_s$  — скорость движения сточных вод, м/с, принимаемая по таблице 6.2;

$u_0$  — гидравлическая крупность песка, м/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка;

$\omega$  — вертикальная турбулентная составляющая продольной скорости, м/с, определяемая по формуле

$$\omega = 0,005V_0, \quad (6.7)$$

здесь  $V_0$  — продольная скорость движения воды, м/с, в песколовках, принимаемая по таблице 6.3.

Таблица 6.2

| Тип песколовки | Гидравлическая крупность песка $u_0$ , м/с | Скорость движения сточных вод $V_s$ , м/с, при притоке |              | Глубина $H$ , м | Количество задерживаемого песка, г/(чел.·сут) | Влажность песка, % | Содержание песка в осадке, % |
|----------------|--|--|--------------|-----------------|---|--------------------|------------------------------|
|                |  | минимальном  | максимальном |                 |   |                    |                              |
| Горизонтальная | 0,0187–0,0242                              | 0,15   | 0,30         | 0,5–2,0         | 0,02  | 60                 | 55–60                        |
| Аэрируемая     | 0,0132–0,0187                              | —  | 0,08–0,12    | 0,7–3,5         | 0,03  | —                  | 90–95                        |
| Тангенциальная | 0,0187–0,0242                              | —  | —            | 0,5             | 0,02  | 60                 | 70–75                        |

Таблица 6.3

| Диаметр задерживаемых частиц песка, мм | Гидравлическая крупность песка $u_0$ , м/с | Продольная скорость движения воды в песколовках $V_0$ , м/с |            |
|--|--|---|------------|
|  |  | горизонтальных  | аэрируемых |
| 0,05                                   | 0,0020                                     | 0,10–0,15   | 0,02–0,05  |
| 0,10                                   | 0,0059                                     | 0,10–0,15   | 0,02–0,05  |
| 0,15                                   | 0,0132                                     | 0,15–0,20   | 0,05–0,10  |
| 0,20                                   | 0,0187                                     | 0,15–0,20   | 0,05–0,10  |

Расчет горизонтальных песколовков следует производить по следующим формулам:

$$F = \frac{Q}{q_0} = BL, \quad (6.8)$$

$$H = \frac{Q}{BV}, \quad (6.9)$$

$$q_0 = -0,434 \cdot \frac{u_0}{\lg(1 - \Xi_n)}, \quad (6.10)$$

- где  $F$  — требуемая площадь поверхности песколовки в плане, м<sup>2</sup>;  
 $Q$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $q_0$  — гидравлическая нагрузка сточных вод на 1 м<sup>2</sup> площади поверхности, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с);  
 $B$  — ширина песколовки, м;  
 $L$  — длина песколовки, м;  
 $H$  — глубина песколовки, м;  
 $u_0$  — гидравлическая крупность песка, мм/с;  
 $\Xi_n$  — эффект задержания песка заданной гидравлической крупности, в долях от единицы.

Таблица 6.4

| Расчетная скорость протекания воды в песколовке, м/с | Значение коэффициента $K_s$ для аэрируемых песколовков при диаметре задерживаемых частиц песка, мм |      |      |      |
|--|--|------|------|------|
|  | 0,10   | 0,15 | 0,20 | 0,30 |
| 0,090  | 4,17   | 4,33 | 3,40 | 2,90 |
| 0,183  | 4,54   | 4,81 | 3,74 | 2,93 |
| 0,275  | 5,00   | 5,91 | 4,16 | 2,96 |
| 0,366  | 5,00   | 6,50 | 4,68 | 3,02 |

**6.3.3** Количество песка  $W_n$ , м<sup>3</sup>/сут, без учета органических примесей следует определять по формуле

$$W_n = \frac{Q_{\text{сут}} C_{\text{ен}} \Xi J_{\text{со}}}{\gamma \cdot 10^6}, \quad (6.11)$$

- где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;  
 $C_{\text{ен}}$  — исходная концентрация взвешенных веществ, г/м<sup>3</sup>;  
 $\Xi$  — эффект осветления сточных вод в первичных отстойниках, в долях от единицы;  
 $J_{\text{со}}$  — плотность влажного песка, принимаемая равной 1500 кг/м<sup>3</sup>.

Аэрацию в песколовках следует производить при помощи среднепузырчатых аэраторов в виде дырчатых труб с отверстиями диаметром от 5 до 6 мм.

Количество отверстий следует определять по скорости выхода воздуха от 15 до 20 м/с.

Отверстия рекомендуется располагать по обе стороны трубы в нижней ее части под углом 120°.

Подвод воздуха к дырчатым трубам рекомендуется производить с учетом равномерного распределения по площади аэрации.

Не рекомендуется дырчатые трубы выполнять в виде длинной плети от одного стояка.

Расход воздуха  $q_{\text{air}}$ , м<sup>3</sup>/ч, песколовки следует определять по формуле

$$q_{\text{air}} = IF, \quad (6.12)$$

- где  $I$  — интенсивность аэрации, принимаемая от 3 до 5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч);  
 $F$  — площадь песколовки, м<sup>2</sup>.

Объем отделения песколовки  $W_{от}$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$W_{от} = \frac{q^{cp} t_s}{n_{от}}, \quad (6.13)$$

где  $n_{от}$  — количество отделений песколовки.

**6.3.4** Расчет вертикальных и тангенциальных песколовков следует производить из условия задержания частиц с расчетной гидравлической крупностью  $u_0$ , м/с.

Площадь поверхности песколовки в плане  $F_s$ , м<sup>2</sup>, следует определять по формуле

$$F_s = \frac{q_{max}}{u_0 n_{от}}. \quad (6.14)$$

Высоту цилиндрической части песколовки  $h_p$ , м, следует определять по формуле

$$h_p = t u_0, \quad (6.15)$$

где  $u_0$  — гидравлическая крупность песка, задерживаемого в песколовке, м/с;

$t$  — продолжительность пребывания воды в песколовке, принимаемая в пределах от 120 до 180 с.

**6.3.5** При проектировании песколовков следует принимать общие расчетные параметры для песколовков различных типов по таблице 6.3:

а) для горизонтальных песколовков:

- 1) продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке — не менее 30 с;
- 2) допустимую гидравлическую нагрузку на единицу площади следует принимать равной 180 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч);

б) для аэрируемых песколовков:

- 1) установку азраторов из дырчатых труб — на глубину  $0,7H_s$  вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка;
- 2) поперечный уклон дна к песковому лотку — 0,2–0,4;
- 3) впуск воды — совпадающий с направлением вращения воды в песколовке, выпуск — затопленный;
- 4) отношение ширины к глубине отделения  $B : H$  — 1,0;1,5;

в) для тангенциальных песколовков:

- 1) гидравлическую нагрузку — от 110 до 130 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) при максимальном притоке;
- 2) впуск воды — по касательной на всей расчетной глубине;
- 3) глубину — равную половине диаметра;
- 4) диаметр — не более 6 м.

**6.3.6** Удаление задержанного песка из песколовков всех типов следует производить механическим или гидромеханическим способом. Допускается удалять задержанный песок из песколовков вручную при объемах 0,1 м<sup>3</sup>/сут.

Выгрузка задержанного песка из песколовков должна производиться не реже 1 раза в сутки.

Объем песковых прямков следует принимать не более двухсуточного объема выпадающего песка, а угол наклона стенок прямка к горизонту — не менее 60°.

**6.3.7** Расход производственной воды  $q_h$ , дм<sup>3</sup>/с, при гидромеханическом удалении песка (гидросмывом с помощью трубопровода со спрысками, укладываемого в песковый лоток) необходимо определять по формуле

$$q_h = V_h l_{sc} b_{sc}, \quad (6.16)$$

где  $V_h$  — восходящая скорость смывной воды в лотке, принимаемая равной 0,0065 м/с;

$l_{sc}$  — длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового прямка, м;

$b_{sc}$  — ширина пескового лотка, равная 0,5 м.

Диаметр смывного трубопровода  $D_{str}$ , м, следует определять по формуле

$$D_{str} = \sqrt{\frac{4q_k}{\pi V_{str}}}, \quad (6.17)$$

где  $V_{str}$  — скорость движения промывной воды в начале смывного трубопровода, принимаемая в пределах от 2,5 до 3,5, м/с.

Для обеспечения надежного смыва осадка со всей длины лотка напор в начале смывного трубопровода следует определять по формуле

$$H_0 = 5,6h_0 + \frac{5,4V_c^2}{2g}, \quad (6.18)$$

где  $h_0$  — высота слоя осадка в песковом лотке, м;

$V_c$  — скорость в спрыске, принимаемая в пределах от 4 до 7 м/с.

Высоту слоя осадка следует определять исходя из общего количества улавливаемого осадка за период между выгрузками его из песколовки.

Высота пескового лотка  $h_1$ , м, должна определяться по формуле

$$h_1 = 1,5h_0. \quad (6.19)$$

Диаметр спрыска  $d_{тр}$ , м, должен определяться по формуле

$$d_{тр} = \sqrt{\frac{4q}{\pi n_c \mu_p} \cdot \sqrt{2gH_0}}, \quad (6.20)$$

где  $\mu_p$  — коэффициент расхода спрыска, зависящий от его конструкции и принимаемый равным 0,82;

$n_c$  — количество спрысков на одном смывном трубопроводе, определяемое по формуле

$$n_c = \frac{2l_{тр}}{z_{sp}}, \quad (6.21)$$

здесь  $l_{тр}$  — длина смывного трубопровода, равная длине пескового лотка, м;

$z_{sp}$  — расстояние между спрысками, которое рекомендуется принимать в пределах от 0,25 до 0,40 м.

**6.3.8** Количество задерживаемого песколовками песка для бытовых сточных вод допускается принимать от 0,02 до 0,03 л/(чел.·сут) при влажности 60 % и объемном весе 1,5 т/м<sup>3</sup>. Расход подаваемой воды при гидромеханическом удалении песка необходимо определять с учетом габаритных размеров пескового лотка (длины, ширины) при восходящей скорости смывной воды в лотке не менее 0,0065 м/с.

**6.3.9** Для обезвоживания удаляемого из песколовки песка следует предусматривать:

- песковые площадки;
- накопители;
- бункеры.

Для подсушивания песка, поступающего из песколовки, необходимо предусматривать площадки с ограждающими валиками высотой от 1 до 2 м. Нагрузку на площадку следует предусматривать не более 3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в год при условии периодического вывоза подсушенного песка в течение года. Допускается принимать накопители со слоем напуска песка до 3 м.

Количество дренажной воды, возвращаемой на очистку, следует принимать в объеме 85 % от расхода воды, прошедшей через гидромеханическую очистку.

Концентрацию взвешенных веществ в дренажной воде рекомендуется принимать равной 3000 мг/дм<sup>3</sup>.

Дренажную воду из сооружений для обезвоживания песка следует возвращать в поток очищаемых сточных вод перед песколовками. Для съезда автотранспорта на песковые площадки следует устраивать пандус уклонот от 0,12 до 0,20.

**6.3.10** Для отмывки и обезвоживания песка допускается предусматривать устройство бункеров, приспособленных для последующей погрузки песка в мобильный транспорт. Вместимость бункеров должна рассчитываться от 1,5 до 5,0 суток хранения песка. Для повышения эффективности отмывки песка следует применять бункеры в сочетании с напорными гидроциклонами диаметром 300 мм и напором пульпы перед гидроциклоном 0,2 МПа. Дренажная вода из песковых бункеров должна возвращаться в канал перед песколовками.

Допускается размещать бункер в отопляемом здании или предусматривать его обогрев.

**6.3.11** Для поддержания в горизонтальных песколовках постоянной скорости движения сточных вод на выходе из песколовки следует предусматривать водослив с широким порогом.

**6.3.12** Перепад уровней воды между дном песколовки и порогом водослива  $\Delta h_p$ , м, следует определять по формуле

$$\Delta h_p = \frac{h_{\max} - K_q^{2/3} h_{\min}}{K_q^{2/3} - 1}, \quad (6.22)$$

где  $h_{\max}$  и  $h_{\min}$  — глубина слоя воды при максимальном  $q_{\max}$  и минимальном  $q_{\min}$  расходах сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$K_q$  — коэффициент, выражающий отношение максимального и минимального расходов воды,  $K_q = \frac{q_{\max}}{q_{\min}}$ .

**6.3.13** Ширина водослива  $b_v$ , м, должна определяться по формуле

$$b_v = \frac{q_{\max}}{(m\sqrt{2q}) \cdot (\Delta h_p + h_{\max})^{3/2}}, \quad (6.23)$$

где  $m$  — коэффициент расхода водослива, принимаемый 0,35–0,38.

## 6.4 Усреднители

**6.4.1** Необходимость усреднения состава и расхода сточных вод следует определять технико-экономическим расчетом.

**6.4.2** Тип усреднителя (барботажный, с механическим перемешиванием, многоканальный) следует выбирать с учетом характера колебаний расхода сточных вод и концентрации загрязняющих веществ (циклические, залповые сбросы, случайные колебания произвольного спектра), а также количества взвешенных веществ.

**6.4.3** Тип усреднителя необходимо выбирать в зависимости от характера и количества нерастворенных компонентов загрязнений, а также динамики поступления сточных вод. При гашении залповых сбросов предпочтительнее конструкции многоканального типа, при произвольных колебаниях практически равноценны любые типы усреднителей. В таких случаях большую роль играют вид и количество нерастворенных загрязнений.

К многоканальным конструкциям относятся: прямоугольные, круглые, конструкции с неравномерным распределением расхода и объемов по каналам.

**6.4.4** Усреднитель-смеситель барботажного типа следует применять для усреднения сточных вод независимо от режима их поступления при содержании грубодиспергированных взвешенных веществ с концентрацией до 500 мг/дм<sup>3</sup>, гидравлической крупностью до 10 мм/с.

**6.4.5** Усреднитель-смеситель с механическим перемешиванием и отстойной зоной необходимо применять для усреднения сточных вод с содержанием взвешенных веществ более 500 мг/дм<sup>3</sup> любой гидравлической крупности. Режим поступления сточных вод — произвольный. Подача осуществляется периферийным желобом равномерно по периметру усреднителя.

**6.4.6** Усреднители следует устанавливать после отстойников или оборудовать их отстойной частью с целью облегчения эксплуатации. Расчет отстойной части необходимо производить по данным кинетики осаждения взвесей, аналогично расчету отстойников. При этом необходимо учитывать гидродинамический режим выбранного типа усреднителя.



**6.4.7** Для подавления залповых сбросов высококонцентрированных сточных вод и произвольных колебаний состава и при наличии взвешенных мелкодиспергированных веществ с концентрацией до 500 мг/дм<sup>3</sup>, гидравлической крупностью до 5 мм/с следует применять многоканальные усреднители без принудительного перемешивания. При необходимости усреднения и расхода усреднитель блокируется с аккумулирующей емкостью.

**6.4.8** Количество секций усреднителей необходимо принимать не менее двух (обе рабочие).

При наличии в сточных водах взвешенных веществ следует предусматривать мероприятия по предотвращению осаждения их в усреднителе.

**6.4.9** В усреднителях с барботированием или механическим перемешиванием при наличии в стоках легколетучих ядовитых веществ следует предусматривать перекрытие и вентиляционную систему.

**6.4.10** Объем усреднителя барботажного типа  $W_z$ , м<sup>3</sup>, при залповом сбросе следует рассчитывать по формулам:

— при  $K_{av} < 5$

$$W_z = \frac{1,3q_w t_z}{\ln\left(\frac{K_{av}}{K_{av} - 1}\right)}; \quad (6.24)$$

— при  $K_{av} \geq 5$

$$W_z = 1,3q_w t_z, \quad (6.25)$$

где  $q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$t_z$  — длительность залпового сброса, ч;

$K_{av}$  — требуемый коэффициент усреднения:

$$K_{av} = \frac{C_{max} - C_{mid}}{C_{adm} - C_{mid}}, \quad (6.26)$$

здесь  $C_{max}$  — концентрация загрязнений в залповом сбросе, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{mid}$  — средняя концентрация загрязнений в сточных водах, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{adm}$  — концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений, мг/дм<sup>3</sup>.

**6.4.11** Объем усреднителя  $W_{cir}$ , м<sup>3</sup>, при циклических колебаниях следует рассчитывать по формулам:

— при  $K_{av} < 5$

$$W_{cir} = 0,21q_w t_{cir} \cdot \sqrt{K_{av}^2 - 1}; \quad (6.27)$$

— при  $K_{av} \geq 5$

$$W_{cir} = 1,3q_w t_{cir} K_{av}, \quad (6.28)$$

где  $t_{cir}$  — период цикла колебаний, ч;

$K_{av}$  — коэффициент усреднения, определяемый по формуле (6.26).

**6.4.12** Площадь сечения выпускного отверстия  $F_n$ , м<sup>2</sup>, отводного патрубка следует определять по формуле

$$F_n = \frac{q_w}{\mu \cdot \sqrt{2gh_0}}, \quad (6.29)$$

где  $q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  — коэффициент расхода, принимаемый 0,60–0,82;

$h_0$  — высота слоя воды над отводным патрубком, м.

Каждый распределительный лоток должен оборудоваться двумя шиберами: на входе в лоток для создания оптимального режима и равномерного распределения сточной воды между лотками; и в конце лотка в торцевом придонном водосливном окне размером 20×40 см (H×B), обеспечивающим периодическую промывку лотка.

Количество распределительных лотков и размещение выпускных окон в одной или обеих стенках лотков принимается из расчета, чтобы в каждый циркуляционный поток поступало одинаковое количество жидкости.

**6.4.13** Рекомендуется сточные воды на усреднители подавать самотеком для обеспечения условий по выравниванию расхода и концентрации загрязнений.

При напорной подаче воды на усреднитель перед ним на трубопроводе необходимо устанавливать колодец гашения напора.

**6.4.14** Максимальная скорость  $u_c$ , м/с, проточного течения жидкости в усреднителе не должна превышать 0,0025 м/с и должна определяться по формуле

$$u_c = \frac{q_w}{nF_s}, \quad (6.30)$$

где  $n$  — количество секций;

$F_s$  — площадь сечения секции усреднителя, м<sup>2</sup>.

**6.4.15** С целью обеспечения равномерного распределения жидкости и воздуха вдоль усреднителя целесообразная длина секции должна быть не более 24 м. Глубина слоя воды в усреднителе из конструктивных соображений принимается в пределах от 3 до 6 м. Ширина секции усреднителя принимается не более 12 м.

**6.4.16** Барботирование следует осуществлять через перфорированные трубы, укладываемые горизонтально вдоль резервуара. При пристенном расположении барботеров расстояние от них до противоположной стены следует принимать  $1,0h - 1,5h$ , между барботерами —  $2h - 3h$ , при промежуточном расположении расстояние барботеров от стены —  $1,0h - 1,5h$ , где  $h$  — глубина погружения барботера. При переменной глубине воды в усреднителе  $h$  следует принимать при максимальном уровне.

В качестве барботеров в усреднителе рекомендуется использовать перфорированные трубы с отверстиями диаметром 3 мм (шаг 8–16 см), располагаемыми в нижней части трубы в один или два ряда под углом 45° к оси трубы.

Трубы должны укладываться на подставках высотой от 6 до 10 см. Допустимое отклонение от горизонтальной укладки труб барботеров не должно превышать  $\pm 0,015$  м так, чтобы связанная с этим неравномерность подачи воздуха по длине барботера не превысила одной трети от принятой в расчете неравномерности подачи воздуха (20 % среднего расхода воздуха).

**6.4.17** При расчете необходимо принимать:

— интенсивность барботирования при пристенных барботерах (создающих один циркуляционный поток) —  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 м, промежуточных (создающих два циркуляционных потока) —  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 м;

— интенсивность барботирования для предотвращения выпадения в осадок взвесей в пристенных барботерах — до  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 м, в промежуточных — до  $24 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 м;

— перепад давления в отверстиях барботера — от 1 до 4 кПа.

**6.4.18** Количество стояков подвода воздуха к барботеру и шаг между радиальными отверстиями перфорации для барботеров из полиэтиленовых труб следует определять в зависимости от требуемой интенсивности барботирования и заданной неравномерности подачи воздуха на основании данных, приведенных в приложении А.

В расчете следует принимать, что каждый стояк присоединен к середине обслуживаемого им участка барботера длиной  $l_{bb}$ . При расположении стояка подвода воздуха у одного из концов барботера длину обслуживаемого участка следует принимать равной  $0,5l_{bb}$ .

Расчетная глубина погружения барботера принята равной 4,3 м. Приведенные в приложении Б данные могут использоваться при изменении погружения в диапазоне от 3 до 5 м.

**6.4.19** При среднем перепаде давления на перфорированных отверстиях  $\Delta H = 1$  кПа максимальные потери в барботере не более  $\Delta H_{\max} = 2$  кПа, а при  $\Delta H = 4$  кПа — не более  $\Delta H_{\max} = 7$  кПа.

**6.4.20** Для предотвращения выпадения осадка в местах прямоугольного сопряжения днища со стенками резервуара рекомендуется заполнение этих мест тощим бетоном. При этом угол сопряжения днища с заполнением должен составлять 30°.

Возможен уклон в сторону забора воды, где должен быть предусмотрен трубопровод опорожнения секции усреднителя.

**6.4.21** На входе в усреднитель необходимо устанавливать контрольно-измерительную аппаратуру для определения расхода воды и воздуха, поступающих на сооружение.

**6.4.22** Все конструктивные узлы сооружения необходимо оборудовать трубопроводами опорожнения и предусматривать малые средства механизации для периодической чистки усреднителя.

В случае пенообразования в усреднителе допускается предусматривать нестационарную систему пеногашения усредненных сточных вод.

**6.4.23** При содержании в производственных сточных водах специфических механических примесей в цеховых каналах на выпусках из промышленных зданий или перед резервуаром-усреднителем необходимо предусматривать решетки и (или) волокнуловители, шерстеуловители для сбора волокон, шерсти, тряпок и других отходов производства.

**6.4.24** При произвольных колебаниях объем усреднителя  $W_{es}$ , м<sup>3</sup>, следует определять пошаговым расчетом (методом последовательного приближения) по формуле

$$W_{es} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{ex}) \cdot \Delta t_{st}}{\Delta C_{ex}}, \quad (6.31)$$

где  $\Delta t_{st}$  — временной шаг расчета, принимаемый равным не более 1 ч;

$\Delta C_{ex}$  — приращение концентрации на выходе усреднителя за текущий шаг расчета (может быть как положительным, так и отрицательным), г/м<sup>3</sup>.

Расчет следует начинать с неблагоприятных участков графика почасовых колебаний.

Если получающийся в результате расчета ряд  $C_{ex}$  не удовлетворяет технологическим требованиям (например, по максимальной величине  $C_{ex}$ ), расчет следует повторить при увеличенном  $W_{es}$ . Начальную величину  $W_{es}$  необходимо назначать ориентировочно исходя из оценки общего характера колебаний  $C_{ex}$ . График колебаний на входе в усреднитель  $C_{en}$  должен приниматься фактический (по данному производству или аналогу) или по технологическому заданию.

**6.4.25** Распределение сточных вод по площади усреднителя барботажного типа должно быть максимально равномерным с использованием системы каналов и подающих лотков с придонными отверстиями или треугольными водосливами при скорости течения в лотке не менее 0,4 м/с.

**6.4.26** Объем усреднителя с механическим перемешиванием должен рассчитываться аналогично объему усреднителя барботажного типа.

**6.4.27** Многоканальные усреднители с заданным распределением сточных вод по каналам следует применять для выравнивания залповых сбросов сточных вод с содержанием взвешенных веществ гидравлической крупностью до 5 мм/с при концентрации до 500 мг/дм<sup>3</sup>.

**6.4.28** Объем  $W_{av}$ , м<sup>3</sup>, многоканальных усреднителей при залповых сбросах высококонцентрированных сточных вод следует рассчитывать по формуле

$$W_{av} = \frac{q_w t_z K_{av}}{2}, \quad (6.32)$$

где  $q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$t_z$  — длительность залпового сброса, ч;

$K_{av}$  — коэффициент усреднения.

**6.4.29** Для снижения расчетных расходов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, допускается устройство регулирующих резервуаров.

**6.4.30** Регулирующие резервуары следует размещать после решеток и песколовков с подачей в них сточных вод через разделительную камеру, отделяющую расход, превышающий усредненный.

**6.4.31** Конструкцию регулирующих резервуаров следует принимать аналогичной первичным отстойникам с соответствующими устройствами для удаления осадка и перекачкой осветленной воды на последующие сооружения для ее очистки в часы минимального притока.

**6.4.32** Оптимальную величину зарегулированного расчетного расхода следует определять технико-экономическим расчетом, подбирая последовательно ряд значений коэффициентов неравномерности после регулирования  $K_{reg}$ , объемов регулирующего резервуара и объемов сооружений для очистки сточных вод и вспомогательных сооружений (воздуходувной и насосных станций и т. д.).

**6.4.33** Подбор значений коэффициентов неравномерности поступления сточных вод  $K_{reg}$  после регулирования объемов регулирующего резервуара  $W_{reg}$  следует выполнять по соотношениям:

$$\gamma_{reg} = \frac{K_{reg}}{K_{gen}}, \quad (6.33)$$

$$\tau_{reg} = \frac{W_{reg}}{q_{mid}}, \quad (6.34)$$

где  $K_{gen}$  — общий коэффициент неравномерности поступления сточных вод;  
 $q_{mid}$  — среднечасовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч.

Зависимость между  $\gamma_{reg}$  и  $\tau_{reg}$  допускается принимать по таблице 6.5.

**Таблица 6.5**

|                |   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| $\gamma_{reg}$ | 1 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,67 | 0,65 |
| $\tau_{reg}$   | 0 | 0,24 | 0,50 | 0,90 | 1,50 | 2,15 | 3,30 | 4,40 |

**6.4.34** При необходимости усреднения расхода и концентрации сточных вод объем усреднителя и концентрацию загрязняющих веществ необходимо определять пошаговым расчетом.

Приращение объема водной массы  $\Delta W$ , м<sup>3</sup>, и концентрации  $\Delta C$ , г/м<sup>3</sup>, на текущем шаге расчета следует определять по формулам:

$$\Delta W = (q_{en} - q_{ex}) \cdot \Delta t, \quad (6.35)$$

$$\Delta C = \frac{q_{en} \cdot (C_{en} - C_{ex}) \cdot \Delta t}{W_{av}}, \quad (6.36)$$

где  $q_{en}$ ,  $q_e$  — расходы сточных вод, м<sup>3</sup>/ч, на предыдущем шаге расчета;  
 $C_{en}$ ,  $C_{ex}$  — концентрации загрязняющих веществ, мг/дм<sup>3</sup>, на предыдущем шаге расчета;  
 $W_{av}$  — объем усреднителя в момент расчета, м<sup>3</sup>.

## 6.5 Отстойники

**6.5.1** Тип отстойника (вертикальный, радиальный, горизонтальный, двухъярусный и др.) следует выбирать с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки их осадка, производительности станции, очередности строительства, количества эксплуатируемых единиц, конфигурации и рельефа площадки, геологических условий, уровня грунтовых вод и т. п.

Рекомендуется применять:

— горизонтальные отстойники на станциях очистки сточных вод производительностью более 15 000 м<sup>3</sup>/сут;

— вертикальные отстойники на станциях очистки сточных вод производительностью до 20 000 м<sup>3</sup>/сут;

— радиальные отстойники на станциях очистки сточных вод производительностью более 20 000 м<sup>3</sup>/сут;

— двухъярусные отстойники на станциях очистки сточных вод производительностью до 20 000 м<sup>3</sup>/сут.

**6.5.2** Количество отстойников при условии, что все отстойники являются рабочими, следует принимать: первичных — не менее двух, вторичных — не менее трех. При минимальном числе их расчетный объем необходимо увеличивать от 1,2 до 1,3 раза.

При условии суточного расхода сточных вод 500 м<sup>3</sup> и менее и биологической очистки в естественных условиях допускается принимать один двухъярусный отстойник. При суточном расходе сточных вод более 500 м<sup>3</sup> количество отстойников следует принимать по расчету.

**6.5.3** Расчет отстойников следует производить по кинетике осаждения взвешенных веществ с учетом требуемого эффекта осветления и коэффициента использования объема сооружения. Концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах, подаваемых на сооружения биологической очистки с целью полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимической деструкции, не должна превышать 150 мг/дм<sup>3</sup> в осветленных сточных водах. В указанных выше сооружениях при наличии в сточной воде взвешенных веществ более 300 мг/дм<sup>3</sup> следует предусматривать интенсификацию первичного отстаивания.

Содержание взвешенных веществ в сточной воде, подаваемой на двухступенчатые аэротенки с полной минерализацией ила и в системы с биологическим удалением азота и фосфора, не нормируется и должно определяться технологическими требованиями.

Желоба двухъярусных отстойников следует рассчитывать как горизонтальные из условия продолжительности отстаивания 1,5 ч.

Расчет вторичных отстойников после биологической очистки следует производить по 7.8.

**6.5.4** Расчетное значение гидравлической крупности  $u_0$ , мм/с, необходимо определять по кривым кинетики отстаивания  $\Theta = f(t)$ , получаемым экспериментально, с приведением полученного в лабораторных условиях значения к высоте слоя, равной глубине проточной части отстойника, по формуле

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (6.37)$$

где  $H_{set}$  — глубина проточной части в отстойнике, м;

$K_{set}$  — коэффициент использования объема проточной части отстойника, определяющий гидравлическую эффективность отстойника, принимаемый в зависимости от конструкции водораспределительных и водосборных устройств по указаниям организаций-разработчиков; при отсутствии указанных данных допускается величину  $K_{set}$  принимать по таблице 6.8;

$t_{set}$  — продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое  $h_1$ ; для городских сточных вод данную величину допускается принимать по таблице 6.6;

$n_2$  — показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения; для городских сточных вод следует определять по графику, изображенному на рисунке 6.1.

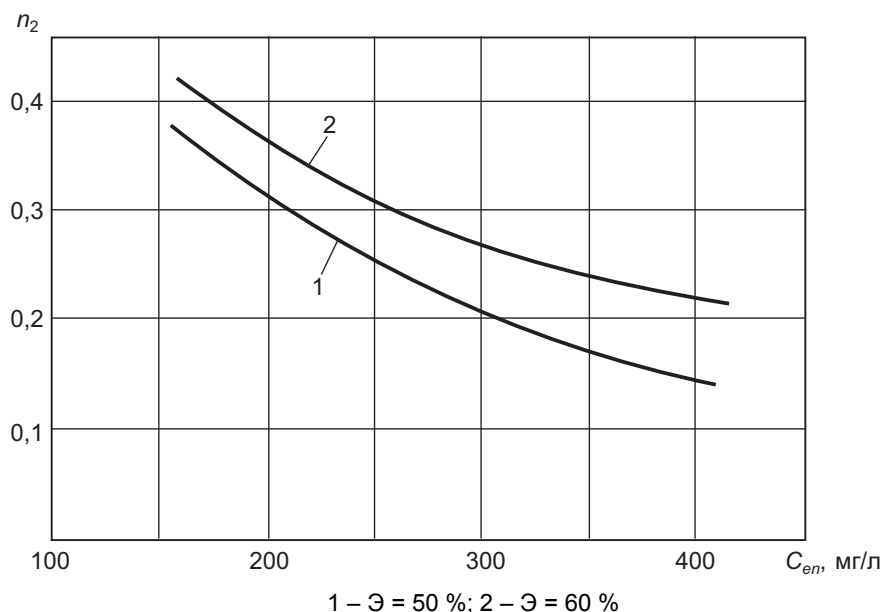
Таблица 6.6

| Эффект осветления, % | Продолжительность отстаивания $t_{set}$ , с, в слое $h_1 = 500$ мм, при температуре 15 °С и при концентрации взвешенных веществ, мг/л |      |      |
|----------------------|---|------|------|
|                      | 200   | 300  | 500  |
| 20                   | 300   | —    | —    |
| 30                   | 540   | 320  | 260  |
| 40                   | 650   | 450  | 390  |
| 50                   | 900   | 640  | 450  |
| 60                   | 1200  | 970  | 680  |
| 70                   | 3600  | 2600 | 1830 |

Показатель степени  $n_2$ , зависящий от природы загрязнений, в том числе и от агломерируемости взвесей для промышленных сточных вод, следует определять по полученным экспериментально кривым кинетики отстаивания в слоях  $h_1$  и  $h_2$  по формуле

$$n_2 = \frac{\lg t_2 - \lg t_1}{\lg h_2 + \lg h_1}. \quad (6.38)$$

Расчет и проектирование сооружений для механической очистки промышленных сточных вод следует производить на основании данных технологических изысканий, данных эксплуатации действующих очистных сооружений промышленных предприятий, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации, результатов научных исследований, включая данные, полученные при очистке сточных вод на экспериментальных и опытных установках. При отсутствии указанных выше данных допускается принимать величину гидравлической крупности примесей производственных сточных вод от 0,25 до 0,30 мм/с.



**Рисунок 6.1 — Зависимость показателя степени  $n_2$  от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания**

**6.5.5** Расчет отстойников для сточных вод, содержащих загрязняющие вещества легче воды (нефтепродукты, масла, жиры и т. п.), следует выполнять с учетом гидравлической крупности всплывающих частиц.

При наличии в воде частиц тяжелее и легче воды за расчетную величину следует принимать меньшую гидравлическую крупность.

**6.5.6** В случае, когда температура сточной воды в производственных условиях отличается от температуры воды, при которой определялась кинетика отстаивания, необходимо вводить поправку:

$$u_0^t = \frac{\mu_{lab}}{\mu_{pr}} \cdot u_0, \quad (6.39)$$

где  $\mu_{lab}$  — коэффициент вязкости воды, Н·с/м<sup>2</sup>, при соответствующих температурах в лабораторных условиях, принимаемый по таблице 6.7;

$\mu_{pr}$  — коэффициент вязкости воды, Н·с/м<sup>2</sup>, при соответствующих температурах в производственных условиях, принимаемый по таблице 6.7;

$u_0$  — гидравлическая крупность частиц, мм/с, полученная по формуле (6.37).

**Таблица 6.7 — Коэффициент вязкости воды, Н·с/м<sup>2</sup>, при соответствующих температурах**

| Температура воды, °С                                      | 60    | 50    | 40    | 30    | 25    | 20    | 15    | 10    | 5     | 0     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Коэффициент вязкости $\mu$ , $10^{-3}$ Н·с/м <sup>2</sup> | 0,469 | 0,549 | 0,656 | 0,801 | 0,894 | 1,010 | 1,140 | 1,308 | 1,519 | 1,702 |

**6.5.7** Основные расчетные параметры отстойников следует определять по таблице 6.8.

**Таблица 6.8**

| Тип отстойника | Коэффициент использования объема $K_{set}$ | Рабочая глубина части $H_{set}$ , м | Ширина $B_{set}$ , м  | Скорость рабочего потока $V_w$ , мм/с | Уклон дна к иловому приемку |
|----------------|--|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Горизонтальный | 0,50                                       | 1,5–4,0                             | $2H_{set} - 5H_{set}$ | 5–10                                  | 0,005–0,050                 |
| Радиальный     | 0,45                                       | 1,5–5,0                             | —                     | 5–10                                  | 0,005–0,050                 |
| Вертикальный   | 0,35                                       | 2,7–3,8                             | —                     | —                                     | —                           |

Окончание таблицы 6.8

| Тип отстойника   | Коэффициент использования объема $K_{set}$ | Рабочая глубина части $H_{set}$ , м | Ширина $B_{set}$ , м | Скорость рабочего потока $V_w$ , мм/с | Уклон дна к иловому прямку |
|--|--|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| С вращающимся сборно-распределительным устройством                   | 0,85                                       | 0,8–1,2                             | —                    | —                                     | 0,050                      |
| С нисходяще-восходящим потоком                                       | 0,65                                       | 2,7–3,8                             | —                    | $2u_0 - 3u_0$                         | —                          |
| С тонкослойными блоками:<br>противоточная (прямоточная) схема работы | 0,50–0,70                                  | 0,025–0,200                         | 2,0–6,0              | 5–10                                  | —                          |
| перекрестная схема работы  | 0,80                                       | 0,025–0,200                         | 1,5                  | 5–10                                  | 0,005                      |

**6.5.8** Производительность одного отстойника  $q_{set}$ , м<sup>3</sup>/ч, следует определять исходя из заданных геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

— для горизонтальных отстойников

$$q_{set} = 3,6K_{set}L_{set}B_{set} \cdot (u_0 - V_{tb}); \quad (6.40)$$

— для отстойников радиальных, вертикальных и с вращающимся сборно-распределительным устройством

$$q_{set} = 2,8K_{set} \cdot (D_{set}^2 - d_{en}^2) \cdot (u_0 - V_{tb}); \quad (6.41)$$

— для отстойников с нисходяще-восходящим потоком

$$q_{set} = 1,41K_{set}D_{set}^2 u_0; \quad (6.42)$$

— для отстойников с тонкослойными блоками при перекрестной схеме работы

$$q_{set} = \frac{7,2K_{set}H_{bl}L_{bl}B_{bl}u_0}{K_{dis}h_{ti}}; \quad (6.43)$$

— то же, при противоточной схеме работы

$$q_{set} = 3,6K_{set}H_{bl}B_{bl}V_w; \quad (6.44)$$

где  $K_{set}$  — коэффициент использования объема, принимаемый по таблице 6.8;

$L_{set}$  — длина секции, отделения, м;

$L_{bl}$  — длина тонкослойного блока (модуля), м;

$B_{set}$  — ширина секции, отделения, м;

$B_{bl}$  — ширина тонкослойного блока, м; назначается исходя из допустимого прогиба пластины  $\Delta p$  (от 3 до 5 мм), при наклоне под углом сползания осадка;

$D_{set}$  — диаметр отстойника, м;

$d_{en}$  — диаметр впускного устройства, м;

$u_0$  — гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с, определяемая по формуле (6.37);

$V_{tb}$  — турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая в зависимости от скорости рабочего потока в отстойнике  $V_w$ , мм/с.

*Примечание* — Величину турбулентной составляющей  $V_{tb}$ , мм/с, в зависимости от скорости рабочего потока  $V_w$ , мм/с, следует определять по таблице 6.9;

$H_{bl}$  — высота тонкослойного блока, м;

$h_{ti}$  — высота яруса тонкослойного блока (модуля), м;

$K_{dis}$  — коэффициент сноса выделенных частиц, принимаемый при плоских пластинах равным 1,2, при рифленых пластинах — 1,0.

Таблица 6.9

|                 |      |       |       |
|-----------------|------|-------|-------|
| $V_w$ , мм/с    | 5,00 | 10,00 | 15,00 |
| $V_{tb}$ , мм/с | 0    | 0,05  | 0,10  |

**6.5.9** Основные конструктивные параметры:

а) для горизонтальных и радиальных отстойников:

- 1) впуск исходной и сбор осветленной воды — равномерные по ширине (периметру) впускного и сборного устройств отстойника;
- 2) высота нейтрального слоя: для первичных отстойников — на 0,3 м выше днища (на выходе из отстойника), для вторичных — 0,3 м, глубина слоя ила — от 0,3 до 0,5 м;
- 3) угол наклона стенок илового приямка — от 50° до 55°;

б) для вертикальных отстойников:

- 1) длина центральной трубы — равная глубине зоны отстаивания;
- 2) скорость движения рабочего потока в центральной трубе — не более 30 мм/с;
- 3) диаметр раструба — 1,35 диаметра трубы;
- 4) диаметр отражательного щита — 1,3 диаметра раструба;
- 5) угол конусности отражательного щита — 146°;
- 6) скорость рабочего потока между раструбом и отражательным щитом: не более 20 мм/с — для первичных отстойников и не более 15 мм/с — для вторичных отстойников;
- 7) высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и уровнем осадка — 0,3 м;
- 8) угол наклона конического днища — от 50° до 60°;

в) для отстойников с нисходяще-восходящим потоком:

- 1) площадь зоны нисходящего потока — равная площади зоны восходящего потока;
- 2) высота перегородки, разделяющей зоны, — равная  $2/3 H_{set}$ ;
- 3) уровень верхней кромки перегородки — выше уровня воды на 0,3 м, но не выше стенки отстойника;
- 4) распределительный лоток переменного сечения — внутри разделительной перегородки. Начальное сечение лотка следует рассчитывать на пропуск расчетного расхода потока со скоростью не менее 0,5 м/с, в конечном сечении скорость потока — не менее 0,1 м/с. Для равномерного распределения воды кромку водослива распределительного лотка следует выполнять в виде треугольных водосливов через 0,5 м;

г) для отстойников с тонкослойными блоками — угол наклона пластин от 45° до 60°.

**6.5.10** Для отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством  $V_{tb}$  равно 0.

При проектировании отстойников данного типа должна рассчитываться форма перегородки, разделяющая распределительный и водоприемный лоток. Форма этой перегородки может быть выражена через изменяющуюся ширину  $B_p$  распределительного лотка по формуле

$$B_p = m\sqrt{R_n^2 - l_n^2}, \quad (6.45)$$

где  $m$  — коэффициент, изменяемый в пределах от 1/11 до 1/12;

$$R_n = 0,5D_{set} - b_3, \quad (6.46)$$

здесь  $b_3$  — зазор между стенкой и фермой, принимаемый равным от 0,10 до 0,15 м; $l_n$  — удаление расчетного створа лотка от центра отстойника, м.

Количество струенаправляющих лопаток  $n_n$  определяется конструктивно при соблюдении следующего соотношения:

$$2r_n - (2n_n + 1) = L_p, \quad (6.47)$$

где  $r_n$  — шаг струенаправляющих лопаток, принимаемый от 0,100 до 0,125 м; $L_p$  — длина распределительного лотка, м.



Количество лопаток  $n_n$  не следует принимать более 24 шт. Изменение высоты водослива по длине водоприемного лотка зависит от изменения по радиусу расхода воды, удаляемой из отстойника. Высота водослива  $h_{сб}$  по мере удаления от центра отстойника рассчитывается по формуле затопленного водослива с тонкой стенкой:

$$h_{сб} = 1,24 \cdot \left( \frac{q_{set}}{R_{set}^2} \cdot l_n \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (6.48)$$

где  $R_{set}$  — радиус отстойника, м.

Период вращения  $T$ , с, водораспределительного устройства зависит от требуемой степени очистки и должен рассчитываться при привязке отстойника к конкретным условиям эксплуатации по формуле

$$T = \frac{1000H_{set}K_{set}}{u_0}. \quad (6.49)$$

**6.5.11** Для интенсификации процесса осветления существующие отстойники (горизонтальные, радиальные, вертикальные) могут быть дополнены блоками из тонкослойных элементов. В этом случае блоки необходимо располагать на выходе воды из отстойника перед водосборным лотком.

**6.5.12** Количество задерживаемого отстойниками осадка  $Q_{mud}$ , м<sup>3</sup>/ч, следует определять исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающей воде  $C_{en}$  и концентрации взвешенных веществ в осветленной воде  $C_{ex}$  по формуле

$$Q_{mud} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \quad (6.50)$$

где  $q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$p_{mud}$  — влажность осадка, %;

$\gamma_{mud}$  — плотность осадка, г/см<sup>3</sup>.

**6.5.13** Удаление осадка из отстойников допускается непрерывное или периодическое.

Интервал времени при периодическом удалении осадка следует устанавливать исходя из объема образующегося осадка и вместимости зоны его накопления.

Вместимость приемков первичных и вторичных отстойников после биофильтров при гидростатическом удалении осадка следует предусматривать не более его двухсуточного объема, вторичных отстойников после аэротенков — не более двухчасового пребывания активного ила.

При механизированном удалении осадка вместимость зоны накопления его в первичных отстойниках следует принимать по количеству выпавшего осадка за период не более 8 ч.

**6.5.14** Перемещение выпавшего осадка к приемкам следует предусматривать механическим или гидромеханическим способом либо созданием соответствующего наклона днища.

**6.5.15** Удаление осадка из приемка отстойника следует предусматривать самотеком, под гидростатическим давлением насосами, предназначенными для перекачки жидкости с большим содержанием взвешенных веществ, гидроэлеваторами, эрлифтами, ковшовыми элеваторами, грейферами.

Гидростатическое давление, кПа, при удалении осадка из отстойников бытовых сточных вод необходимо принимать не менее:

15 — для первичных отстойников;

12 — для вторичных отстойников;

9 — после биофильтров;

9 — после аэротенков.

Для вторичных отстойников рекомендуется предусматривать возможность изменения высоты гидростатического давления.

Диаметр труб для удаления осадка необходимо принимать не менее 200 мм.

**6.5.16** Влажность осадка бытовых сточных вод следует принимать равной 95 % для всех типов первичных отстойников при самотеке (под гидростатическим давлением) и от 93,5 % до 94,0 % — при удалении плунжерными насосами.

Влажность осадка производственных сточных вод следует принимать по экспериментальным данным.

**6.5.17** Для удержания всплывших загрязняющих веществ перед водосборным устройством следует предусматривать полупогруженные перегородки и удаление накопленных на поверхности воды веществ.

Глубина погружения перегородки под уровень воды должна быть не менее 0,3 м.

Высоту борта отстойника над поверхностью воды следует принимать 0,3 м.

**6.5.18** Кромку водослива на водоприемных (сборных) лотках следует предусматривать регулируемой по высоте.

Нагрузка на 1 м водослива во вторичных отстойниках не должна превышать 10 л/с.

## **6.6 Двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели**

**6.6.1** Двухъярусные отстойники следует предусматривать одинарные или спаренные. В спаренных отстойниках следует обеспечивать возможность изменения направления движения сточных вод в осадочных желобах.

**6.6.2** Двухъярусные отстойники следует проектировать согласно 6.5.1 – 6.5.3, 6.5.12 – 6.5.18. При этом следует принимать:

— свободную поверхность водного зеркала для всплывания осадка — не менее 20 % площади отстойника в плане;

— расстояние между стенками соседних осадочных желобов — не менее 0,5 м;

— наклон стенок осадочного желоба к горизонту — не менее 50°; стенки должны перекрывать одна другую не менее чем на 0,15 м;

— глубину осадочного желоба — от 1,2 до 2,5 м, ширину щели осадочного желоба — 0,15 м;

— высоту нейтрального слоя от щели желоба до уровня осадка в септической камере — 0,5 м;

— уклон конического днища септической камеры — не менее 30°;

— влажность удаляемого осадка — 90 %;

— распад беззольного вещества осадка — 40 %;

— эффективность задержания взвешенных веществ — от 40 % до 50 %.

**6.6.3** Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников следует определять по таблице 6.10.

**Таблица 6.10**

| Средняя зимняя температура сточных вод, °С   | 6   | 7  | 8,5 | 10 | 12 | 15 | 20 |
|--|-----|----|-----|----|----|----|----|
| Вместимость септической камеры, л/(чел.·год)   | 110 | 95 | 80  | 65 | 50 | 30 | 15 |
| <i>Примечания</i>  |     |    |     |    |    |    |    |
| 1 Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников должна быть увеличена на 70 % при подаче в нее ила из аэротенков и высоконагружаемых биофильтров и на 30 % — при подаче ила из отстойников после капельных биофильтров. Впуск ила должен производиться на глубине 0,5 м ниже щели желобов. |     |    |     |    |    |    |    |
| 2 Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников для осветления сточной воды при подаче ее на поля фильтрации допускается уменьшать не более чем на 20 %.   |     |    |     |    |    |    |    |

**6.6.4** При среднегодовой температуре воздуха до 3,5 °С двухъярусные отстойники с пропускной способностью до 500 м<sup>3</sup>/сут должны быть размещены в отапливаемых помещениях, при среднегодовой температуре воздуха от 3,5 °С до 6 °С и пропускной способности до 100 м<sup>3</sup>/сут — в неотапливаемых помещениях.

**6.6.5** Осветлители-перегниватели следует проектировать в виде комбинированного сооружения, состоящего из осветлителя с естественной аэрацией, концентрически располагаемого внутри перегнивателя.

**6.6.6** Осветлители следует проектировать в виде вертикальных отстойников с внутренней камерой флокуляции, с естественной аэрацией за счет разности уровней воды в распределительной чаше и осветлителе.

При проектировании осветлителей необходимо принимать:

— диаметр осветлителя — не более 9 м;

— разность уровней воды в распределительной чаше и осветлителе — 0,6 м, без учета потерь напора в коммуникациях;

— вместимость камеры флокуляции — на пребывание в ней сточных вод не более 20 мин;

— глубину камеры флокуляции — от 4 до 5 м;

- скорость движения воды в зоне отстаивания — от 0,8 до 1,5 мм/с;
- скорость движения воды в центральной трубе — от 0,5 до 0,7 м/с;
- диаметр нижнего сечения камеры флокуляции — исходя из средней скорости от 8 до 10 мм/с;
- расстояние между нижним краем камеры флокуляции и поверхностью осадка в иловой части — не менее 0,6 м;
- уклон днища осветлителя — не менее 50°;
- снижение концентрации загрязняющих веществ по взвешенным веществам — до 70 % и по БПК<sub>5</sub> — до 15 %.

**6.6.7** При проектировании перегнивателей следует принимать:

- вместимость перегнивателя по суточной дозе загрузки осадка — в зависимости от влажности осадка и среднезимней температуры сточных вод;
- суточную дозу загрузки осадка — по таблице 6.11;
- ширину кольцевого пространства между наружной поверхностью стен осветлителя и внутренней поверхностью стен перегнивателя — не менее 0,7 м;
- уклон днища — не менее 30°;
- разрушение корки гидромеханическим способом — путем подачи осадка в кольцевой трубопровод под давлением через сопла, наклоненные под углом 45° к поверхности осадка.

**Таблица 6.11**

|  |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя температура сточных вод или осадка, °С   | 6,0  | 7,0  | 8,5  | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 |
| Суточная доза загрузки осадка, %   | 0,72 | 0,85 | 1,02 | 1,28 | 1,70 | 2,57 | 5,00 |
| <p><i>Примечания</i></p> <p>1 Суточная доза загрузки указана для осадка влажностью 95 %. При влажности <math>p_{mud}</math>, отличающейся от 95 %, суточная доза загрузки уточняется умножением табличного значения на отношение <math>\frac{5}{100 - p_{mud}}</math>.</p> <p>2 Суточная доза загрузки осадка производственных сточных вод устанавливается экспериментально.</p> |      |      |      |      |      |      |      |

## 6.7 Септики

**6.7.1** Септики следует применять для механической очистки сточных вод, поступающих на поля подземной фильтрации, в песчано-гравийные фильтры, в фильтрующие траншеи и колодцы, при расходе сточных вод не более 25 м<sup>3</sup>/сут.

**6.7.2** Выпуски из зданий должны присоединяться к септикам через смотровые колодцы.

**6.7.3** Проектирование септиков следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-51.

**6.7.4** При необходимости обеззараживания сточных вод, выходящих из септика, следует предусматривать контактную камеру, размер которой в плане следует принимать не менее 0,75×1,00 м.

## 6.8 Гидроциклоны

**6.8.1** Для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ допускается применять открытые и напорные гидроциклоны.

**6.8.2** Открытые гидроциклоны необходимо применять для выделения всплывающих и оседающих грубодисперсных примесей гидравлической крупностью более 0,2 мм/с и скоагулированной взвеси.

Напорные гидроциклоны следует применять для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, главным образом минерального происхождения.

Гидроциклоны могут быть использованы в процессах осветления сточных вод, сгущения осадков, обогащения известкового молока, отмывки песка от органических веществ, в том числе нефтепродуктов.

При осветлении сточных вод аппараты малых размеров обеспечивают больший эффект очистки. При сгущении осадков минерального происхождения следует применять гидроциклоны диаметром более 150 мм.

**6.8.3** Для расчета и проектирования установок с открытыми гидроциклонами должны быть заданы те же параметры по расходу очищаемых сточных вод и по содержанию в них загрязняющих веществ, что и для отстойников.

Гидравлическая крупность частиц, которые необходимо выделить для обеспечения требуемого эффекта очистки, определяется при высоте слоя воды, равной 200 мм. Для многоярусных гидроциклонов слой отстаивания должен быть равен высоте яруса.

**6.8.4** Основной расчетной величиной открытых гидроциклонов является удельная гидравлическая нагрузка.

**6.8.5** Удельную гидравлическую нагрузку  $q_{hc}$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , для открытых гидроциклонов следует определять по формуле

$$q_{hc} = 3,6K_{hc}u_0, \quad (6.51)$$

где  $u_0$  — гидравлическая крупность частиц, которые необходимо выделить для обеспечения требуемого эффекта,  $\text{мм/с}$ ;

$K_{hc}$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от типа гидроциклона и равный для гидроциклонов:

— без внутренних устройств — 0,61;

— с конической диафрагмой и внутренним цилиндром — 1,98;

— многоярусного с центральными выпусками:

$$K_{hc} = \frac{0,75n_{ti} \cdot (D_{hc}^2 - d_d^2)}{D_{hc}^2}, \quad (6.52)$$

здесь  $n_{ti}$  — количество ярусов;

$D_{hc}$  — диаметр гидроциклона,  $\text{м}$ ;

$d_d$  — диаметр окружности, на которой располагаются раструбы выпусков,  $\text{м}$ ;

— многоярусного с периферийным отбором осветленной воды:

$$K_{hc} = \frac{1,5n'_{ti} \cdot (D_{hc}^2 - d_d^2)}{D_{hc}^2}, \quad (6.53)$$

здесь  $n'_{ti}$  — количество пар ярусов;

$d_d$  — диаметр отверстия средней диафрагмы пары ярусов,  $\text{м}$ .

**6.8.6** Производительность одного аппарата  $Q_{hc}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , следует определять по формуле

$$Q_{hc} = 0,785q_{hc}D_{hc}^2. \quad (6.54)$$

**6.8.7** Исходя из общего количества сточных вод  $Q_w$ , определяется количество рабочих единиц гидроциклонов:  $N = Q_w / Q_{hc}$ . Основные параметры гидроциклонов определяются после назначения диаметра аппарата и определения их общего количества.

Угол наклона образующей конических диафрагм в открытых гидроциклонах в каждом конкретном случае должен задаваться в зависимости от свойств выделяемого осадка, но не менее  $45^\circ$ . Диафрагмы в открытых гидроциклонах могут быть выполнены как из стали, так и из неметаллических материалов: ткань, пластик и т. д.

В распределительном канале пропорционального водораспределительного устройства многоярусного гидроциклона скорость восходящего потока должна быть не менее  $0,4 \text{ м/с}$ .

Основные параметры гидроциклонов приведены в приложении Б.

**6.8.8** При расположении гидроциклонов над поверхностью земли и удалении осадка под гидравлическим напором, отвод осадка производится с разрывом струи через коническую насадку, присоединенную к шламовому патрубку через задвижку. Диаметр шламовой насадки подбирается при наладке сооружения. Для предупреждения засорения насадки крупными загрязнениями перед ней, но после задвижки устанавливается камера, в которой располагается решетка, набранная из металлической полоски с прозорами от 6 до 8 мм.

Для равномерного распределения воды между гидроциклонами их водосливные кромки должны располагаться на одной отметке, а на подводящих трубопроводах должны быть установлены водоизмерительные устройства.

**6.8.9** Удаление выделенного осадка из открытых гидроциклонов следует предусматривать непрерывным под гидростатическим давлением, гидроэлеваторами или механизированными средствами.

Всплывающие примеси, масла и нефтепродукты необходимо задерживать полупогруженной перегородкой.

Для примерного расчета потерь воды с выделяемым осадком следует принимать:

0,07 $Q_{hc}$ –0,08 $Q_{hc}$  — для гидроциклонов диаметром, мм менее 100;

0,03 $Q_{hc}$ –0,04 $Q_{hc}$  — то же более 100.

**6.8.10** На очистных сооружениях для сгущения сточных вод и осадков используются напорные гидроциклоны.

При проектировании напорных гидроциклонов расчет следует производить в зависимости от режима их работы:

— при свободном истечении очищенной воды и отведении шлама в атмосферу  $P_{вх} = P_a$ ;  $P_{шл} = P_a$ ;

— при наличии противодействия со стороны трубопровода для отведения очищенной воды и свободном истечении шлама  $P_{вх} > P_a$ ;  $P_{шл} = P_a$ ;

— при противодействии со стороны трубопроводов для отведения очищенной воды и для отведения шлама  $P_{вх} > P_a$ ;  $P_{шл} > P_a$ .

Режим работы гидроциклонов следует учитывать при расчете конструктивных и технологических параметров.

**6.8.11** Основные размеры напорного гидроциклона определяются по данным заводов-изготовителей, при этом должны учитываться диаметр питающего  $d_{en}$  и сливного  $d_{ex}$  патрубков. Следует принимать соотношения:  $d_{en}/d_{ex}$  в пределах от 0,5 до 1,0;  $d_{en}/D_{hc}$  — от 0,12 до 0,40.

Диаметр питающего патрубка  $d_{en}$  определяется по формуле

$$d_{en} \leq \left( \frac{D_{hc} - d_{ex}}{2} \right) - \Delta, \quad (6.55)$$

где  $\Delta$  — толщина стенки сливного патрубка.

Диаметр шламowego патрубка  $d_{шл}$  назначается из соотношения  $d_{шл}/d_{ex}$  в пределах от 0,2 до 1,0 (для предупреждения засорения шламowego патрубка его минимальный диаметр должен в 6–8 раз превышать максимальный размер частиц загрязнений).

Высота цилиндрической части для гидроциклонов осветлителей  $H_c$  должна приниматься в пределах от  $2D_{hc}$  до  $4D_{hc}$ ; для гидроциклонов сгустителей — от  $1D_{hc}$  до  $2D_{hc}$ .

Угол конусности  $\alpha$  конической части следует принимать для гидроциклонов осветлителей от  $5^\circ$  до  $15^\circ$ , для гидроциклонов сгустителей — от  $20^\circ$  до  $45^\circ$ .

**6.8.12** Расчет напорных гидроциклонов следует производить исходя из крупности задерживаемых частиц  $\delta$  и их плотности.

Диаметр гидроциклона  $D'_{hc}$  следует определять по таблице 6.12.

Таблица 6.12

| $D'_{hc}$ , мм | 25   | 40    | 60    | 80    | 100   | 125   | 160   | 200   | 250    | 320    | 400    | 500    |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| $\delta$ , мкм | 8–25 | 10–30 | 15–35 | 18–40 | 20–50 | 25–60 | 30–70 | 35–85 | 40–110 | 45–150 | 50–170 | 55–200 |

**6.8.13** Основные размеры напорного гидроциклона следует принимать по данным заводов-изготовителей.

Давление, МПа, на входе в напорный гидроциклон следует принимать:

— от 0,15 до 0,40 — при одноступенчатых схемах осветления и сгущения осадков и многоступенчатых установках, работающих с разрывом струи;

— от 0,35 до 0,60 — при многоступенчатых схемах, работающих без разрыва струи.

Число резервных аппаратов следует принимать:

— при очистке сточных вод и уплотнении осадков, твердая фаза которых не обладает абразивными свойствами: один — при количестве рабочих аппаратов до 10, два — при количестве рабочих аппаратов до 15 и по одному на каждые 10 — при количестве рабочих аппаратов св. 15;

— при очистке сточных вод и осадков с абразивной твердой фазой — 25 % от количества рабочих аппаратов.

**6.8.14** Производительность напорных гидроциклонов  $Q'_{hc}$ , м<sup>3</sup>/ч, назначенных размеров следует рассчитывать по формуле

$$Q'_{hc} = 9,58 \cdot 10^3 d_{en} d_{ex} \sqrt{g \Delta P}, \quad (6.56)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\Delta P$  — потери давления в гидроциклоне, МПа;

$d_{en}$ ,  $d_{ex}$  — диаметры питающего и сливного патрубков, мм.

**6.8.15** В зависимости от требуемой эффективности очистки сточных вод и степени сгущения осадков обработка в напорных гидроциклонах может осуществляться в одну, две или три ступени путем последовательного соединения аппаратов с разрывом и без разрыва струи.

Для сокращения потерь воды с удаляемым осадком шламовый патрубок гидроциклона первой ступени следует герметично присоединять к шламовому резервуару.

На первой ступени следует использовать гидроциклоны больших размеров для задержания основной массы взвешенных веществ и крупных частиц взвеси, которые могут засорить гидроциклоны малых размеров, используемые на последующих ступенях установки.

**6.8.16** Потери воды с выделенным осадком, удаляемым через шламовую насадку  $q_{шл}$ ,  $\text{дм}^3/\text{с}$ , определяются по уравнению

$$q_{шл} = 0,026 \cdot \frac{D_{hc}^{1,45} d_{en}^{0,24} d_{шл}^{0,286} H_{ц}^{0,09}}{d_{ex}^{2,318} \alpha^{0,46} P_{en}^{0,32}}. \quad (6.57)$$

## 6.9 Центрифуги

**6.9.1** Осадительные центрифуги непрерывного или периодического действия следует применять для выделения из сточных вод мелкодисперсных взвешенных веществ, когда для их выделения не могут быть применены реагенты, а также при необходимости извлечения из осадка ценных продуктов и их утилизации.

Центрифуги непрерывного действия следует применять для очистки сточных вод с расходом до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , когда требуется выделить частицы гидравлической крупностью  $0,20 \text{ мм/с}$  (противоточные) и  $0,05 \text{ мм/с}$  (прямоточные); центрифуги периодического действия — для очистки сточных вод, расход которых не превышает  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ , при необходимости выделения частиц гидравлической крупностью  $0,05\text{--}0,01 \text{ мм/с}$ .

Концентрация механических загрязняющих веществ не должна превышать  $2\text{--}3 \text{ г/дм}^3$ .

**6.9.2** Подбор необходимого типоразмера осадительной центрифуги необходимо производить по величине требуемого фактора разделения  $F_r$ , при котором обеспечивается наибольшая степень очистки. Фактор разделения  $F_r$  и продолжительность центрифугирования  $t_{cf}$ , с, следует определять по результатам экспериментальных данных, полученных в лабораторных условиях.

**6.9.3** Объемную производительность центрифуги  $Q_{cf}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , следует рассчитывать по формуле

$$Q_{cf} = \frac{3600 W_{cf} K_{cf}}{t_{cf}}, \quad (6.58)$$

где  $W_{cf}$  — объем ванны ротора центрифуги,  $\text{м}^3$ ;

$K_{cf}$  — коэффициент использования объема центрифуги, принимаемый равным от 0,4 до 0,6.

## 6.10 Флотационные установки

**6.10.1** Флотационные установки следует применять для удаления из воды взвешенных веществ, ПАВ, нефтепродуктов, жиров, масел, смол и других веществ, осаждение которых малоэффективно.

**6.10.2** Флотационные установки также допускается применять:

- для удаления загрязняющих веществ из сточных вод перед биологической очисткой;
- для отделения активного ила во вторичных отстойниках;
- для глубокой очистки биологически очищенных сточных вод;
- при физико-химической очистке с применением коагулянтов и флокулянтов;
- в схемах повторного использования очищенных вод.

**6.10.3** Напорные, вакуумные, безнапорные, электрофлотационные установки следует применять при очистке сточных вод с содержанием взвешенных веществ более  $100\text{--}150 \text{ мг/дм}^3$  (с учетом твердой фазы, образующейся при добавлении коагулянтов). При меньшем содержании взвесей для фракционирования в пену ПАВ, нефтепродуктов и др. и для пенной сепарации могут применяться установки импеллерные, пневматические и с диспергированием воздуха через пористые материалы.

**6.10.4** Для осуществления процесса разделения фаз допускается применять прямоугольные (с горизонтальным и вертикальным движением воды) и круглые (с радиальным и вертикальным движением воды) флотокамеры. Объем флотокамер принимается как сумма объемов рабочей зоны (глубина от 1,0 до 3,0 м), зоны формирования и накопления пены (глубина от 0,2 до 1,0 м), зоны осадка (глубина от 0,5 до 1,0 м). Гидравлическая нагрузка — от 3 до  $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Количество флотокамер должно быть не менее двух, все камеры рабочие.

**6.10.5** Для повышения степени задержания взвешенных веществ допускается использовать коагулянты и флокулянты. Вид реагента и его доза зависят от физико-химических свойств обрабатываемой воды и требований к эффекту очистки.

**6.10.6** Влажность и объем пены (шлама) зависят от исходной концентрации взвешенных и других загрязняющих веществ и от продолжительности накопления ее на поверхности (периодический или непрерывный съем). Периодический съем следует применять в напорных, безнапорных и электрофлотационных установках. Расчетную влажность пены, %, следует принимать:

96–98 — при непрерывном съеме;

94–95 — при периодическом съеме с помощью скребков транспортеров или вращающихся скребков;

92–93 — при съеме шнеками и скребковыми тележками.

При обработке сточных вод флотацией следует учитывать выпадение в осадок от 7 % до 10 % задержанных примесей влажностью от 95 % до 98 %. Объем пены (шлама)  $W_{mud}$ , % к объему обрабатываемой воды, при влажности от 94 % до 95 % может быть определен по формуле

$$W_{mud} = 1,5C_{en}, \quad (6.59)$$

где  $C_{en}$  — исходная концентрация нерастворенных примесей, г/дм<sup>3</sup>.

**6.10.7** При проектировании установок импеллерных, пневматических и с диспергированием воздуха через пористые материалы необходимо принимать:

— продолжительность флотации — от 20 до 30 мин;

— расход воздуха при работе в режиме флотации — от 0,1 до 0,5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

— расход воздуха при работе в режиме пенной сепарации — от 3 до 4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (50–200 дм<sup>3</sup> на 1 г извлекаемых ПАВ) или от 30 до 50 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч);

— глубину воды в камере флотации — от 1,5 до 3,0 м;

— окружную скорость импеллера — от 10 до 15 м/с;

— камеру для импеллерной флотации — квадратную со стороной, равной  $6D$  ( $D$  — диаметр импеллера 200–750 мм);

— скорость выхода воздуха из сопел при пневматической флотации — от 100 до 200 м/с;

— диаметр сопел — от 1,0 до 1,2 мм;

— диаметр отверстий пористых пластин — от 4 до 20 мкм;

— давление воздуха под пластинами — от 0,1 до 0,2 МПа.

**6.10.8** При проектировании напорных флотационных установок следует принимать:

— продолжительность флотации — от 20 до 30 мин;

— количество подаваемого воздуха, дм<sup>3</sup> на 1 кг извлекаемых загрязняющих веществ:

40 — при исходной концентрации  $C_{en}$ , мг/л менее 200;

28 — то же равной 500;

20 — “ равной 1000;

15 — “ от 3000 до 4000;

— схему флотации — с рабочей жидкостью, если прямая флотация не обеспечивает подачу воздуха в необходимом количестве;

— флотокамеры с горизонтальным движением воды при производительности до 100 м<sup>3</sup>/ч, с вертикальным — до 200 м<sup>3</sup>/ч, с радиальным — до 1000 м<sup>3</sup>/ч;

— горизонтальную скорость движения воды в прямоугольных и радиальных флотокамерах — не более 5 мм/с;

— подачу воздуха через эжектор во всасывающий патрубок насоса — при небольшой высоте всасывания (до 2 м) и незначительных колебаниях уровня воды в приемном резервуаре (0,5–1,0 м), компрессором в напорный бак — в остальных случаях.

## 6.11 Дегазаторы

**6.11.1** Для удаления растворенных газов, находящихся в сточных водах в свободном состоянии, следует применять дегазаторы с барботажным слоем жидкости, с насадкой различной формы и полые распылительные (разбрызгивающие) аппараты.

**6.11.2** Работа дегазаторов допускается при атмосферном давлении или под вакуумом. Для интенсификации процесса в дегазатор следует вводить воздух или инертный газ.

**6.11.3** Количество вводимого воздуха на один объем дегазируемой воды при работе под вакуумом или атмосферном давлении следует принимать соответственно для аппаратов:

- с насадкой — три и пять объемов;
- барботажного — пять и 12–15 объемов;
- распылительного — 10 и 20 объемов.

**6.11.4** Высоту рабочего слоя насадки следует принимать от 2 до 3 м, барботажного слоя — не более 3 м, в распылительном аппарате — 5 м. В качестве насадки допускается применять кислотоупорные керамические кольца размером 25×25×4 мм или деревянные хордовые насадки.

**6.11.5** Для колонных дегазаторов отношение высоты рабочего слоя к диаметру аппарата должно быть не более трех при работе под вакуумом и не более семи — при атмосферном давлении; для барботажных аппаратов отношение длины к ширине — не более четырех.

**6.11.6** Аппараты с насадкой следует применять при содержании взвешенных веществ в дегазируемой воде не более 500 мг/дм<sup>3</sup>, барботажные и распылительные — при большем их содержании.

**6.11.7** Для распределения жидкости в аппаратах следует использовать центробежные насадки с выходным отверстием 10×20 мм.

**6.11.8** Количество удаляемого газа  $W_g$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$W_g = K_x F_f, \quad (6.60)$$

где  $F_f$  — общая поверхность контакта фаз, м<sup>2</sup>;

$K_x$  — коэффициент массопередачи, отнесенный к единице поверхности контакта фаз или поперечного сечения аппарата и принимаемый по данным научно-исследовательских организаций.

## 7 Сооружения биологической очистки сточных вод

### 7.1 Общие требования к сооружениям биологической очистки сточных вод

**7.1.1** Сооружения биологической очистки сточных вод следует применять для их очистки от органических и неорганических примесей, подверженных биохимическому разложению. Выбор технологической схемы очистки, состава и типа сооружений необходимо производить с учетом:

— цели очистки (полная или частичная очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация, удаление соединений фосфора, очистка от специфических примесей);

- концентрации и состава примесей в очищаемых сточных водах;
- требуемой степени очистки;
- расхода сточных вод и неравномерности их поступления на очистные сооружения;
- технико-экономических требований.

**7.1.2** Определение параметров биологической очистки сточных вод следует производить на основании данных технологических изысканий, данных эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации; результатов научных исследований, включая данные, полученные при очистке сточных вод на экспериментальных и опытных установках; расчетных зависимостей, приведенных в настоящем техническом кодексе. Указанные расчетные зависимости могут использоваться для расчета сооружений для очистки бытовых сточных вод, а также производственных сточных вод, близких к ним по составу загрязняющих веществ.

**7.1.3** Снижение содержания примесей загрязняющих веществ на сооружениях биологической очистки необходимо принимать на основании данных технологических изысканий, данных эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации. При их отсутствии допускается использовать данные, приведенные в приложении В.

### 7.2 Преаэраторы и биокоагуляторы

**7.2.1** Преаэраторы и биокоагуляторы следует применять:

- для снижения содержания загрязняющих веществ в осветленных сточных водах сверх обеспечиваемого первичными отстойниками;
- для извлечения (за счет сорбции) ионов тяжелых металлов и других загрязняющих веществ, неблагоприятно влияющих на процесс биологической очистки.



**7.2.2** Преаэраторы следует предусматривать перед первичными отстойниками в виде отдельных пристроенных или встроенных сооружений, биокоагуляторы — в виде сооружений, совмещенных с вертикальными отстойниками.

При использовании биокоагуляторов следует предусматривать меры, предотвращающие дестабилизацию биологической очистки на последующих сооружениях вследствие массового развития нитчатых форм микроорганизмов.

**7.2.3** Преаэраторы следует применять на станциях очистки с аэротенками, биокоагуляторы — на станциях очистки как с аэротенками, так и с биологическими фильтрами.

**7.2.4** При проектировании преаэраторов и биокоагуляторов необходимо принимать:

- количество секций отдельно стоящих преаэраторов — не менее двух, причем все рабочие;
- продолжительность аэрации сточной воды с избыточным активным илом — 20 мин;
- количество подаваемого ила — 50 % – 100 % избыточного, биологической пленки — 100 %;
- удельный расход воздуха — 5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточных вод;
- увеличение эффективности задержания загрязняющих веществ (по БПК<sub>5</sub> и взвешенным веществам) в первичных отстойниках — на 20 % – 25 %;
- гидравлическую нагрузку на зону отстаивания биокоагуляторов — не более 3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

**7.2.5** В преаэратор следует подавать ил после регенераторов. При отсутствии регенераторов необходимо предусматривать возможность регенерации активного ила в преаэраторах; вместимость отделений для регенерации следует принимать равной 0,25–0,30 от их общего объема.

**7.2.6** Для биологической пленки, подаваемой в биокоагуляторы, следует предусматривать специальные регенераторы с продолжительностью аэрации 24 ч.

### 7.3 Биологические фильтры

**7.3.1** Биологические фильтры допускается применять как основные сооружения биологической очистки при одноступенчатой схеме либо в качестве первой или второй ступени при двухступенчатой схеме очистки при производительности очистных сооружений до 50 000 м<sup>3</sup>/сут.

Рекомендуется применять капельные, высоконагружаемые биологические фильтры, а также комбинированные сооружения, имеющие признаки биофильтров и аэротенков — погружные биофильтры (дисковые, шнековые, барабанные с наполнителями — засыпные, плоскостные, волокнистые).

**7.3.2** Биологические фильтры для очистки производственных сточных вод допускается применять как основные сооружения при одноступенчатой схеме очистки или в качестве сооружений первой или второй ступени — при двухступенчатой схеме биологической очистки.

**7.3.3** Биологические фильтры следует проектировать в виде резервуаров со сплошными стенками и двойным дном: нижним — сплошным, а верхним — решетчатым (колосниковая решетка) для поддержания загрузки. При этом необходимо принимать: высоту междудонного пространства — не менее 0,6 м; уклон нижнего днища к сборным лоткам — не менее 0,010; продольный уклон сборных лотков — по конструктивным соображениям, но не менее 0,005.

**7.3.4** Капельные биофильтры следует устраивать с естественной аэрацией, высоконагружаемые — как с естественной, так и с искусственной аэрацией (аэрофильтры).

Естественную аэрацию биофильтров следует предусматривать через окна, располагаемые равномерно по периметру в пределах междудонного пространства и оборудуемые устройствами, позволяющими закрывать их наглухо. Площадь окон должна составлять от 1 % до 5 % площади биофильтра.

В аэрофильтрах необходимо предусматривать подачу воздуха в междудонное пространство вентиляторами с давлением у ввода 980 Па. На отводных трубопроводах аэрофильтров необходимо предусматривать устройство гидравлических затворов высотой 200 мм.

**7.3.5** В качестве загрузочного материала для биофильтров следует применять щебень или гальку прочных горных пород, керамзит, а также пластмассы, способные выдерживать температуру от 6 °С до 30 °С без потери прочности. Все применяемые для загрузки естественные и искусственные материалы, за исключением пластмасс, должны выдерживать:

- давление не менее 0,1 МПа при насыпной плотности до 1000 кг/м<sup>3</sup>;
- не менее чем пятикратную пропитку насыщенным раствором сульфата натрия;
- не менее 10 циклов испытаний на морозостойкость;
- кипячение в течение 1 ч в 5 %-ном растворе соляной кислоты, масса которой должна превышать массу испытуемого материала в 3 раза.

После испытаний загрузочный материал не должен иметь заметных повреждений и его масса не должна уменьшаться более чем на 10 % от первоначальной.

Требования к пластмассовой загрузке биофильтров следует принимать согласно 7.5.2.2.

**7.3.6** Загрузка фильтров по высоте должна быть выполнена из материала одинаковой крупности с устройством нижнего поддерживающего слоя высотой 0,2 м, крупностью от 70 до 100 мм.

Крупность загрузочного материала для биофильтров следует принимать по таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Биофильтры<br>(загружаемый материал) | Крупность материала<br>загрузки, мм | Количество материала, % (по весу), остающегося<br>на контрольных ситах с отверстиями диаметром, мм |       |        |                |        |        |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|-------|--------|----------------|--------|--------|
|                                      |                                     | 70   | 55    | 40     | 30             | 25     | 20     |
| Высоконагружаемые<br>(щебень)        | 40–70                               | 0–5  | 40–70 | 95–100 | —              | —      | —      |
| Капельные (щебень)                   | 25–40                               | —  | —     | 0–5    | 40–70          | 90–100 | —      |
| Капельные (керамзит)                 | 20–40                               | —  | —     | 0–8    | Не нормируется | —      | 90–100 |

**7.3.7** Распределение сточных вод по поверхности биофильтров следует осуществлять с помощью устройств различной конструкции.

При проектировании разбрызгивателей следует принимать:

— начальный свободный напор — около 1,5 м;

— конечный — не менее 0,5 м;

— диаметр отверстий — от 13 до 40 мм;

— высоту расположения головки над поверхностью загрузочного материала — от 0,15 до 0,20 м;

— продолжительность орошения на капельных биофильтрах при максимальном притоке воды — от 5 до 6 мин.

При проектировании реактивных оросителей следует принимать:

— количество и диаметр распределительных труб — по расчету при условии движения жидкости в начале труб со скоростью от 0,5 до 1,0 м/с;

— количество и диаметр отверстий в распределительных трубах — по расчету, при условии истечения жидкости из отверстий со скоростью не менее 0,5 м/с, диаметры отверстий — не менее 10 мм;

— напор у оросителя — по расчету, но не менее 0,5 м;

— расположение распределительных труб — выше поверхности загрузочного материала на 0,2 м.

**7.3.8** Количество секций или биофильтров должно быть не менее двух и не более восьми, причем все они должны быть рабочими.

**7.3.9** Расчет распределительной и отводящей сетей биофильтров должен производиться по максимальному расходу воды с учетом рециркуляционного расхода, определяемого согласно 7.4.1.

**7.3.10** В конструкции оборудования фильтров должны быть предусмотрены устройства для опорожнения на случай кратковременного прекращения подачи сточной воды зимой, а также устройства для промывки днища биофильтров.

**7.3.11** В зависимости от климатических условий района строительства, производительности станции очистки, режима притока сточных вод, их температуры в зимний период биофильтры следует размещать либо на открытом воздухе, либо в помещениях (отапливаемых или неотапливаемых), что должно быть обосновано теплотехническим расчетом с учетом опыта эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях.

**7.3.12** При проектировании биофильтров необходимо предусматривать рециркуляцию очищенных сточных вод при БПК<sub>5</sub>, более 150 мг/дм<sup>3</sup> — для капельных биофильтров и БПК<sub>5</sub>, равной 200 мг/дм<sup>3</sup> — для аэрофильтров.

Коэффициент рециркуляции следует определять исходя из получения концентрации смеси, подаваемой на фильтр в пределах указанных ограничений.

БПК<sub>5</sub> для биофильтров с пластмассовой загрузкой не должна превышать 170 мг/дм<sup>3</sup>.

В случае возможного прекращения притока сточных вод на биофильтр необходимо предусматривать рециркуляцию во избежание высыхания поверхности загрузки.

**7.3.13** Определение расчетных параметров биофильтров следует выполнять в зависимости от состава и расчетного расхода сточных вод, требуемой степени очистки по рекомендациям научно-исследовательских организаций, справочных данных с учетом опыта работы аналогичных установок.

Биофильтры для очистки производственных сточных вод допускается рассчитывать по окислительной мощности, определяемой экспериментально.

**7.3.14** Количество избыточной биопленки, выносимой из биофильтров, допускается принимать:  
 8 г/(чел.·сут) по сухому веществу — для капельных фильтров (влажность 96 %);  
 28 г/(чел.·сут) — для аэрофильтров (влажность 96 %).

**7.4 Капельные биологические фильтры**

**7.4.1** Для капельных биофильтров следует принимать:

- рабочую высоту  $H_{bf}$  — от 1,5 до 2,0 м;
- гидравлическую нагрузку  $q_{bf}$  — от 1 до 3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут);
- БПК<sub>5</sub> очищенной воды  $L_{ex}$  — 15 мг/л.

**7.4.2** При расчете капельных биофильтров величину  $q_{bf}$  при заданных  $L_{en}$  и  $L_{ex}$ , мг/л, температуре воды  $T_w$  следует определять по таблице 7.2, где  $K_{bf} = \frac{L_{en}}{L_{ex}}$ .

Таблица 7.2

| Гидравлическая нагрузка $q_{bf}$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·сут) | Коэффициент $K_{bf}$ при температуре $T_w$ , °С, и высоте $H_{bf}$ , м |                |                |                |                |                |                |                |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | $T_w = 8$  |                | $T_w = 10$     |                | $T_w = 12$     |                | $T_w = 14$     |                |
|  | $H_{bf} = 1,5$   | $H_{bf} = 2,0$ | $H_{bf} = 1,5$ | $H_{bf} = 2,0$ | $H_{bf} = 1,5$ | $H_{bf} = 2,0$ | $H_{bf} = 1,5$ | $H_{bf} = 2,0$ |
| 1,0  | 8,0  | 11,6           | 9,8            | 12,6           | 10,7           | 13,8           | 11,4           | 15,1           |
| 1,5  | 5,9  | 10,2           | 7,0            | 10,9           | 8,2            | 11,7           | 10,0           | 12,8           |
| 2,0  | 4,9  | 8,2            | 5,7            | 10,0           | 6,6            | 10,7           | 8,0            | 11,5           |
| 2,5  | 4,3  | 6,9            | 4,9            | 8,3            | 5,6            | 10,1           | 6,7            | 10,7           |
| 3,0  | 3,8  | 6,0            | 4,4            | 7,1            | 6,0            | 8,6            | 5,9            | 10,2           |

*Примечание* — Если значение  $K_{bf}$  превышает табличное, то необходимо предусмотреть рециркуляцию.

**7.5 Высоконагружаемые биологические фильтры**

**7.5.1 Аэрофильтры**

**7.5.1.1** БПК<sub>5</sub> сточных вод, подаваемых на аэрофильтры, не должна превышать значений, указанных в 7.3.12. При большей БПК<sub>5</sub> необходимо предусматривать рециркуляцию очищенных сточных вод. Коэффициент рециркуляции  $K_{rc}$  следует определять по формуле

$$K_{rc} = \frac{L_{en} - L_{mix}}{L_{mix} - L_{ex}}, \tag{7.1}$$

где  $L_{mix}$  — БПК<sub>5</sub> смеси исходной и циркулирующей воды, при этом  $L_{mix}$  — не более 200 мг/л;  
 $L_{en}$ ,  $L_{ex}$  — БПК<sub>5</sub> соответственно исходной и очищенной сточной воды.

**7.5.1.2** Для аэрофильтров следует принимать:

- рабочую высоту  $H_{af}$  — от 2 до 4 м;
- гидравлическую нагрузку  $q_{af}$  — от 10 до 30 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут);
- удельный расход воздуха  $q_a$  — от 8 до 12 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> с учетом рециркуляционного расхода.

**7.5.1.3** При расчете аэрофильтров допустимую величину  $q_{af}$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут), при заданных  $q_a$  и  $H_{af}$  следует определять по таблице 7.3, где  $K_{af} = \frac{L_{tn}}{L_{ex}}$ .

Площадь аэрофильтров  $F_{af}$ , м<sup>2</sup>, при очистке без рециркуляции необходимо рассчитывать по принятой гидравлической нагрузке  $q_{af}$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут), и суточному расходу сточных вод  $Q$ , м<sup>3</sup>/сут.

При очистке сточных вод с рециркуляцией площадь аэрофильтра  $F_{af}$ ,  $m^2$ , следует определять по формуле

$$F_{af} = \frac{Q \cdot (K_{rc} + 1)}{q_{af}} \quad (7.2)$$

Таблица 7.3

| Удельный расход воздуха $q_a$ , $m^3/m^3$ | Рабочая высота $H_{af}$ , м | Коэффициент $K_{af}$ при температуре $T_w$ , °C, $H_{af}$ , м, и гидравлической нагрузке $q_{af}$ , $m^3/(m^2 \cdot \text{сут})$ |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|---|-----------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   |                             | $T_w = 8$  |               |               | $T_w = 10$    |               |               | $T_w = 12$    |               |               | $T_w = 14$    |               |               |
|   |                             | $q_{af} = 10$  | $q_{af} = 20$ | $q_{af} = 30$ | $q_{af} = 10$ | $q_{af} = 20$ | $q_{af} = 30$ | $q_{af} = 10$ | $q_{af} = 20$ | $q_{af} = 30$ | $q_{af} = 10$ | $q_{af} = 20$ | $q_{af} = 30$ |
| 8   | 2                           | 3,02   | 2,32          | 2,04          | 3,38          | 2,55          | 2,18          | 3,76          | 2,74          | 2,36          | 4,30          | 3,02          | 2,56          |
|   | 3                           | 5,25   | 3,53          | 2,89          | 6,20          | 3,96          | 3,22          | 7,32          | 4,64          | 3,62          | 8,95          | 5,25          | 4,09          |
|   | 4                           | 9,05   | 5,37          | 4,14          | 10,40         | 6,25          | 4,73          | 11,20         | 7,54          | 5,56          | 12,10         | 9,05          | 6,54          |
| 10  | 2                           | 3,69   | 2,89          | 2,58          | 4,08          | 3,11          | 2,76          | 4,50          | 3,36          | 2,93          | 5,09          | 3,67          | 3,16          |
|   | 3                           | 6,10   | 4,24          | 3,56          | 7,08          | 4,74          | 3,94          | 8,23          | 5,31          | 4,36          | 9,90          | 6,04          | 4,84          |
|   | 4                           | 10,10  | 6,23          | 4,9           | 12,3          | 7,18          | 5,68          | 15,10         | 8,45          | 6,88          | 16,40         | 10,00         | 7,42          |
| 12  | 2                           | 4,32   | 3,88          | 3,01          | 4,76          | 3,72          | 3,28          | 5,31          | 3,98          | 3,44          | 5,97          | 4,31          | 3,70          |
|   | 3                           | 7,25   | 5,01          | 4,18          | 8,35          | 5,55          | 4,78          | 9,90          | 6,35          | 5,14          | 11,70         | 7,20          | 5,72          |
|   | 4                           | 12,00  | 7,35          | 5,83          | 14,80         | 8,50          | 6,20          | 18,40         | 10,40         | 7,69          | 23,10         | 12,00         | 8,83          |

*Примечание* — Для промежуточных значений  $q_a$ ,  $H_{af}$  и  $T_w$  допускается величину  $K_{af}$  определять интерполяцией.

### 7.5.2 Биофильтры с пластмассовой загрузкой

7.5.2.1 Для биофильтров с пластмассовой загрузкой следует принимать:

- рабочую высоту  $H_{pf}$  — от 3 до 4 м;
- естественную аэрацию.

В случае возможного прекращения притока сточных вод на биофильтр необходимо предусматривать рециркуляцию сточных вод во избежание высыхания биопленки на поверхности загрузки.

7.5.2.2 При расчете биофильтров с пластмассовой загрузкой следует определять:

- гидравлическую нагрузку  $q_{pf}$ ,  $m^3/(m^2 \cdot \text{сут})$ , — в соответствии с необходимым эффектом очистки  $\mathcal{E}$ , %, температурой сточных вод  $T_w$ , °C, и принятой высотой  $H_{pf}$ , м, по таблице 7.4;
- объем загрузки и площадь биофильтров — по гидравлической нагрузке и расходу сточных вод.

Таблица 7.4

| Эффект очистки $\mathcal{E}$ , % | Гидравлическая нагрузка $q_{pf}$ , $m^3/(m^2 \cdot \text{сут})$ , при высоте загрузки $H_{pf}$ , м |      |      |      |              |      |      |      |
|----------------------------------|--|------|------|------|--------------|------|------|------|
|                                  | $H_{pf} = 3$   |      |      |      | $H_{pf} = 4$ |      |      |      |
|                                  | Температура сточных вод $T_w$ , °C   |      |      |      |              |      |      |      |
|                                  | 8  | 10   | 12   | 14   | 8            | 10   | 12   | 14   |
| 90                               | 6,3  | 6,8  | 7,5  | 8,2  | 8,3          | 9,1  | 10,0 | 10,9 |
| 85                               | 8,4  | 9,2  | 10,0 | 11,0 | 11,2         | 12,3 | 13,5 | 14,7 |
| 80                               | 10,2   | 11,2 | 12,3 | 13,3 | 13,7         | 15,0 | 16,4 | 17,9 |

### 7.6 Сооружения для биологической очистки в системах с активным илом

7.6.1 Системы с активным илом допускается применять для биологической очистки бытовых и производственных сточных вод от органических и неорганических примесей, подверженных биохимическому разложению. Выбор технологической схемы очистки, состава и типа сооружений необходимо

производить с учетом целей очистки (полная или частичная очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация, удаление соединений фосфора, очистка от специфических примесей).

**7.6.2** Определение параметров сооружений систем с активным илом следует производить на основании данных технологических изысканий, данных эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации; результатов научных исследований, включая данные, полученные при очистке сточных вод на экспериментальных и опытных установках; расчетных зависимостей, приведенных в настоящем техническом кодексе. Указанные расчетные зависимости могут использоваться для расчета сооружений для очистки бытовых сточных вод, а также сточных вод, близких к ним по составу загрязняющих веществ.

**7.6.3** Конструкция и режим эксплуатации аэротенков и других емкостных сооружений с активным илом должны обеспечивать:

- достаточную дозу активного ила в сооружении;
- регулируемую подачу кислорода в иловую смесь, достаточную для восполнения его потребления;
- достаточную интенсивность перемешивания иловой смеси с целью предотвращения отложений на дне сооружений. Перемешивание в аэротенках необходимо предусматривать за счет применения аэрации или аэрации и перемешивающих устройств, в емкостях с активным илом с анаэробными или аноксичными условиями — только за счет использования перемешивающих устройств.

Скорость движения иловой смеси у дна сооружения на участках, где отсутствуют аэрационные устройства, должна быть не менее 0,25 м/с для легких форм активного ила и 0,3 м/с — для тяжелых форм активного ила. Выбор перемешивающих устройств следует осуществлять по рекомендациям предприятий-производителей перемешивающего оборудования в зависимости от объема и формы емкостного сооружения. Удельная мощность перемешивающих устройств для обеспечения требуемой скорости иловой смеси должна составлять от 1,0 до 5,0 Вт на 1 м<sup>3</sup> объема емкостного сооружения.

**7.6.4** Для удаления соединений азота в системах биологической очистки с активным илом возможно использование различных технологических схем, краткая характеристика наиболее применяемых приведена в приложении Г. Выбор технологической схемы, состава и типа сооружений следует производить с учетом:

- концентрации соединений азота в исходной сточной воде;
- отношения концентрации органических веществ, подверженных биохимическому разложению, оцениваемой по БПК<sub>5</sub>, к концентрации соединений азота БПК<sub>5</sub>/N;
- требуемой степени очистки;
- расхода сточных вод и неравномерности их поступления на очистные сооружения;
- технико-экономических требований.

Перечень приведенных в приложении Г схем денитрификации не является исчерпывающим и возможны другие способы организации очистных сооружений, которые могут быть использованы при обосновании.

**7.6.5** Дозу ила в технологических сооружениях следует определять технико-экономическим расчетом с учетом работы вторичных отстойников и цели обработки сточной воды. Допускается принимать дозу ила по таблице 7.5.

Таблица 7.5

| Цель очистки   | Доза ила, г/дм <sup>3</sup>                 |   |
|--|---|---|
|  | Сооружения без предварительного отстаивания | Сооружения с предварительным отстаиванием |
| Очистка без нитрификации                                     | 3,5–4,5                                     | 2,5–3,5                                   |
| Очистка с нитрификацией и денитрификацией                    | 3,5–4,5                                     | 2,5–3,5                                   |
| Очистка с нитрификацией, денитрификацией и стабилизацией ила | 4,0–5,0                                     | —   |
| Удаление фосфора с одновременным осаждением реагентами       | 4,0–5,0                                     | 3,5–4,5                                   |

**7.6.6** Расчет вместимости аэротенков других емкостных сооружений с активным илом следует определять в зависимости от минимального возраста активного ила с учетом принятой дозы активного ила в иловой смеси и уровня допустимой нагрузки по БПК<sub>5</sub> на активный ил. Допускается применение при обосновании других методов расчета вместимости указанных сооружений.

**7.6.7** При очистке сточных вод в системах с активным илом с целью удаления биохимически разлагаемых органических веществ без нитрификации вместимость аэротенков допускается определять по среднечасовому поступлению воды за период аэрации в часы максимального притока с учетом количества поступающих органических загрязнений, требуемого эффекта снижения нагрузки по БПК<sub>5</sub> на 1 м<sup>3</sup> аэротенка, допустимой нагрузки по БПК<sub>5</sub> на активный ил, принятой дозы активного ила в иловой смеси, по расчетным зависимостям, приведенным в 7.6.8 – 7.6.15.

**7.6.8** При БПК<sub>5</sub> поступающей на аэротенки сточной воды более 100 мг/дм<sup>3</sup>, а также при наличии в воде вредных производственных примесей следует предусматривать регенерацию активного ила.

Концентрацию БПК<sub>5</sub> поступающей на аэротенки сточной воды следует принимать с учетом ее снижения на предыдущих стадиях очистки.

### 7.6.9 Аэротенки-смесители без регенераторов

**7.6.9.1** Объем аэротенка-смесителя без регенератора следует принимать по формуле

$$W_{atm} = q_w t_{atm}, \quad (7.3)$$

где  $q_w$  — расчетный расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч;

$t_{atm}$  — период аэрации, ч.

**7.6.9.2** Период аэрации  $t_{atm}$  в аэротенках, работающих по принципу смесителей, следует определять по формуле

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i \cdot (1 - s) \cdot \rho}, \quad (7.4)$$

где  $L_{en}$  — БПК<sub>5</sub> поступающей в аэротенки сточной воды (с учетом снижения БПК<sub>5</sub> при первичном отстаивании), мг/дм<sup>3</sup>;

$L_{ex}$  — БПК<sub>5</sub> очищенной воды, мг/дм<sup>3</sup>;

$a_i$  — доза ила, г/дм<sup>3</sup>, определяемая согласно 7.6.5;

$s$  — зольность ила, принимаемая по таблице 7.6;

$\rho$  — удельная скорость окисления, мг БПК<sub>5</sub> на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, определяемая по формуле

$$\rho = \rho_{max} \cdot \frac{L_{ex} C_o}{L_{ex} C_o + K_l C_o + L_{ex} K_o} \cdot \frac{1}{1 + \varphi a_i}, \quad (7.5)$$

здесь  $\rho_{max}$  — максимальная скорость окисления, мг/(г·ч), принимаемая по таблице 7.6;

$C_o$  — концентрация растворенного кислорода, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_l$  — константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг/дм<sup>3</sup>, принимаемая по таблице 7.6;

$K_o$  — константа, характеризующая влияние кислорода, мг/дм<sup>3</sup>, принимаемая по таблице 7.6;

$\varphi$  — коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, дм<sup>3</sup>/г, принимаемый по таблице 7.6.

Таблица 7.6

| Сточные воды                      | $\rho_{max}$ ,<br>мг/(г·ч) | $K_l$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | $K_o$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | $\varphi$ ,<br>дм <sup>3</sup> /г | $s$  |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------|
| Городские                         | 57                         | 22                            | 0,625                         | 0,070                             | 0,30 |
| Производственные:                 |                            |                               |                               |                                   |      |
| а) нефтеперерабатывающих заводов: |                            |                               |                               |                                   |      |
| I система                         | 22                         | 2                             | 1,81                          | 0,170                             | —    |
| II система                        | 39                         | 16                            | 1,66                          | 0,158                             | —    |

Окончание таблицы 7.6

| Сточные воды                                | $\rho_{\max}$ ,<br>мг/(г·ч) | $K_i$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | $K_0$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | $\varphi$ ,<br>дм <sup>3</sup> /г | $s$  |
|---|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------|
| б) азотной промышленности                   | 93                          | 6                             | 2,40                          | 1,110                             | —    |
| в) заводов синтетического каучука           | 53                          | 20                            | 0,60                          | 0,060                             | 0,15 |
| г) целлюлозно-бумажной промышленности:      |                             |                               |                               |                                   |      |
| сульфатно-целлюлозное производство          | 433                         | 67                            | 1,50                          | 2,000                             | 0,16 |
| сульфитно-целлюлозное                       | 467                         | 60                            | 1,60                          | 2,000                             | 0,17 |
| д) заводов искусственного волокна (вискозы) | 60                          | 23                            | 0,70                          | 0,270                             | —    |
| е) фабрик первичной обработки шерсти:       |                             |                               |                               |                                   |      |
| I ступень                                   | 21                          | 104                           | —                             | 0,230                             | —    |
| II ступень                                  | 4                           | 22                            | —                             | 0,200                             | —    |
| ж) дрожжевых заводов                        | 155                         | 60                            | 1,66                          | 0,160                             | 0,35 |
| к) заводов органического синтеза            | 55                          | 133                           | 1,70                          | 0,270                             | —    |
| л) микробиологической промышленности:       |                             |                               |                               |                                   |      |
| производство лизина                         | 187                         | 19                            | 1,67                          | 0,170                             | 0,15 |
| производство биовита и витамина             | 1147                        | 111                           | 1,50                          | 0,980                             | 0,12 |
| м) свинооткормочных комплексов:             |                             |                               |                               |                                   |      |
| I ступень                                   | 303                         | 37                            | 1,65                          | 0,176                             | 0,25 |
| II ступень                                  | 10                          | 48                            | 1,68                          | 0,171                             | 0,30 |

**7.6.9.3** Степень рециркуляции активного ила  $R_i$  в аэротенках следует рассчитывать по формуле

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i}, \quad (7.6)$$

где  $a_i$  — доза ила в аэротенке, г/дм<sup>3</sup>;  
 $J_i$  — иловый индекс, см<sup>3</sup>/г.

Формула (7.6) применима при иловом индексе  $J_i$  не более 175 см<sup>3</sup>/г и дозах ила до 5 г/дм<sup>3</sup>. При условиях, отличающихся от указанных, величину  $R_i$  следует принимать на основании технологических изысканий и рекомендаций научно-исследовательских организаций.

Величина  $R_i$  должна быть не менее 0,3 для отстойников с илососами, 0,4 — с илоскребами, 0,6 — при самотечном удалении ила или удалении ила эрлифтами.

Для других производств указанные параметры следует принимать по данным научно-исследовательских организаций.

**7.6.9.4** Значение илового индекса необходимо определять экспериментально при разбавлении иловой смеси до 1 г/дм<sup>3</sup> в зависимости от нагрузки на ил. Для городских и основных видов производственных сточных вод допускается определять величину  $J_i$  по таблице 7.7.

Для окситенков величина  $J_i$  должна быть снижена в 1,3–1,5 раза.

Для аэротенков с наполнителями для прикрепленной микрофлоры при определении илового индекса в расчет следует принимать нагрузку на ил только для биомассы, находящейся в иловой смеси, без учета прикрепленных форм.

Нагрузку на ил  $q_i$ , мг БПК<sub>5</sub> на 1 г беззольного вещества ила в сутки, следует рассчитывать по формуле

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_i \cdot (1 - s) \cdot t_{atm}}, \quad (7.7)$$

где  $t_{atm}$  — период аэрации, ч.

Таблица 7.7

| Сточные воды                            | Иловый индекс $J_i$ , см <sup>3</sup> /г, при нагрузке на ил $q_i$ , мг/(г·сут) |     |     |     |     |     |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 70  | 130 | 200 | 270 | 330 | 400 |
| Городские                               | 130   | 100 | 70  | 80  | 95  | 130 |
| Производственные:                       |   |     |     |     |     |     |
| а) нефтеперерабатывающих заводов        | —   | 120 | 70  | 80  | 120 | 160 |
| б) заводов синтетического каучука       | —   | 100 | 40  | 70  | 100 | 130 |
| в) комбинатов искусственного волокна    | —   | 300 | 200 | 250 | 280 | 400 |
| г) целлюлозно-бумажных комбинатов       | —   | 220 | 150 | 170 | 200 | 220 |
| д) химкомбинатов азотной промышленности | —   | 90  | 60  | 75  | 90  | 120 |

### 7.6.10 Аэротенки-смесители с регенераторами

**7.6.10.1** Объем аэротенка-смесителя с регенератором следует определять как сумму объемов аэротенка  $W_{atm}$ , м<sup>3</sup>, и регенератора  $W_r$ , м<sup>3</sup>, по формуле

$$W_{atm} + W_r = q_w t_{atm}, \quad (7.8)$$

где  $q_w$  — расчетный расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч;

$t_{atm}$  — период аэрации, ч, определяемый по формуле

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_{i\,mix} \cdot (1 - s) \cdot \rho}, \quad (7.9)$$

здесь  $a_{i\,mix}$  — средняя доза ила, г/дм<sup>3</sup>, в системе аэротенка-смесителя с регенератором, определяемая согласно 7.6.5;

$\rho$  — удельная скорость окисления, мг БПК<sub>5</sub> на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, определяемая по формуле (7.6) при дозе ила  $a_{i\,mix}$ .

**7.6.10.2** Объем аэротенка  $W_{atm}$  следует рассчитывать по зависимости

$$W_{atm} = \frac{W_{atm} + W_r}{\left(1 + \frac{R_r}{1 - R_r}\right)}, \quad (7.10)$$

где  $R_r$  — доля регенератора в общем объеме аэротенка-смесителя с регенератором. Значение  $R_r$  следует принимать на основании данных технологических исследований, рекомендаций научно-исследовательских организаций или данных эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации.

**7.6.10.3** Степень рециркуляции активного ила  $R_i$  в аэротенках-смесителях с регенераторами следует рассчитывать по следующей формуле с учетом условий, указанных в 7.6.9.3:

$$R_i = \frac{a_{i\,mix}}{\frac{1000}{J_i} - a_{i\,mix}}, \quad (7.11)$$

где  $a_{i\,mix}$  — средняя доза ила в системе аэротенка-смесителя с регенератором, г/дм<sup>3</sup>.

**7.6.10.4** При проектировании аэротенков-смесителей с регенераторами дозу ила в аэротенке  $a_i$ , г/дм<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$a_i = \frac{(W_{atm} + W_r) \cdot a_{i\,mix}}{W_{atm} + \left(\frac{1}{2R_i} + 1\right) \cdot W_r}. \quad (7.12)$$



**7.6.11 Аэротенки-вытеснители без регенераторов**

**7.6.11.1** Объем аэротенка-вытеснителя без регенератора следует рассчитывать по формуле

$$W_{at} = t_{atv} \cdot (1 + R_i) \cdot q_w, \quad (7.13)$$

где  $q_w$  — расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;  
 $t_{atv}$  — период аэрации в аэротенках-вытеснителях, ч.

**7.6.11.2** Период аэрации  $t_{atv}$ , ч, в аэротенках-вытеснителях следует рассчитывать по формуле

$$t_{atv} = \frac{1 + \varphi a_i}{\rho_{max} C_o a_i \cdot (1 - s)} \cdot \left[ (C_o + K_o) \cdot (L_{mix} - L_{ex}) + K_i C_o \ln \left( \frac{L_{mix}}{L_{ex}} \right) \right] \cdot K_p, \quad (7.14)$$

где  $K_p$  — коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания:  
 1,50 — при биологической очистке при  $L_{ex}$ , равной 10 мг/дм<sup>3</sup>;  
 1,25 — при  $L_{ex}$  более 20 мг/дм<sup>3</sup>;  
 $L_{mix}$  — БПК<sub>5</sub>, определяемая с учетом разбавления рециркуляционным расходом:

$$L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex} R_i}{1 + R_i}, \quad (7.15)$$

здесь  $R_i$  — степень рециркуляции активного ила, определяемая по формуле (7.6); обозначения величин  $a_i$ ,  $\rho_{max}$ ,  $C_o$ ,  $L_{en}$ ,  $L_{ex}$ ,  $K_i$ ,  $K_o$ ,  $\varphi$ ,  $s$  следует принимать по формулам (7.4) и (7.5).

Режим вытеснения обеспечивается при отношении длины коридоров  $l$  к ширине  $b$  более 30. При  $l/b < 30$  необходимо предусматривать секционирование коридоров с количеством ячеек пять и шесть.

**7.6.12 Аэротенки-вытеснители с регенераторами**

**7.6.12.1** При проектировании аэротенков-вытеснителей с регенераторами объем аэротенка  $W_{at}$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$W_{at} = t_{at} \cdot (1 + R_i) \cdot q_w, \quad (7.16)$$

где  $t_{at}$  — продолжительность обработки воды в аэротенке ч;  
 $R_i$  — степень рециркуляции активного ила, определяемая по формуле (7.6);  
 $q_w$  — расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч.

Вместимость регенераторов  $W_r$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$W_r = t_r R_i q_w, \quad (7.17)$$

где  $t_r$  — продолжительность регенерации, ч.

**7.6.12.2** Продолжительность обработки воды в аэротенке  $t_{at}$ , ч, необходимо определять по формуле

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \cdot \lg \left( \frac{L_{en}}{L_{ex}} \right). \quad (7.18)$$

Продолжительность регенерации  $t_r$ , ч, следует определять по формуле

$$t_r = t_o - t_{at}, \quad (7.19)$$

где  $t_o$  — продолжительность окисления органических загрязняющих веществ в аэротенках с регенераторами, ч.

**7.6.12.3** Продолжительность окисления органических загрязняющих веществ  $t_o$ , ч, следует определять по формуле

$$t_o = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r \cdot (1 - s) \cdot \rho}, \quad (7.20)$$

где  $R_i$  — степень рециркуляции активного ила, определяемая по формуле (7.6);  
 $a_r$  — доза ила в регенераторе, г/дм<sup>3</sup>, определяемая по формуле

$$a_r = a_i \cdot \left( \frac{1}{2R_i} + 1 \right); \quad (7.21)$$

$\rho$  — удельная скорость окисления для аэротенков, определяемая по формуле (7.5) при дозе ила  $a_r$ .

**7.6.12.4** Продолжительность пребывания сточной воды в системе аэротенка-вытеснителя с регенератором  $t_{a-r}$ , ч, следует рассчитывать по формуле

$$t_{a-r} = t_{atv} \cdot (1 + R_i) + R_i t_r. \quad (7.22)$$

Средняя доза активного ила в системе аэротенка-вытеснителя с регенератором  $a_{i\text{mix}}$ , г/дм<sup>3</sup>, должна определяться по формуле

$$a_{i\text{mix}} = \frac{(1 + R_i) \cdot t_{at} a_i + R_i t_r a_r}{t_{a-r}}, \quad (7.23)$$

где  $a_i$  и  $a_r$  — доза ила в аэротенке и регенераторе соответственно, г/дм<sup>3</sup>;  
 $R_i$  — степень рециркуляции активного ила, определяемая по формуле (7.6) с учетом условий, указанных в 7.6.9.3.

### 7.6.13 Аэротенки с наполнителями для прикрепленной микрофлоры

**7.6.13.1** Суммарный объем аэротенка с наполнителями для прикрепленной микрофлоры следует определять по формуле (7.3). При этом объем, занятый наполнителями для прикрепленной микрофлоры, не должен превышать 30 % от суммарного объема аэротенка.

**7.6.13.2** Период аэрации  $t_{atm}$ , ч, в аэротенках с наполнителями для прикрепленной микрофлоры следует определять по формуле

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i \cdot \frac{W_{atm}}{W_{atm\ p}} \cdot (1-s) \cdot \rho + \frac{W_p}{W_{atm\ p}} \cdot a_p \cdot (1-s) \cdot \rho_p}, \quad (7.24)$$

где  $a_i$  — доза ила в объеме аэротенка, свободного от наполнителей для прикрепленной микрофлоры, г/дм<sup>3</sup>;  
 $W_{atm\ p}$  — суммарный объем аэротенка с наполнителями для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $W_p$  — объем аэротенка, занятый наполнителями для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $W_{atm}$  — объем аэротенка, свободный от наполнителей для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_p$  — удельная скорость окисления для биомассы прикрепленной микрофлоры, определяемая на основании технологических испытаний или по рекомендациям предприятий — изготовителей материалов, носителей биомассы.

Обозначения величин  $L_{en}$ ,  $L_{ex}$ ,  $\rho$ ,  $s$ ,  $\rho$  следует принимать по формуле (7.4).

Приведенную дозу биомассы  $a_{i\text{sum}}$ , г/дм<sup>3</sup>, следует рассчитывать по формуле

$$a_{i\text{sum}} = \frac{W_{atm}}{W_{atm\ p}} \cdot a_i + \frac{W_p}{W_{atm\ p}} \cdot a_p, \quad (7.25)$$

где  $a_i$  — доза ила, г/дм<sup>3</sup>;  
 $W_{atm\ p}$  — суммарный объем аэротенка с наполнителями для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $W_p$  — объем аэротенка, занятый наполнителями для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $W_{atm}$  — объем аэротенка, свободный от наполнителей для прикрепленной микрофлоры, м<sup>3</sup>;  
 $a_p$  — доза прикрепленной биомассы, г/дм<sup>3</sup>, определяемая по зависимости

$$a_p = m_p S_p, \quad (7.26)$$

здесь  $m_p$  — масса прикрепленной биомассы на 1 м<sup>2</sup> поверхности носителя, определяемая на основании технологических испытаний или по рекомендациям предприятий-изготовителей материалов, носителей биомассы. При отсутствии указанных данных допускается принимать массу прикрепленной биомассы 40–60 г/дм<sup>3</sup> при использовании стационарных плоскостных носителей и 60–70 г/дм<sup>3</sup> — при использовании плавающих носителей;

$S_p$  — удельная площадь поверхности материала носителя, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, принимаемая по данным предприятий-изготовителей материалов.

**7.6.13.3** Нагрузку на ил  $q_i$ , мг БПК<sub>5</sub> на 1 г беззольного вещества ила в сутки, следует рассчитывать:  
— для аэротенков-смесителей — по зависимости (7.7);  
— для аэротенков-смесителей с регенераторами — по формуле

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{i,mix} \cdot (1-s) \cdot t_{atm}}; \quad (7.27)$$

— для аэротенков-вытеснителей без регенераторов — по формуле

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{mix} - L_{ex})}{a_i \cdot (1-s) \cdot t_{atv}}; \quad (7.28)$$

— для аэротенков-вытеснителей с регенераторами — по формуле

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{i,mix} \cdot (1-s) \cdot t_{a-r}}; \quad (7.29)$$

— для аэротенков с наполнителями для прикрепленной микрофлоры нагрузка на ил определяется для приведенной дозы биомассы, определяемой по формуле (7.25). Допускается, при необходимости, определять нагрузку на ил отдельно для активного ила в иловой смеси и для прикрепленной биомассы с учетом режима работы аэротенка.

**7.6.13.4** Прирост ила в сооружениях биологической очистки с активным илом следует определять как сумму прироста ила, получаемого в процессе биологической деструкции органических веществ, и прироста получаемого в процессе биологического удаления фосфора по 7.6.19.

При очистке сточных вод в системах с активным илом с целью удаления биохимически разлагаемых органических веществ без нитрификации прирост активного ила  $P_i$ , мг/л, в аэротенках допускается определять по формуле

$$P_i = 0,8C_{cdp} + K_g L_{en}, \quad (7.30)$$

где  $C_{cdp}$  — концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л;  
 $K_g$  — коэффициент прироста; для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод  $K_g$  равен 0,45; при очистке сточных вод в окситенках величина  $K_g$  снижается до 0,38.

#### 7.6.14 Окситенки

**7.6.14.1** Окситенки допускается применять при условии подачи технического кислорода от кислородных установок промышленных предприятий. Допускается применение их при строительстве кислородной станции в составе очистных сооружений при обосновании.

Окситенки должны быть оборудованы механическими аэраторами, легким герметичным перекрытием, системой автоматической подпитки кислорода и продувки газовой фазы, что должно обеспечивать эффективность использования 90 % кислорода.

Допускается для очистки производственных сточных вод и их смеси с городскими сточными водами применять окситенки, совмещенные с илоотделителем.

**7.6.14.2** Объем зоны аэрации окситенка  $W_o$ , м<sup>3</sup>, следует рассчитывать по формуле

$$W_o = q_w t_{atm}, \quad (7.31)$$

где  $q_w$  — расчетный расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч;

$t_{atm}$  — период аэрации, ч.

**7.6.14.3** Период аэрации  $t_{atm}$ , ч, в окситенках следует определять по формуле

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i K_a K'_o \cdot (1-s) \cdot \rho}, \quad (7.32)$$

где  $L_{en}$  — БПК<sub>5</sub> поступающей в аэротенк сточной воды (с учетом снижения БПК<sub>5</sub> при первичном отстаивании), мг/дм<sup>3</sup>;

$L_{ex}$  — БПК<sub>5</sub> очищенной воды, мг/дм<sup>3</sup>;

$a_i$  — доза ила, г/дм<sup>3</sup>, дозу ила в окситенке рекомендуется принимать в пределах от 6 до 10 г/дм<sup>3</sup>;

$s$  — зольность ила, принимаемая по таблице 7.6;

$\rho$  — удельная скорость окисления, мг БПК<sub>5</sub> на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, определяемая по формуле (7.5) с учетом концентрации кислорода в иловой смеси окситенка.

*Примечание* — Концентрацию кислорода в иловой смеси окситенка следует принимать в пределах от 6 до 12 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_{a_i}$  — коэффициент, учитывающий величину дозы ила в окситенке, принимаемый по таблице 7.8;

$K'_o$  — коэффициент, учитывающий концентрацию растворенного кислорода в иловой смеси в окситенке, принимаемый по таблице 7.9.

Таблица 7.8

|                            |      |      |      |      |      |       |       |
|----------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Доза ила, г/м <sup>3</sup> | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 8,00 | 10,00 | 15,00 |
| $K_{a_i}$                  | 1,29 | 1,11 | 1,00 | 0,83 | 0,66 | 0,87  | 0,43  |

Таблица 7.9

|   |      |      |      |      |      |       |       |
|---|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Концентрация растворенного кислорода в иловой смеси, мг/дм <sup>3</sup> | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 8,00 | 10,00 | 15,00 |
| $K'_o$  | 1,29 | 1,11 | 1,00 | 0,83 | 0,66 | 0,87  | 0,43  |

### 7.6.15 Аэротенки с флотационным илоотделением

**7.6.15.1** Аэротенки с флотационным илоотделением следует проектировать для биологической очистки сточных вод, преимущественно производственных с БПК<sub>5</sub> более 300 мг/дм<sup>3</sup>, содержащих трудноокисляемые загрязнения, для которых необходимый период аэрации превышает 16 ч, а также при образовании в аэротенках активного ила с иловым индексом более 200 см<sup>3</sup>/г.

**7.6.15.2** Очистку сточных вод при использовании аэротенков с флотационным илоотделением следует производить, как правило, по двухступенчатой схеме. На первой ступени следует использовать аэротенки-смесители и напорные флотаторы для разделения иловой смеси, на второй ступени — секционированные аэротенки-вытеснители и вторичные отстойники.

Аэротенк первой ступени должен включать отделение для регенерации активного ила. После обработки на флотационном илоотделителе, перед отведением на вторую ступень очистки, иловая смесь должна содержать взвешенные вещества в пределах от 100 до 300 мг/л.

**7.6.15.3** Избыточный ил из отстойника второй ступени следует направлять на флотационный илоотделитель первой ступени очистки. Полученный после обработки во флотационном илоотделителе избыточный активный ил должен отводиться в уплотнитель для снижения влажности до 92 % – 94 %.

Осветленная надильная вода из уплотнителя должна направляться на вторую ступень аэротенка. Следует предусматривать подачу до 10 % от общего расхода исходной сточной воды в аэротенк второй ступени.

**7.6.15.4** Доза ила в аэротенке первой ступени и концентрация растворенного кислорода должны определяться на основании технико-экономических расчетов. Дозу ила  $a_i$ , г/дм<sup>3</sup>, допускается определять в зависимости от величины илового индекса по формуле

$$a_i = \frac{1,3}{(0,05 + 0,00152J_i)} \quad (7.33)$$

Значение БПК<sub>5</sub> в воде после аэротенка первой ступени  $L'_{ex}$  следует принимать от 50 до 80 мг/дм<sup>3</sup>. Продолжительность пребывания сточной воды в аэротенке первой и второй ступени следует рассчитывать по формулам (7.4) и (7.14), удельную скорость окисления — по формуле (7.5), степень рециркуляции ила для аэротенков второй ступени — по формуле (7.6). Значения параметров процесса  $\rho_{max}$ ,  $K_i$ ,  $K_o$  и  $\phi$  следует принимать по таблице 7.6.

Концентрация сфлотированного уплотненного ила  $a_f$ , г/дм<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$a_f = a_i \cdot \frac{1,6}{a + bJ_i} \quad (7.34)$$

где  $J_i$  — иловый индекс, принимается по таблице 7.7.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  принимаются в зависимости от продолжительности уплотнения сфлотированного ила, которую следует принимать равной 2–3 ч, по таблице 7.10.

Таблица 7.10

| Время уплотнения ила, ч | 2        | 3        |
|-------------------------|----------|----------|
| Коэффициент $a$         | 0,012000 | 0,011000 |
| Коэффициент $b$         | 0,000203 | 0,000198 |

**7.6.15.5** Степень рециркуляции активного ила  $R_f$  на первой ступени определяется в зависимости от требуемой концентрации сфлотированного уплотненного ила  $a_f$  по формуле

$$R_f = \frac{a_f}{a_f - a_i}. \quad (7.35)$$

**7.6.15.6** Нагрузка по твердой фазе на площадь флотационного илоотделителя  $q_{ss}$ , кг/(м<sup>2</sup>·сут), при оптимальном удельном расходе растворенного воздуха и концентрации активного ила  $a_{\text{опт}}$  определяется по формуле

$$q_{ss} = \frac{(50 + 1,5J_i) \cdot 1,4}{(0,005J_i - 0,007)}. \quad (7.36)$$

Суммарное количество твердой фазы, подвергаемой флотации, кг/сут:

$$G_{ss} = q_w a_i \cdot (1 + R_f). \quad (7.37)$$

Суммарная площадь флотационных илоотделителей  $F_f$ , м<sup>2</sup>:

$$F_f = \frac{G_{ss}}{q_{ss}}. \quad (7.38)$$

Гидравлическая нагрузка  $q_{ms}$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч):

$$q_{ms} = \frac{q_w}{24F_f}. \quad (7.39)$$

**7.6.15.7** Высота отстойной зоны  $H_{szf}$ , м, определяется по формуле

$$H_{szf} = t_{szf} q_{ms}, \quad (7.40)$$

где  $t_{szf}$  — продолжительность пребывания воды в отстойной зоне (ниже водораспределителя), ч, принимаемая в пределах от 0,4 до 0,6 ч;

$q_{ms}$  — гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

Глубину зоны уплотнения (выше водораспределителя)  $H_T$ , следует принимать в пределах от 2,0 до 2,5 м. Разность отметок водосливов водосборного и пеносборного лотков флотационного илоотделителя должна быть в пределах от 40 до 50 мм. Следует предусматривать возможность регулировки положения пеносборного лотка.

Уклон дна пеносборного лотка следует принимать в пределах 0,10–0,05. Насос для подачи иловой смеси на флотатор должен устанавливаться под заливом, гидростатический напор перед насосом должен поддерживаться постоянным и составлять не более 3 м. Забор воды должен осуществляться непосредственно из аэротенка первой ступени.

**7.6.16** Формулы по определению продолжительности аэрации приведены в 7.6.7 – 7.6.15 и справедливы при среднегодовой температуре сточных вод 15 °С. При другой среднегодовой температуре сточных вод  $T_w$  продолжительность аэрации, вычисленная по формулам (7.4), (7.9), (7.14), (7.24), (7.32), должна быть умножена на отношение  $15/T_w$ .

Продолжительность аэрации во всех случаях должна быть не менее 2 ч.

### 7.6.17 Определение вместимости технологических емкостных сооружений с активным илом в зависимости от минимального возраста активного ила

**7.6.17.1** Определение вместимости технологических емкостных сооружений с активным илом в зависимости от минимального возраста активного ила должно определяться с учетом принятой дозы активного ила в иловой смеси и уровня допустимой нагрузки по БПК<sub>5</sub> на активный ил.

**7.6.17.2** Объем технологических сооружений с активным илом  $V$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$V = \frac{t_{TS} P_i}{a_i}, \quad (7.41)$$

где  $a_i$  — доза ила, г/дм<sup>3</sup>, определяемая согласно 7.6.5;

$t_{TS}$  — возраст активного ила, сут;

$P_i$  — прирост активного ила, кг/сут.

Объем технологических сооружений с активным илом, рассчитанный по формуле (7.41), следует рассматривать как сумму объемов технологических сооружений с активным илом, предназначенных для деструкции органических веществ, нитрификации и денитрификации. Объем анаэробной емкости для удаления фосфора следует определять отдельно.

**7.6.17.3** Минимальный возраст активного ила  $t_{TS}$  в системах биологической очистки следует определять по таблице 7.11 в зависимости от цели обработки сточной воды, нагрузки по органическим загрязнениям и расчетной температуры сточной воды.

Таблица 7.11 — Минимальный возраст активного ила, в сутках

| Цель очистки   | Суточная нагрузка по органическим загрязняющим веществам сооружений биологической очистки, кг/сут |      |                         |           |           |      |      |
|--|---|------|-------------------------|-----------|-----------|------|------|
|  | до 1200 включ.  |      | св. 1200 до 6000 включ. |           | св. 6000  |      |      |
|  | Расчетная температура, °C   |      |                         |           |           |      |      |
|  | 10  | 12   | 10                      | 12        | 10        | 12   |      |
| Очистка без нитрификации   | 5,0   |      | 5,0–4,0                 |           | 4,0       |      |      |
| Очистка с нитрификацией  | 10,0  | 8,2  | 10,0–8,0                | 8,2–6,6   | 8,0       | 6,6  |      |
| Очистка с нитрификацией и денитрификацией при отношении объема денитрификатора к общему объему емкостных биологических сооружений с активным илом: | 0,2   | 12,5 | 10,3                    | 12,5–10,0 | 10,3–8,3  | 10,0 | 8,3  |
|  | 0,3   | 14,3 | 11,7                    | 14,3–11,4 | 11,7–9,4  | 11,4 | 9,4  |
|  | 0,4   | 16,7 | 13,7                    | 16,7–13,3 | 13,7–11,0 | 13,3 | 11,0 |
|  | 0,5   | 20,0 | 16,4                    | 20,0–16,4 | 16,4–13,2 | 16,0 | 13,2 |
| Стабилизация ила, включая нитрификацию и денитрификацию  | 25,0  |      | —                       |           | —         |      |      |

**7.6.17.4** Определение отношения объема денитрификатора к общему объему технологических емкостных биологических сооружений с активным илом  $V_D/V$  следует производить в зависимости от отношения концентрации азота нитратов, подлежащего удалению при денитрификации, к БПК<sub>5</sub> сточной воды, поступающей на биологическую очистку  $C_{NO_3,D}/L_{en}$ , приведенного в таблице 7.12.

Таблица 7.12 — Отношение денитрификатора к общему объему технологических емкостных сооружений с активным илом при температуре от 10 °С до 12 °С

| $V_D/V$ | $C_{NO_3D}/L_{en}$   |                             |   |
|---------|--|-----------------------------|---|
|         | Предварительная денитрификация и способы, аналогичные предварительной денитрификации | Чередующаяся денитрификация | Параллельная и периодическая денитрификация |
| 0,2     | 0,11   | 0,085                       | 0,06  |
| 0,3     | 0,13   | 0,110                       | 0,09  |
| 0,4     | 0,14   | 0,130                       | 0,12  |
| 0,5     | 0,15   | 0,150                       | 0,15  |

**7.6.17.5** Отношение объема денитрификатора к общему объему технологических емкостных сооружений с активным илом менее чем 0,2 и более чем 0,5 не рекомендуются.

В случае, если  $C_{NO_3D}/L_{en} > 0,15$ , следует:

— предусматривать мероприятия по снижению содержания соединений азота в сточной воде, поступающей на биологические очистные сооружения, в том числе посредством отдельной обработки иловой воды;

— рассматривать возможность снижения степени осветления воды при первичном отстаивании и повышения БПК<sub>5</sub> осветленной сточной воды, поступающей на биологическую очистку.

При невозможности снижения содержания соединений азота в сточной воде, поступающей на очистку, следует предусматривать дозирование внешнего субстрата.

Дозу внешнего субстрата следует принимать 5 кг ХПК на 1 кг нитратного азота, подлежащего денитрификации. Значения ХПК для субстратов следует принимать на основании лабораторных испытаний или по таблице 7.13.

Таблица 7.13 — Параметры субстратов, применяемых для дозирования в денитрификаторы

| Вид субстрата    | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | ХПК, кг/кг | ХПК, г/л |
|------------------|------------------------------|------------|----------|
| Метанол          | 790                          | 1,50       | 1,185    |
| Этанол           | 780                          | 2,09       | 1,630    |
| Уксусная кислота | 1060                         | 1,70       | 1,135    |

Окончательный выбор вида субстрата и обработку режима его дозирования следует производить при наладке и последующей эксплуатации очистных сооружений. При использовании предварительной, каскадной и параллельной денитрификации подачу субстрата следует предусматривать в сточную воду, поступающую на биологические очистные сооружения. Для периодической и чередующейся денитрификации, а также отдельных многоступенчатых схемах денитрификации субстрат следует дозировать только во время фазы денитрификации.

**7.6.17.6** Концентрацию нитратного азота, подлежащего удалению,  $C_{NO_3D}$ , мг/дм<sup>3</sup>, следует рассчитывать по балансовому уравнению:

$$C_{NO_3D} = C_{Nen} - C_{orgNex} - C_{NH_4ex} - C_{NO_3ex} - X_{orgN,BM} \quad (7.42)$$

где  $C_{Nen}$  — содержание общего азота в сточной воде, поступающей на биологическую очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{orgNex}$  — содержание азота органических веществ в сточной воде, отводимой после вторичных отстойников, мг/дм<sup>3</sup>. При очистке бытовых сточных вод величину  $C_{orgNex}$  допускается принимать 2 мг/дм<sup>3</sup>.

*Примечание* — При отведении производственных сточных вод, содержащих трудноокисляемые органические примеси, данный параметр может иметь более высокое значение, которое следует учитывать при расчетах;

- $C_{\text{NH}_4\text{ex}}$  — содержание аммонийного азота в сточной воде, отводимой после вторичных отстойников, мг/дм<sup>3</sup>;
- $C_{\text{NO}_3\text{ex}}$  — содержание нитратного азота в сточной воде, отводимой после вторичных отстойников, мг/дм<sup>3</sup>;
- $X_{\text{orgN,BM}}$  — азот органических веществ, поступающий в биомассу активного ила, мг/дм<sup>3</sup>.

Допускается величину азота органических веществ, поступающей в биомассу активного ила  $X_{\text{orgN,BM}}$  назначать в пределах от 0,04 до 0,05 БПК<sub>5</sub> сточной воды, поступающей на биологическую очистку.

**7.6.17.7** Объем технологических сооружений с активным илом  $V$ , м<sup>3</sup>, определяемый по формуле (7.41), должен обеспечивать объемную нагрузку и нагрузку на активный ил не более значений, указанных в таблице 7.14.

**Таблица 7.14 — Допустимые значения объемной нагрузки  $B_R$ , кг/м<sup>3</sup>·сут, и нагрузки на активный ил  $B_{TS}$ , кг/кг·сут**

| Метод очистки   | $B_R$ | $B_{TS}$ |
|---|-------|----------|
| Неполная биологическая очистка                          | 2,00  | 0,60     |
| Полная биологическая очистка без нитрификации           | 1,00  | 0,30     |
| Биологическая очистка с нитрификацией и денитрификацией | 0,50  | 0,15     |
| Биологическая очистка с регенерацией ила                | 0,25  | 0,05     |

### 7.6.18 Удаление фосфора

**7.6.18.1** Выбор метода удаления фосфора (осаждение реагентами или биологическим способом) следует производить на основе технико-экономического расчета с учетом определения последующих затрат на обработку осадка. Допускается комбинированное применение химического и биологического методов удаления фосфора.

**7.6.18.2** Для удаления соединений фосфора биологическим методом следует предусматривать анаэробные технологические емкости после первичного отстаивания. Вместимость данных емкостей следует определять из условия минимального времени контакта от 0,50 до 0,75 ч при максимальном часовом расходе сточных вод с учетом расхода циркуляционного потока активного ила.

**7.6.18.3** Концентрацию соединений фосфора  $X_{\text{Pe}}$ , мг/дм<sup>3</sup>, подлежащих удалению за счет химического осаждения, следует определять по балансовой формуле

$$X_{\text{Pe}} = C_{\text{Pen}} - C_{\text{Pex}} - X_{\text{PBM}} - X_{\text{PBio}}, \quad (7.43)$$

где  $C_{\text{Pen}}$  — концентрация фосфора в сточной воде, поступающей на биологическую очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{Pex}}$  — концентрация фосфора в сточной воде после вторичных отстойников, мг/дм<sup>3</sup>;

$X_{\text{PBM}}$  — концентрация фосфора, необходимая для ассимиляции гетеротрофными микроорганизмами активного ила, мг/дм<sup>3</sup>, принимаемая равной  $0,01L_{\text{en}}$ ;

$X_{\text{PBio}}$  — концентрация фосфора, удаляемого биологическим методом, мг/дм<sup>3</sup>.

Значение  $X_{\text{PBio}}$  следует принимать:

— при устройстве анаэробной технологической емкости после первичного отстаивания в пределах от 0,010 до 0,015 БПК<sub>5en</sub>;

— в установках с предварительной и каскадной денитрификацией без отдельной анаэробной технологической емкости до 0,005 БПК<sub>5en</sub>.

**7.6.18.4** Дозу железосодержащих реагентов для осаждения фосфора следует принимать из соотношения 2,7 кг Fe на 1 кг фосфора, подлежащего химическому осаждению. Дозу алюминиевых реагентов для осаждения фосфора следует принимать из соотношения 1,3 кг Al на 1 кг фосфора, подлежащего химическому осаждению.

**7.6.18.5** Для предотвращения угнетающего воздействия на микроорганизмы активного ила реагентов их дозы не должны превышать для сульфата железа (II) 25 мг/дм<sup>3</sup>, для сульфата железа (III) — 15 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; для сульфата алюминия — 18 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



7.6.19 Прирост активного ила  $P_i$ , кг/сут, в системах с активным илом следует определять по формуле

$$P_i = P_c + P_p, \quad (7.44)$$

где  $P_c$  — прирост активного ила, получаемый в процессе биологической деструкции органических веществ, кг/сут;

$P_p$  — прирост активного ила, получаемый в процессе биологического удаления фосфора, кг/сут.

Прирост активного ила, полученный в процессе биологической деструкции органических веществ, кг/кг  $L_{en}$ , при возрасте активного ила от 4 до 25 сут и температуре иловой смеси 10 °С – 12 °С, следует принимать по таблице 7.15. Для других условий прирост активного ила, кг/сут, полученный в процессе биологической деструкции органических веществ, следует рассчитывать по формуле

$$P_c = \frac{Q_{расч} L_{en}}{1000} \cdot \left( 0,75 + 0,60 \cdot \frac{C_{en}}{L_{en}} - \frac{0,102 t_{TS} 1,072^{(T-15)}}{1 + 0,17 t_{TS} 1,072^{(T-15)}} \right), \quad (7.45)$$

где  $Q_{расч}$  — среднесуточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$L_{en}$  — БПК<sub>5</sub> сточных вод, поступающих на очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{en}$  — концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на биологическую очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$t_{TS}$  — возраст активного ила, сут;

$T$  — температура иловой смеси, °С.

Таблица 7.15 — Прирост активного ила, полученный в процессе биологической деструкции органических веществ, кг/кг БПК<sub>5</sub> сточных вод, поступающих на очистку при температуре от 10 °С до 12 °С

| $C_{en}/L_{en}$ | Возраст активного ила, сут |      |      |      |      |      |
|-----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
|                 | 4                          | 8    | 10   | 15   | 20   | 25   |
| 0,4             | 0,79                       | 0,69 | 0,65 | 0,59 | 0,56 | 0,53 |
| 0,6             | 0,91                       | 0,81 | 0,77 | 0,71 | 0,68 | 0,65 |
| 0,8             | 1,03                       | 0,93 | 0,89 | 0,83 | 0,80 | 0,77 |
| 1,0             | 1,15                       | 1,05 | 1,01 | 0,95 | 0,92 | 0,89 |
| 1,2             | 1,27                       | 1,17 | 1,13 | 1,07 | 1,04 | 1,01 |

Прирост активного ила, полученный в процессе биологического удаления фосфора, следует принимать исходя из продукции 3 кг активного ила на 1 кг фосфора, подлежащего удалению.

7.6.20 Требуемую степень рециркуляции возвратного активного ила из вторичных отстойников и иловой смеси из зоны нитрификации в денитрификатор при предварительной денитрификации следует определять по формулам:

$$R_F = \frac{C_{NH_4N}}{C_{NO_3ex}} - 1, \quad (7.46)$$

$$R_F = \frac{Q_{RS} + Q_{RZ}}{Q_{max}}, \quad (7.47)$$

где  $C_{NH_4N}$  — концентрация аммонийного азота, подлежащая нитрификации, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{NO_3ex}$  — концентрация нитратного азота в сточной воде после вторичных отстойников, мг/дм<sup>3</sup>;

$Q_{max}$  — максимальный часовой расход сточных вод, поступающих на биологическую очистку, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{RS}$  — расход циркуляционного активного ила из вторичных отстойников, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{RZ}$  — расход циркуляционного потока иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор, м<sup>3</sup>/ч.

Степень денитрификации по удаляемому аммонийному азоту при предварительной денитрификации следует определять по зависимости

$$\eta_D = \frac{C_{NH_4N} - C_{NO_3ex}}{C_{NH_4N}} \leq 1 - \frac{1}{1 + R_F}. \quad (7.48)$$

**7.6.21** Длительность цикла обработки, ч, включающей время на нитрификацию и денитрификацию сточной воды, при чередующейся денитрификации следует определять по формуле

$$t_T = \frac{V}{Q_{\max}} \cdot \frac{C_{\text{NO}_3\text{ex}}}{C_{\text{NH}_4\text{N}}}. \quad (7.49)$$

Длительность цикла обработки при чередующейся денитрификации должна приниматься не менее 2 ч.

**7.6.22 Потребность в кислороде при очистке в сооружениях с активным илом**

**7.6.22.1** Потребность в кислороде при очистке сточной воды, кг/сут, следует определять как сумму расхода кислорода на деструкцию органических веществ и нитрификацию с учетом снижения потребности в кислороде за счет окисления органических веществ при денитрификации по уравнению

$$OV = OV_c + OV_N - OV_D, \quad (7.50)$$

где  $OV_c$  — расход кислорода на деструкцию органических веществ, кг/сут;

$OV_N$  — расход кислорода на нитрификацию, кг/сут;

$OV_D$  — снижение потребности в кислороде за счет окисления органических веществ при денитрификации, кг/сут.

**7.6.22.2** При отношении ХПК/БПК<sub>5</sub> сточной воды, поступающей на биологическую очистку, не более 2,2 удельный расход кислорода на обработку сточной воды с целью деструкции органических веществ, кг на кг БПК<sub>5</sub>, допускается определять по таблице 7.16 с учетом температуры и возраста ила. Для других значений возраста ила и температуры расход кислорода на обработку сточной воды с целью деструкции органических веществ  $OV_c$ , кг/сут, следует рассчитывать по формуле

$$OV_c = B_{\text{сут}} \cdot \left( 0,56 + \frac{0,15a_i \cdot 1,072^{(T-15)}}{1 + 0,17a_i \cdot 1,072^{(T-15)}} \right), \quad (7.51)$$

где  $B_{\text{сут}}$  — суточное поступление биохимически разлагаемых веществ на очистные сооружения, кг/сут, которое следует рассчитывать по формуле

$$B_{\text{сут}} = Q_{\text{расч}} L_{\text{ен}}, \quad (7.52)$$

здесь  $L_{\text{ен}}$  — БПК<sub>5</sub> сточных вод, поступающих на биологическую очистку, мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 7.16 — Удельный расход кислорода на обработку сточной воды с целью деструкции органических веществ, кг на кг БПК<sub>5</sub>**

| Температура T, °C | Возраст ила, сут |      |      |      |      |      |
|-------------------|------------------|------|------|------|------|------|
|                   | 4                | 8    | 10   | 15   | 20   | 25   |
| 10                | 0,85             | 0,99 | 1,04 | 1,13 | 1,18 | 1,22 |
| 12                | 0,87             | 1,02 | 1,07 | 1,15 | 1,21 | 1,24 |
| 15                | 0,92             | 1,07 | 1,12 | 1,19 | 1,24 | 1,27 |
| 18                | 0,96             | 1,11 | 1,16 | 1,23 | 1,27 | 1,30 |
| 20                | 0,99             | 1,14 | 1,18 | 1,25 | 1,29 | 1,32 |

**7.6.22.3** Расход кислорода на нитрификацию  $OV_N$ , кг/сут, следует рассчитывать по формуле

$$OV_N = Q_{\text{расч}} \cdot \frac{4,3 \cdot (C_{\text{NO}_3\text{D}} - C_{\text{NO}_3\text{ен}} + C_{\text{NO}_3\text{ex}})}{1000}, \quad (7.53)$$

где  $C_{\text{NO}_3\text{D}}$  — концентрация нитратного азота, подлежащего денитрификации, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{NO}_3\text{ен}}$  — концентрация нитратного азота в сточных водах, поступающих на сооружения биологической очистки, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{NO}_3\text{ex}}$  — концентрация нитратного азота в очищенных сточных водах, отводимых от сооружений биологической очистки (от вторичных отстойников), мг/дм<sup>3</sup>.

**7.6.22.4** Снижение потребности в кислороде  $OV_D$ , кг/сут, за счет окисления органических веществ в аноксичных условиях при денитрификации следует определять по формуле

$$OV_D = Q_{расч} \cdot \frac{2,9C_{NO_3D}}{1000}. \quad (7.54)$$

**7.6.22.5** Максимальную часовую потребность в кислороде  $OV_h$ , кг/ч, следует определять с учетом неравномерности его потребления в течение суток по формуле

$$OV_h = \frac{k_c \cdot (OV_c - OV_D) + k_N OV_N}{24}, \quad (7.55)$$

где  $k_c$  — коэффициент часовой неравномерности потребления кислорода при обработке сточной воды с целью деструкции органических веществ;

$k_N$  — коэффициент часовой неравномерности потребления кислорода при нитрификации.

Коэффициенты часовой неравномерности потребления кислорода  $k_c$  и  $k_N$  следует определять на основании данных технологических изысканий, при их отсутствии допускается принимать значения коэффициентов по таблице 7.17.

**Таблица 7.17 — Значения коэффициентов часовой неравномерности потребления кислорода**

| Возраст ила, сут | $k_c$ | $k_N$ при суточном поступлении органических загрязняющих веществ на сооружения биологической очистки, кг БПК <sub>5</sub> в сут |                         |          |
|------------------|-------|---|-------------------------|----------|
|                  |       | до 1200 включ.  | св. 1200 до 6000 включ. | св. 6000 |
| 4                | 1,30  | —   | —                       | —        |
| 8                | 1,25  | —   | —                       | —        |
| 10               | 1,20  | —   | 2,5                     | 2,0      |
| 15               | 1,20  | 2,5   | 2,5–1,8                 | 1,8      |
| 20               | 1,15  | 2,0   | 2,0–1,5                 | 1,5      |
| 25               | 1,10  | 1,5   | 1,5                     | —        |

**7.6.22.6** Требуемую подачу кислорода  $q_o$ , кг/ч, в технологические емкости с активным илом при непрерывной аэрации следует определять по формуле

$$q_o = \frac{C_T}{C_T - C_o} \cdot OV_h, \quad (7.56)$$

где  $C_T$  — растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и давления, принимаемая по справочным данным, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_o$  — концентрация кислорода в иловой смеси в технологической емкости, мг/дм<sup>3</sup>.

Для технологических емкостей с активным илом, в которых аэрация производится периодически, требуемую подачу кислорода следует рассчитывать по формуле

$$q_o = \frac{C_T}{C_T - C_o} \cdot OV_h \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_D}{V}}. \quad (7.57)$$

Концентрацию кислорода в технологических емкостях с активным илом при расчете систем аэрации следует принимать 2,0 мг/л.

**7.6.22.7** Тип аэраторов в технологических емкостях с активным илом следует выбирать на основании технико-экономического расчета с учетом их параметров (потери давления, размера пузырьков воздуха, устойчивости к засорению, срока службы, простоты обслуживания и т. д.).

Аэраторы должны обеспечивать требуемый кислородный режим и интенсивность перемешивания активного ила.

При подборе механических, пневмомеханических и струйных аэраторов следует исходить из их производительности по кислороду, определенной при температуре 20 °С, и отсутствия растворенного в воде кислорода.

Количество аэраторов следует определять исходя из требуемого расхода кислорода, определенного по формулам (7.53) и (7.54), и данных производителей аэрационных систем. При отсутствии указанных данных допускается использовать значения, приведенные в таблицах Д.1 и Д.2 (приложение Д).

Количество аэраторов в регенераторах и на первой половине длины аэротенков-вытеснителей следует принимать в 2 раза больше, чем на остальной длине аэротенков.

**7.6.22.8** Заглубление аэраторов следует принимать с учетом давления воздухоподводящего оборудования и потерь давления в коммуникациях и аэраторах.

В аэротенках необходимо предусматривать возможность опорожнения и устройства для выпуска воды из воздухораспределительной системы.

В системах аэрации, в которых аэраторы не фиксируются к опорным элементам на дне емкостных сооружений, следует предусматривать возможность извлечения отдельных секций с аэраторами без опорожнения технологических емкостей.

**7.6.22.9** В качестве воздухоподающего оборудования допускается применять воздуходувки, газодувки и нагнетатели, механические и пневмомеханические аэраторы, а также специальные устройства (эрлифты).

При подборе воздухоподающего оборудования требуемый расход воздуха следует определять исходя из требуемой подачи кислорода и с учетом содержания кислорода в атмосферном воздухе. Содержание кислорода в атмосферном воздухе при нормальных условиях (при температуре 0 °С (273 К) и давлении 101 325 Па) следует принимать 20,9 % по объему или 23,1 % — по массе.

Для условий, отличающихся от указанных, концентрацию кислорода в воздухе следует принимать по данным метеорологических станций, ближайших к проектируемым очистным сооружениям. Допускается концентрацию кислорода в атмосферном воздухе  $C_{O_2}$ , г/м<sup>3</sup>, рассчитывать по формуле

$$C_{O_2} = 83 \cdot \left( \frac{P - P_e}{T} \right), \quad (7.58)$$

где  $P$  — атмосферное давление, гПа;

$P_e$  — парциальное давление водяного пара в воздухе для данной температуры, гПа;

$T$  — температура воздуха, К.

**7.6.22.10** Системы аэрации необходимо проверять на перемешивающую способность по поддержанию активного ила во взвешенном состоянии.

При использовании пневматической аэрации для обеспечения достаточной перемешивающей способности интенсивность аэрации должна быть в пределах от 1,0 до 3,0 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч.

Зону действия механических аэраторов следует определять расчетом; ориентировочно она составляет пять-шесть диаметров рабочего колеса.

При недостаточной перемешивающей способности аэраторов допускается использование дополнительных устройств для механического перемешивания с обеспечением скоростей движения иловой смеси, указанных в 7.6.3.

**7.6.23** Количество секций аэротенков и других технологических емкостей с активным илом, как правило, следует принимать не менее двух (все рабочие). В сооружениях с регенерацией активного ила необходимо предусматривать возможность работы технологических емкостей с переменным объемом регенераторов.

Рабочая глубина технологических емкостей с активным илом должна определяться с учетом технологических требований, параметров аэрационного и перемешивающего оборудования.

**7.6.24** Рециркуляцию активного ила следует осуществлять эрлифтами или насосами.

При организации циркуляции возвратного ила и иловой смеси в анаэробную емкость и денитрификаторы следует предусматривать мероприятия по минимизации содержания растворенного кислорода в указанных циркуляционных потоках.

**7.6.25** При необходимости в аэротенках следует предусматривать мероприятия по локализации пены — орошение водой через брызгала или применение химических антивспенивателей.

Интенсивность разбрызгивания при орошении следует принимать по экспериментальным данным.

Применение химических антивспенивателей должно быть согласовано с органами санитарно-эпидемиологической службы и охраны природных ресурсов.

## 7.7 Циркуляционные окислительные каналы

**7.7.1** Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК) следует предусматривать для биологической очистки сточных вод с активным илом с предварительным отстаиванием и без предварительного отстаивания сточной воды. Необходимость предварительного отстаивания определяется технологическими расчетами в зависимости от цели очистки сточной воды.

**7.7.2** При использовании ЦОК для очистки сточных вод с целью деструкции органических веществ продолжительность аэрации допускается определять по формуле (7.4). При этом следует принимать:  $\rho$  — среднюю скорость окисления по БПК<sub>5</sub> — 4 мг/(г·ч); прирост активного ила — 0,27 кг на 1 кг БПК<sub>5</sub>; удельный расход кислорода — 0,85 мг на 1 мг снятой БПК<sub>5</sub>.

**7.7.3** Для циркуляционных окислительных каналов следует принимать форму канала в плане подковообразной, прямоугольной или овальной. Допускается использование других форм в плане при обосновании. Для оптимизации потока допускается устройство в каналах внутренних струенаправляющих перегородок.

**7.7.4** Аэрацию сточных вод в окислительных каналах следует предусматривать пневматическими или механическими аэраторами.

Размеры аэраторов и параметры их работы следует принимать по паспортным данным в зависимости от производительности по кислороду и скорости воды в канале, с учетом требований 7.6.22.

Создание циркуляционного потока в канале осуществляют путем использования погружных низкоскоростных мешалок или других устройств при обосновании. Скорость движения иловой смеси в канале должна быть не менее указанной в 7.6.3. Размещение мешалок и аэраторов в циркуляционном канале следует предусматривать на прямых участках с учетом взаимного влияния данных устройств. Минимальное расстояние от мест монтажа мешалок до зоны установки аэраторов следует принимать по рекомендациям производителей мешалок. Монтаж мешалок в зоне установки аэраторов не допускается.

**7.7.5** При использовании для аэрации и создания циркуляционного движения сточных вод в окислительных каналах механических аэраторов их следует устанавливать в начале прямых участков канала. Длину аэратора необходимо принимать не менее ширины канала по дну и не более ширины канала по зеркалу воды, количество аэраторов — не менее двух.

Скорость течения воды в канале  $V_{cc}$ , м/с, создаваемую аэратором, следует определять по формуле

$$V_{cc} = \sqrt{\frac{J_{air} \cdot l_{air}}{\omega_{cc} \cdot \left( \frac{n_1^2}{R^{3/4}} \cdot l_{cc} + 0,05 \cdot \sum \xi \right)}}, \quad (7.59)$$

где  $J_{air}$  — импульс давления аэратора, принимаемый по характеристике аэратора;

$l_{air}$  — длина аэратора, м;

$\omega_{cc}$  — площадь живого сечения канала, м<sup>2</sup>;

$n_1$  — коэффициент шероховатости; для бетонных стенок  $n_1 = 0,014$ ;

$R$  — гидравлический радиус, м;

$l_{cc}$  — длина канала, м;

$\sum \xi$  — сумма коэффициентов местных сопротивлений; для О-образного канала  $\sum \xi$  равна 0,5.

**7.7.6** При использовании циркуляционных окислительных каналов для очистки сточных вод с нитрификацией и денитрификацией следует использовать расчетные зависимости, приведенные в 7.6.17 – 7.6.24.

**7.7.7** Выпуск смеси сточных вод с активным илом из циркуляционных каналов во вторичный отстойник следует предусматривать самотеком, продолжительность пребывания сточных вод во вторичном отстойнике по максимальному расходу — 1,5 ч.

Из вторичного отстойника следует предусматривать непрерывную подачу возвратного активного ила в канал, подачу избыточного ила на сооружения по обработке осадка — периодическую.

**7.7.8** Иловые площадки следует рассчитывать исходя из нагрузок для осадка, сброженного в мезофильных условиях.

## 7.8 Вторичные отстойники. Илоотделители

**7.8.1** Вторичные отстойники после биофильтров и аэротенков следует рассчитывать по гидравлической нагрузке на поверхность, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч), с учетом коэффициента использования объема сооружения, гидравлической крупности осаждаемого ила. Влажность осадка из вторичных отстойников после аэротенков следует принимать 99,6 %, после биофильтров — 97,3 %.

**7.8.2** Нагрузку на поверхность вторичных отстойников  $q_{ssb}$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , после биофильтров всех типов следует рассчитывать по формуле

$$q_{ssb} = 3,6K_{set}u_0, \quad (7.60)$$

где  $u_0$  — гидравлическая крупность биопленки; при полной биологической очистке  $u_0$  равна 1,4 мм/с;

$K_{set}$  следует принимать по 6.5.7.

При определении площади отстойников необходимо учитывать рециркуляционный расход.

**7.8.3** Вторичные отстойники всех типов после аэротенков следует рассчитывать по гидравлической нагрузке  $q_{ssa}$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , с учетом концентрации активного ила в аэротенке  $a_t$ , г/л, его индекса  $J_i$ ,  $\text{см}^3/\text{г}$ , и концентрации ила в осветленной воде  $a_i$ , мг/л, по формуле

$$q_{ssa} = \frac{4,5K_{ss}H_{set}^{0,8}}{(0,1J_i a_i)^{(0,5-0,01a_t)}}, \quad (7.61)$$

где  $K_{ss}$  — коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников — 0,40, вертикальных — 0,35, вертикальных с периферийным выпуском — 0,50, горизонтальных — 0,45;

$a_t$  — следует принимать не менее 10 мг/л;

$a_i$  — то же, не более 15 г/л.

**7.8.4** Конструктивные параметры отстойников следует принимать согласно 6.5.7 – 6.5.10.

**7.8.5** Нагрузку на 1 м сборного водослива осветленной воды следует принимать не более 8–10  $\text{дм}^3/\text{с}$ .

**7.8.6** В качестве илоотделителей после аэротенков, работающих с высокими дозами активного ила (более 4–5  $\text{г}/\text{дм}^3$ ), допускается применять сооружения и устройства различных конструкций по рекомендациям научно-исследовательских организаций (осветлители со взвешенным слоем осадка, тонкослойные модули, флотационные установки и т. п.).

**7.8.7** Гидравлическую нагрузку на илоотделители для окситенков или аэротенков-отстойников, работающих в режиме осветлителей со взвешенным осадком, зависящую от произведения дозы ила и илового индекса  $a_t J_i$ , следует принимать по таблице 7.18.

**Таблица 7.18**

|   |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $a_t J_i$   | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| $q_{ms}$ , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ | 5,6 | 3,3 | 1,8 | 1,2 | 0,8 | 0,7 |

**7.8.8** Расчет флотационных установок для разделения иловой смеси следует вести в зависимости от требуемой степени осветления по содержанию взвешенных веществ согласно таблице 7.19.

**Таблица 7.19**

| Параметр  | Содержание взвешенных веществ, мг/л |    |    |
|---|-------------------------------------|----|----|
|   | 15                                  | 10 | 5  |
| Продолжительность флотации, мин   | 40                                  | 50 | 60 |
| Удельный расход воздуха, $\text{дм}^3/\text{кг}$ взвешенных веществ ила | 4                                   | 6  | 9  |

Давление в напорном резервуаре следует принимать от 0,6 до 0,9 МПа, продолжительность насыщения — 3–4 мин.

**7.8.9** При расчете илоуплотнителей и систем перекачки избыточного активного ила следует учитывать сезонную неравномерность прироста ила. Сезонную неравномерность прироста ила следует учитывать применяя коэффициент неравномерности  $K_n$ , равный 1,3.

## 7.9 Биологические пруды

**7.9.1** Биологические пруды следует применять для очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод, содержащих органические вещества.

Допускается использовать биологические пруды для глубокой очистки сточных вод после полной биологической очистки при реконструкции очистных сооружений при их производительности, не превышающей 10 000 эквивалентных жителей.

**7.9.2** Биологические пруды допускается проектировать как с естественной, так и с искусственной аэрацией (пневматической или механической).

**7.9.3** При очистке в биологических прудах сточные воды не должны содержать взвешенных веществ более 150 мг/л, иметь БПК<sub>5</sub> более 130 мг/дм<sup>3</sup> — для прудов с естественной аэрацией и более 330 мг/дм<sup>3</sup> — для прудов с искусственной аэрацией.

При БПК<sub>5</sub> более 330 мг/дм<sup>3</sup> следует предусматривать предварительную очистку сточных вод.

**7.9.4** В пруды для глубокой очистки допускается направлять сточную воду после биологической или физико-химической очистки с БПК<sub>5</sub> не более 25 мг/дм<sup>3</sup> — для прудов с естественной аэрацией и не более 50 мг/дм<sup>3</sup> — для прудов с искусственной аэрацией.

**7.9.5** Перед прудами для очистки следует предусматривать решетки с прозорами не более 16 мм и отстаивание сточных вод в течение не менее 30 мин.

После прудов с искусственной аэрацией необходимо предусматривать отстаивание очищенной воды в течение 2,0–2,5 ч.

**7.9.6** Биологические пруды следует устраивать на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах следует осуществлять противофильтрационные мероприятия.

**7.9.7** Биологические пруды следует располагать с подветренной по отношению к жилой застройке стороны господствующего направления ветра в теплое время года. Направление движения воды в пруде должно быть перпендикулярным к господствующему направлению ветра.

**7.9.8** Биологические пруды следует проектировать не менее чем из двух параллельных секций с тремя — пятью последовательными ступенями в каждой, с возможностью отключения любой секции пруда для чистки или профилактического ремонта без нарушения работы остальных.

**7.9.9** Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. При меньшем отношении следует предусматривать конструкции впускных и выпускных устройств, обеспечивающие движение воды по всему живому сечению пруда.

**7.9.10** В прудах с искусственной аэрацией отношение сторон секций может быть любым, при этом аэрирующие устройства должны обеспечивать движение воды в любой точке пруда со скоростью не менее 0,05 м/с. Форма прудов в плане принимается исходя из предусматриваемого типа и конструктивных особенностей аэраторов.

**7.9.11** Отметка лотка перепускной трубы из одной ступени в другую должна быть выше дна на 0,3–0,5 м.

Выпуск очищенной воды следует осуществлять через сборное устройство, расположенное ниже уровня воды на 0,15–0,20 м глубины пруда.

**7.9.12** Хлорировать воду следует, как правило, после прудов. В отдельных случаях (при длине прокладки трубопровода хлорной воды более 500 м или при необходимости строительства отдельной хлораторной и т. п.) допускается хлорирование перед прудами.

Концентрация остаточного хлора в воде после контакта не должна превышать 0,25–0,50 г/м<sup>3</sup> при хлорировании перед биологическими прудами.

**7.9.13** Рабочий объем пруда следует определять по времени пребывания в нем среднесуточного расхода сточных вод.

**7.9.14** Время пребывания воды в пруде с естественной аэрацией  $t_{lag}$ , сут, следует определять по формуле

$$t_{lag} = \frac{1}{K_{lag}k} \cdot \sum_1^{N-1} \lg \frac{L_{en}}{L_{ex}} + \frac{1}{K'_{lag}k'} \cdot \lg \frac{L'_{en} - L_{fin}}{L'_{ex} - L_{fin}}, \quad (7.62)$$

где  $N$  — количество последовательных ступеней пруда;

$K_{lag}$  — коэффициент объемного использования каждой ступени пруда;

$K'_{lag}$  — то же, последней ступени;

$K_{lag}$  и  $K'_{lag}$  принимаются для искусственных прудов с отношением длины секций к ширине 20:1 и более — 0,8–0,9; при отношении 1:1 – 3:1 или для прудов, построенных на основе естественных местных водоемов (озер, запруд и т. п.), — 0,35; для промежуточных случаев определяются интерполяцией;

$L_{en}$  — БПК<sub>5</sub> воды, поступающей в данную ступень пруда;

$L'_{en}$  — то же, для последней ступени пруда;

$L_{ex}$  — БПК<sub>5</sub> воды, выходящей из данной ступени пруда;

- $L'_{ex}$  — то же, для последней ступени пруда;  
 $L_{fin}$  — остаточная БПК<sub>5</sub>, обусловленная внутриводоемными процессами и принимаемая летом 2–3 мг/л (для цветущих прудов — до 5 мг/л), зимой — 1–2 мг/л;  
 $k$  — константа скорости потребления кислорода, сут<sup>-1</sup>; для производственных сточных вод устанавливается экспериментальным путем; для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод при отсутствии экспериментальных данных  $k$  для всех промежуточных секций очистного пруда может быть принята равной 0,1 для последней ступени — 0,07 (при температуре воды 20 °С).

Для прудов глубокой очистки  $k$ , сут<sup>-1</sup>, следует принимать: для первой ступени — 0,07; для второй ступени — 0,06; для остальных ступеней пруда — 0,05–0,04; для одноступенчатого пруда — 0,06.

Для температуры воды, отличающейся от 20 °С, значение  $k$  должно быть скорректировано по формулам:

— для температуры воды от 5 °С до 30 °С

$$k_T = k \cdot 1,047^{T-20}; \quad (7.63)$$

— для температуры воды от 0 °С до 5 °С

$$k_T = k \cdot \left[ 1,12 \cdot (T + 1)^{-0,022} \right]^{T-20}, \quad (7.64)$$

где  $k$  — коэффициент, определяемый в лабораторных условиях при температуре воды 20 °С.

**7.9.15** Общую площадь зеркала воды пруда  $F_{lag}$ , м<sup>2</sup>, с естественной аэрацией следует определять по формуле

$$F_{lag} = \frac{Q_W C_a \cdot (L_{en} - L_{ex})}{K_{lag} \cdot (C_a - C_{ex}) \cdot r_a}, \quad (7.65)$$

где  $Q_W$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$C_a$  — растворимость кислорода воздуха в воде, мг/дм<sup>3</sup>, принимаемая по справочным данным в зависимости от температуры и атмосферного давления;

$C_{ex}$  — концентрация кислорода, которую необходимо поддерживать в воде, выходящей из пруда, мг/л;

$r_a$  — величина атмосферной аэрации при дефиците кислорода, равном единице, принимаемая 3–4 г/(м<sup>2</sup>·сут);

$L_{en}$ ,  $L_{ex}$ ,  $K_{lag}$  следует определять по формуле (7.62).

**7.9.16** Расчетную глубину пруда  $H_{lag}$ , м, с естественной аэрацией следует определять по формуле

$$H_{lag} = \frac{K_{lag} \cdot (C_a - C_{ex}) \cdot r_a \cdot t_{lag}}{C_a \cdot (L_{en} - L_{ex})}. \quad (7.66)$$

Рабочая глубина пруда, м, не должна превышать: 0,5 — при  $L_{en}$  более 100 мг/дм<sup>3</sup>; 1,0 — при  $L_{en}$  до 100 мг/дм<sup>3</sup>; для прудов глубокой очистки: 2,0 — при  $L_{en}$  от 20 до 40 мг/дм<sup>3</sup>; 3,0 — при  $L_{en}$  до 20 мг/дм<sup>3</sup>. При возможности замерзания пруда зимой  $H$  должна быть увеличена на 0,5 м.

**7.9.17** Время пребывания воды  $t'_{lag}$ , сут, глубокой очистки в пруде с искусственной аэрацией следует определять по формуле

$$t'_{lag} = \frac{N}{2,3} \cdot \left( \sqrt[N]{\frac{L_{en}}{L_{ex} - L_{fin}}} - 1 \right). \quad (7.67)$$

Динамическая константа скорости потребления кислорода  $k_d$  определяется по формуле

$$k_d = \beta_1 k, \quad (7.68)$$

где  $\beta_1$  — коэффициент, зависящий от скорости  $V_{lag}$ , м/с, движения воды в пруде, создаваемой аэрирующими устройствами или перемещением воды по коридорам лабиринтного типа, определяется по формуле

$$\beta_1 = 1 + 120V_{lag}. \quad (7.69)$$

Если  $V_{lag} > 0,05$  м/с, то  $\beta_1 = 7$ .



**7.9.18** Для повышения глубины очистки сточной воды и снижения содержания в ней биогенных элементов (азота и фосфора) рекомендуется применение в пруде высшей водной растительности — камыша, рогоза, тростника и др. Высшая водная растительность должна быть размещена в последней секции пруда.

Допускается учитывать снижение содержания биогенных элементов (азота и фосфора) в очищенной сточной воде пропорционально выносу указанных элементов биомассой высшей водной растительности при условии ее окашивания и извлечения из биологических прудов.

Вынос биогенных элементов азота  $R_N$ , кг, и фосфора  $R_P$ , кг, за период вегетации высшей водной растительностью допускается определять по зависимостям:

$$R_N = F_p b_p C_N, \quad (7.70)$$

$$R_P = F_p b_p C_P, \quad (7.71)$$

где  $F_p$  — площадь, занятая посадками высшей водной растительности,  $m^2$ ;

$b_p$  — продуктивность высшей водной растительности,  $кг/м^2$ ;

$C_N$  — содержание азота в биомассе высшей водной растительности,  $кг/кг$ ;

$C_P$  — содержание фосфора в биомассе высшей водной растительности,  $кг/кг$ .

Площадь, занимаемую высшей водной растительностью, допускается определять по нагрузке, составляющей  $10\ 000\ м^3/сут$  на  $1\ га$  при плотности посадки от  $150$  до  $200$  растений на  $1\ м^2$ .

## 7.10 Сооружения для очистки сточных вод малой производительности

**7.10.1** Для очистки сточных вод небольших поселков, отдельно стоящих предприятий, зон отдыха, фермерских хозяйств, массивов малоэтажной застройки и т. п. допускается применение компактных установок заводского изготовления при условии гарантии изготовителем необходимого эффекта очистки и по согласованию с территориальными органами Государственного санитарного надзора и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

**7.10.2** Допускается применение методов биологической очистки сточных вод в условиях, близких к естественным (полей фильтрации, полей подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей, биологических прудов, грунтово-растительных биофильтров), при соответствующем обосновании: благоприятных инженерно-геологических условиях, низком уровне стояния грунтовых вод, защищенности подземных вод и водных объектов от загрязнения.

Применение полей фильтрации допускается для очистки сточных вод при их расходе, не превышающем  $200\ м^3/сут$ , отводимых от объектов, расположенных вне населенных пунктов, в случаях, если дальность транспортирования очищенных сточных вод до водотока-приемника превышает  $1\ км$ .

**7.10.3** Поля фильтрации для биологической очистки сточных вод следует предусматривать, как правило, на песках, супесях и легких суглинках. Продолжительность отстаивания сточных вод перед поступлением их на поля фильтрации следует принимать не менее  $30\ мин$ .

**7.10.4** Площадки для полей фильтрации необходимо выбирать:

— со спокойным и слабовыраженным рельефом с уклоном до  $0,02$ ;

— с расположением их ниже по течению потока подземных вод от сооружений забора подземных вод на расстоянии, равном величине радиуса депрессионной воронки, но не менее  $200\ м$  — для легких суглинков,  $300\ м$  — для супесей и  $500\ м$  — для песков.

При расположении полей фильтрации выше по течению потока подземных вод расстояние их до сооружений для забора подземных вод следует принимать с учетом гидрогеологических условий и требований санитарной охраны источника водоснабжения.

На территориях, граничащих с местами выклинивания водоносных горизонтов, а также при наличии трещиноватых пород и карстов, не перекрытых водоупорным слоем, размещение полей фильтрации не допускается.

**7.10.5** Нагрузку сточных вод на поля фильтрации следует принимать на основании данных опыта эксплуатации полей фильтрации, находящихся в аналогичных условиях.

Нагрузку бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод допускается принимать по таблице 7.20.

Таблица 7.20

| Грунты          | Среднегодовая температура воздуха, °С | Нагрузка сточных вод, м <sup>3</sup> /(га·с), при залегании грунтовых вод на глубине, м |     |     |
|-----------------|---------------------------------------|---|-----|-----|
|                 |                                       | 1,5   | 2,0 | 3,0 |
| Легкие суглинки | От 0 до 3,5 включ.                    | —   | 41  | 45  |
|                 | “ 3,5 “ 6 “                           | —   | 52  | 56  |
|                 | “ 6 “ 11 “                            | —   | 56  | 64  |
|                 | Св. 11                                | —   | 64  | 75  |
| Супеси          | От 0 до 3,5 включ.                    | 64  | 68  | 88  |
|                 | “ 3,5 “ 6 “                           | 72  | 80  | 96  |
|                 | “ 6 “ 11 “                            | 80  | 88  | 104 |
|                 | Св. 11                                | 96  | 104 | 120 |
| Пески           | От 0 до 3,5 включ.                    | 102   | 119 | 153 |
|                 | “ 3,5 “ 6 “                           | 127   | 148 | 191 |
|                 | “ 6 “ 11 “                            | 136   | 161 | 200 |
|                 | Св. 11                                | 153   | 178 | 212 |

**7.10.6** Площадь полей фильтрации следует проверять на намораживание сточных вод. Продолжительность намораживания следует принимать равной количеству дней со среднесуточной температурой воздуха ниже минус 10 °С.

Величину фильтрации сточных вод в период их намораживания необходимо определять с уменьшением на величину коэффициента, приведенного в таблице 7.21.

Таблица 7.21

| Грунты          | Коэффициент снижения величины фильтрации в период намораживания |
|-----------------|---|
| Легкие суглинки | 0,30  |
| Супеси          | 0,45  |
| Пески           | 0,55  |

**7.10.7** Необходимо предусматривать резервные карты, площадь которых должна быть обоснована в каждом отдельном случае и не должна превышать полезную площадь полей фильтрации более чем на 20 %.

**7.10.8** Дополнительную площадь для устройства сетей, дорог, оградительных валиков, древесных насаждений допускается принимать в размере до 25 % при площади полей фильтрации более 1000 га и до 35 % — при площади 1000 га и менее.

**7.10.9** Размеры карт полей фильтрации необходимо определять в зависимости от рельефа местности, общей рабочей площади полей, способа обработки почвы.

Отношение ширины карты к длине следует принимать от 1:2 до 1:4; при обосновании допускается увеличение длины карты.

**7.10.10** На картах полей фильтрации, предназначенных для намораживания сточных вод, следует предусматривать выпуски талых вод на резервные карты.

**7.10.11** Устройство дренажа (открытого или закрытого) на полях фильтрации обязательно при залегании грунтовых вод на глубине менее 1,5 м от поверхности карт независимо от характера грунта, а также при большей глубине залегания грунтовых вод, при неблагоприятных фильтрационных свойствах грунтов, когда одни осушительные каналы (без устройства закрытого дренажа) не обеспечивают необходимого понижения уровня грунтовых вод.

**7.10.12** В случае эксплуатации очистных сооружений, включающих поля фильтрации с постоянным или периодическим присутствием обслуживающего персонала при полях фильтрации, следует предусматривать душевую, помещения для сушки спецодежды, для отдыха и приема пищи.

**7.10.13** Проектирование полей подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей следует выполнять в соответствии с ТКП 45-4.01-51.

**7.10.14** Проектирование полей орошения следует выполнять в соответствии с ТКП 45-3.04-178.

### 7.11 Сооружения для насыщения очищенных сточных вод кислородом

**7.11.1** При необходимости дополнительного насыщения очищенных сточных вод кислородом перед спуском их в водный объект следует предусматривать специальные устройства: при наличии свободного перепада уровней между площадкой очистных сооружений и горизонтом воды в водном объекте — многоступенчатые водосливы-аэраторы, быстротокки и др., в остальных случаях — барботажные сооружения.

**7.11.2** При проектировании водосливов-аэраторов следует принимать:

— водосливные отверстия — в виде тонкой зубчатой стенки с зубчатым щитом над ней (зубья стенки и щита обращены один к другому остриями);

— высоту зубьев — 50 мм, угол при вершине — 90°;

— высоту отверстия между остриями зубьев — 50 мм;

— длину колодца нижнего бьефа — 4,0 м, глубину — 0,8 м;

— удельный расход воды  $q_w$  — от 0,12 до 0,16 м<sup>3</sup>/с на 1 м длины водослива;

— высоту слоя воды на водосливе  $h_w$ , м (от середины зубчатого отверстия) — по формуле

$$h_w = \left( \frac{q_w}{225} \right)^2. \quad (7.72)$$

**7.11.3** Количество ступеней водосливов-аэраторов  $N_{wa}$  и величина перепада уровней  $z_{st}$ , м, на каждой ступени, необходимые для обеспечения необходимой концентрации кислорода  $C_{ex}$ , мг/л, в сточной воде на выпуске в водный объект, определяются последовательным подбором из соотношения

$$\frac{C_a - C_{ex}}{C_a - C_s} = \varphi_{20}^{N_{wa} K_T K_3}, \quad (7.73)$$

где  $C_a$  — растворимость кислорода воздуха в воде, мг/дм<sup>3</sup>, принимаемая по справочным данным в зависимости от температуры и атмосферного давления;

$C_{ex}$  — концентрация кислорода в очищенной сточной воде, которая должна быть обеспечена на выпуске в водоем;

$C_s$  — концентрация кислорода в сточной воде перед сооружением для насыщения; при отсутствии данных  $C_s = 0$ ;

$N_{wa}$  — количество ступеней водосливов;

$K_T$  — коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, который следует определять по формуле

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20), \quad (7.74)$$

здесь  $T_w$  — среднемесячная температура воды за летний период, °С;

$K_3$  — коэффициент качества воды, принимаемый для городских сточных вод 0,85; для производственных сточных вод — по опытным данным, при их отсутствии допускается принимать  $K_3$  равным 0,7;

$\varphi_{20}$  — коэффициент, учитывающий эффективность аэрации на водосливах в зависимости от перепада уровней и принимаемый по таблице 7.22.

Таблица 7.22

|                |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|
| $z_{st}$ , М   | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| $\varphi_{20}$ | 0,71 | 0,65 | 0,59 | 0,55 | 0,52 |

**7.11.4** При проектировании барботажных сооружений следует принимать:

— количество ступеней — 3–4;

— аэраторы — мелкопузырчатые или среднепузырчатые;

— расположение аэраторов — равномерное по дну сооружения;

— интенсивность аэрации — не более 100 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

**7.11.5** Удельный расход воздуха в барботажных сооружениях  $q_b$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$q_b = \frac{N_b}{K_1 K_2 K_3 K_T} \cdot \left[ \left( \frac{C_a - C_{ex}}{C_a - C_s} \right)^{\frac{1}{N_b}} - 1 \right], \quad (7.75)$$

где  $N_b$  — количество ступеней аэрации;

$K_1$  — коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площади аэрируемой зоны  $F_{az}$ , м<sup>2</sup>, и общей площади сооружения  $F_{at}$ , м<sup>2</sup>, по таблице 7.23, для среднепузырчатой и низконапорной  $K_1$  равен 0,75;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий глубину погружения аэраторов  $h_a$ , м, принимаемый по таблице 7.24;

$K_3$ ,  $K_T$ ,  $C_a$ ,  $C_{ex}$ ,  $C_s$  следует принимать по 7.11.3.

**Таблица 7.23**

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $F_{az}/F_{at}$ | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,75 | 0,10 |
| $K_1$           | 1,34 | 1,47 | 1,68 | 1,89 | 1,94 | 2,00 | 2,13 | 2,30 |

**Таблица 7.24**

|       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $h_a$ | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 |
| $K_2$ | 0,40 | 0,46 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 2,08 | 2,52 | 2,92 | 3,30 |

## 8 Обеззараживание сточных вод

**8.1** Обеззараживание сточных вод следует производить по требованию органов государственного санитарного надзора с использованием передвижных или стационарных установок. Обеззараживание бытовых сточных вод и их смеси с производственными следует производить после очистки. При раздельной механической очистке бытовых и производственных сточных вод с последующей совместной биологической очисткой допускается предусматривать обеззараживание только потока бытовых сточных вод после механической очистки с дехлорированием их перед подачей на сооружения биологической очистки.

**8.2** Обеззараживание сточных вод следует производить хлором или другими хлорсодержащими реагентами (хлорной известью, гипохлоритом натрия, получаемом в виде продукта с химических предприятий, электролизом растворов солей или минерализованных вод, прямым электролизом сточных вод), озоном, ультрафиолетовым излучением.

**8.3** Расчетную дозу активного хлора следует принимать с учетом хлоропоглащаемости сточных вод при обеспечении остаточного хлора в очищенной воде после контакта не менее 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Для расчетов допускается принимать дозу активного хлора, мг/дм<sup>3</sup>:

10 — после механической очистки;

3 — после биологической, физико-химической и глубокой очистки.

**8.4** Хлорное хозяйство и электролизные установки следует проектировать, руководствуясь требованиями ТНПА по проектированию сооружений по обеззараживанию сточных вод и [8].

Хлорное хозяйство станции очистки сточных вод должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза без изменения вместимости склада.

**8.5** Для смешения сточной воды с хлорсодержащими реагентами следует применять смесители любого типа.

**8.6** Продолжительность контакта хлора с водой в контактных резервуарах или в отводящей системе до выпуска в водный объект следует принимать равной 30 мин.

Контактные резервуары количеством не менее двух следует проектировать как первичные отстойники без скребков. Количество выпадающего осадка после сооружений биологической очистки следует принимать 0,5 дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> сточной воды при влажности 98 %.

**8.7** Проектирование обеззараживающих установок с использованием ультрафиолетового излучения и озона, а также других устройств для обеззараживания сточной воды следует выполнять по рекомендациям научно-исследовательских организаций и изготовителей оборудования с учетом требований охраны окружающей среды, техники безопасности и охраны труда эксплуатирующего персонала по [9].

## **9 Сооружения для глубокой очистки сточных вод**

**9.1** Сооружения применяются для обеспечения более глубокой очистки городских и производственных сточных вод и их смеси, прошедших биологическую очистку, а также для производственных сточных вод после механической, химической или физико-химической очистки перед отведением в водные объекты или повторным использованием их в производстве или сельском хозяйстве.

**9.2** В качестве сооружений для глубокой очистки сточных вод могут быть применены фильтры с зернистой загрузкой различных конструкций, сетчатые барабанные фильтры, биологические пруды, сооружения для насыщения сточных вод кислородом, грунтовые фильтрационные площадки и другие сооружения при соответствующем обосновании.

Выбор типа сооружений следует производить с учетом качества исходных сточных вод, требований степени очистки, наличия фильтрующих материалов.

**9.3** Проектирование биологических прудов следует производить согласно 7.9.

### **9.4 Фильтры с зернистой загрузкой**

**9.4.1** Фильтры с зернистой загрузкой рекомендуются следующих конструкций: однослойные, двухслойные и каркасно-засыпные фильтры (КЗФ).

В зависимости от конструкции и климатических условий фильтры следует располагать на открытых площадках или в помещении. При расположении фильтров на открытом воздухе трубопроводы, запорная арматура, насосы и прочие коммуникации должны располагаться в проходных галереях.

**9.4.2** В качестве фильтрующего материала допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми технологическими свойствами, химической стойкостью и механической прочностью.

**9.4.3** Расчет конструктивных элементов фильтров следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03 и настоящего технического кодекса.

**9.4.4** Расчетные параметры фильтров с зернистой загрузкой для глубокой очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод после биологической очистки следует принимать по таблице 9.1.

Расчет площади фильтров следует производить по максимальному часовому притоку за вычетом допустимой неравномерности, равной 15 %.

**9.4.5** При проектировании фильтров с зернистой загрузкой следует предусматривать:

— установку перед фильтрами (кроме КЗФ) барабанных сеток — при подаче сточных вод после биологической очистки;

— водовоздушную промывку — для однослойных фильтров, водяную — для двухслойных, водовоздушную или водяную — для каркасно-засыпных;

— вместимость резервуаров промывной воды и грязных вод от промывки фильтров — не менее чем на две промывки;

— при необходимости, насыщение фильтрованной воды кислородом согласно 7.11;

— трубчатые распределительные дренажные системы большого сопротивления;

— устройство гидравлического или механического взрыхления верхнего слоя загрузки — для фильтров с подачей воды сверху вниз.

**9.4.6** Для предотвращения биологического обрастания фильтров с зернистой загрузкой необходимо предусматривать периодическую обработку фильтра (2–3 раза в год) хлорной водой с содержанием хлора до 150 мг/л при продолжительности контакта 24 ч.

**9.4.7** Проектирование фильтров с зернистой загрузкой для глубокой очистки производственных сточных вод следует производить по данным технологических исследований.

Таблица 9.1

| Фильтр   | Параметры фильтрующей загрузки |   |              |               | Высота слоя, м | Скорость фильтрования, м/ч, при режиме |               | Интенсивность промывки, $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ | Продолжительность этапа промывки, мин | Эффект очистки, %   |                         |   |   |   |
|--|--------------------------------|---|--------------|---------------|----------------|--|---------------|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|---|---|---|
|  | фильтрующий материал           | гранулометрическая характеристика загрузки $d$ , мм |              |               |                | нормальном                             | форсированном |   |                                       | по БПК <sub>5</sub> | по взвешенным веществам |   |   |   |
|  |                                | минимальная   | максимальная | эквивалентная |                |  |               |   |                                       |                     |                         |   |   |   |
| Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз  | Кварцевый песок                | 1,2   | 2            | 1,5–1,7       | 1,2–1,3        | 6–7                                    | 7–8           | Воздух (18–20)  | 2                                     | 50–60               | 70–75                   |   |   |   |
|  | Поддерживающие слои — гравий   | 2,0   | 5            | —             | 0,15–0,20      | 16                                     | 18            | Воздух (18–20) и вода (3–5)                                     | 10–12                                 | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                | 5,0   | 10           | —             | 0,10–0,15      |  |               |   | 6–8                                   | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                | 10,0  | 20           | —             | 0,10–0,15      |  |               |   |                                       |                     |                         |   |   |   |
|  |                                | 20,0  | 40           | —             | 0,20–0,25      |  |               |   |                                       |                     |                         |   |   |   |
| Однослойный крупнозернистый с подачей воды сверху вниз | Гранитный щебень               | 3,0   | 10           | 5,5           | 1,20           |  |               |   | 3                                     | 35–40               | 45–50                   |   |   |   |
|  |                                | Воздух (16)   | 4            | —             | —              |  |               |   |                                       |                     |                         |   |   |   |
| То же  | То же                          | 1,6   | 3            | 2,1           | 1,20           | 16                                     | 18            | Воздух (16) и вода (10)   | 3                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Вода (15)   | 3                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Воздух (16)   | 3                                     | 35–40               | 45–50                   |   |   |   |
| Двухслойный с подачей воды сверху вниз                 | Антрацит или керамзит          | 1,2   | 2            | —             | 0,40–0,50      | —                                      | —             | Воздух (16) и вода (10)   | 4                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Вода (15)   | 3                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Воздух (16)   | 3                                     | 35–40               | 45–50                   |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Воздух (16) и вода (10)   | 4                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | Вода (15)   | 3                                     | —                   | —                       |   |   |   |
| Двухслойный с подачей воды сверху вниз                 | Кварцевый песок                | 0,7   | 1,6          | —             | 0,60–0,70      | —                                      | —             | Вода (14–16)  | 10–12                                 | 60–70               | 70–80                   |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | —   | —                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | —   | —                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | —   | —                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | —   | —                                     | —                   | —                       |   |   |   |
| Поддерживающие слои — гравий                           | Кварцевый песок                | 2,0   | 5,0          | —             | 0,15–0,25      | —                                      | —             | —   | —                                     | —                   | —                       |   |   |   |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | 5,0   | 10,0                                  | —                   | 0,10–0,15               | — | — | — |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | 10,0  | 20,0                                  | —                   | 0,10–0,15               | — | — | — |
|  |                                |   |              |               |                |  |               | 20,0  | 40,0                                  | —                   | 0,20–0,25               | — | — | — |

Окончание таблицы 9.1

| Фильтр   | Параметры фильтрующей загрузки |   |              |               | Высота слоя, м | Скорость фильтрования, м/ч, при режиме |               | Интенсивность промывки, $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ | Продолжительность этапа промывки, мин | Эффект очистки, %   |                         |
|--|--------------------------------|---|--------------|---------------|----------------|--|---------------|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|
|  | фильтрующий материал           | гранулометрическая характеристика загрузки $d$ , мм |              |               |                | нормальном                             | форсированном |   |                                       | по БПК <sub>5</sub> | по взвешенным веществам |
|  |                                | минимальная   | максимальная | эквивалентная |                |  |               |   |                                       |                     |                         |
| Каркасно-засыпной (КЗФ)                              | Кварцевый песок                | 0,8   | 1,0          | —             | 0,90           | 10                                     | 15            | Воздух (14–16)<br>и вода (6–8)                                  | 5-7                                   | 70                  | 70–80                   |
|  | Каркас-гравий                  | 1,0   | 40,0         | —             | 1,80           | —                                      | —             | Вода (14–16)  | 3                                     | —                   | —                       |
|  |                                | 40,0  | 60,0         | —             | 0,50           | —                                      | —             |   |                                       |                     |                         |
|  | Кварцевый песок                | 0,8   | 1,2          | —             | 0,90           | 10                                     | 15            | Воздух (14–16)  | 2                                     | 70                  | 70–80                   |
|  |                                | Каркас-гравий                                       | 40,0         | 60,0          | —              | 1,80                                   | —             | —   | Воздух (14–16)<br>и вода (6–8)        | 6                   | —                       |
|  | Поддерживающие слои — гравий   | 5,0   | 10,0         | —             | 0,10           | —                                      | —             | Вода (14–16)  | 2                                     | —                   | —                       |
|  |                                | 2,0   | 5,0          | —             | 0,10           | —                                      | —             |   |                                       |                     |                         |
| 5,0  |                                | 10,0  | —            | 0,10          | —              | —                                      |               |   |                                       |                     |                         |
| 10,0   |                                | 20,0  | —            | 0,10          | —              | —                                      |               |   |                                       |                     |                         |
| Однослойный мелкозернистый с восходящим потоком воды | Кварцевый песок                | 1,2   | 2,0          | 1,5–1,7       | 1,50–2,00      | 11–12                                  | 13–14         | Воздух (18–20)  | 2                                     | 60–70               | 70–80                   |
|  |                                | Поддерживающие слои — гравий                        | 2,0          | 5,0           | —              | 0,20–0,25                              | —             | —   | Воздух (18–20)<br>и вода (3–5)        | 8–10                | —                       |
|  | Поддерживающие слои — гравий   | 5,0   | 10,0         | —             | 0,15–0,20      | —                                      | —             | Вода (7)  | 6–8                                   | —                   | —                       |
|  |                                | 10,0  | 20,0         | —             | 0,15–0,20      | —                                      | —             |   |                                       |                     |                         |
|  |                                | 20,0  | 40           | —             | 0,15–0,20      | —                                      | —             |   |                                       |                     |                         |

## 9.5 Фильтры с полимерной загрузкой

**9.5.1** Фильтры с полимерной загрузкой следует применять для очистки производственных сточных вод от масел и нефтепродуктов, не находящихся в них в виде стойких эмульсий.

**9.5.2** Допустимая концентрация масел и нефтепродуктов в исходной воде — до 150 мг/дм<sup>3</sup>, взвешенных веществ — до 100 мг/дм<sup>3</sup>, но не более 140 % от содержания масел и нефтепродуктов. Концентрация этих веществ в очищенной воде — до 10 мг/дм<sup>3</sup>.

**9.5.3** В качестве загрузки следует принимать пенополиуретан крупностью 20 мм, плотностью от 30 до 50 кг/м<sup>3</sup>, высотой слоя 2 м. Скорость фильтрования — до 25 м/ч.

**9.5.4** Фильтры следует размещать в здании с температурой воздуха не ниже 5 °С.

## 9.6 Сетчатые барабанные фильтры

**9.6.1** Сетчатые барабанные фильтры следует применять для механической очистки производственных сточных вод, для установки перед фильтрами глубокой очистки сточных вод (барабанные сетки), а также в качестве самостоятельных сооружений глубокой очистки (микрофильтры). Степень очистки сточных вод, достигаемую на сетчатых барабанных фильтрах, допускается принимать по таблице 9.2.

Таблица 9.2

| Сетчатые барабанные фильтры | Снижение содержания загрязняющих веществ, % |                     |
|-----------------------------|---|---------------------|
|                             | по взвешенным веществам                     | по БПК <sub>5</sub> |
| Микрофильтры                | 50–60                                       | 25–30               |
| Барабанные сетки            | 20–25                                       | 5–10                |

**9.6.2** При применении барабанных сеток для механической очистки сточных вод в исходной воде должны отсутствовать вещества, затрудняющие промывку сетки (смолы, жиры, масла, нефтепродукты и пр.), а содержание взвешенных веществ не должно превышать 250 мг/дм<sup>3</sup>.

При использовании микрофильтров для глубокой очистки городских сточных вод содержание взвешенных веществ в исходной воде должно быть не более 40 мг/дм<sup>3</sup>.

**9.6.3** Количество резервных сетчатых барабанных фильтров следует принимать по таблице 9.3.

Таблица 9.3

| Барабанные фильтры | Количество фильтров |           |
|--------------------|---------------------|-----------|
|                    | рабочих             | резервных |
| Микрофильтры       | До 4 включ.         | 1         |
|                    | Св. 4               | 2         |
| Барабанные сетки   | До 6 включ.         | 1         |
|                    | Св. 6               | 2         |

**9.6.4** При применении сетчатых барабанных фильтров следует предусматривать:

— производительность и конструкцию сетчатых барабанных фильтров следует принимать по паспортным данным заводов-изготовителей или по рекомендациям научно-исследовательских организаций;

— промывку водой, прошедшей сетчатые барабанные фильтры при давлении 0,15 МПа;

— постоянную промывку с расходом для микрофильтров от 3 % до 4 % расчетной производительности установки, барабанных сеток для механической очистки сточных вод — от 1,0 % до 1,5 %;

— периодическую промывку для барабанных сеток в схеме глубокой очистки сточных вод с количеством промывок 8–12 раз в сутки, продолжительностью промывки 5 мин, расходом промывной воды от 0,3 % до 0,5 % расчетной производительности барабанной сетки.

## 10 Химическая очистка сточных вод

**10.1** Сооружения химической очистки сточных вод следует применять для очистки производственных сточных вод.



**10.2** Расчет сооружений следует производить на максимальный часовой расход исходя из фазово-дисперсного состава удаляемых веществ и их физико-химических свойств.

**10.3** Конструктивное исполнение и параметры работы сооружений следует принимать по рекомендациям научно-исследовательских организаций.

**10.4** Сооружения для реагентной обработки городских и производственных сточных вод, а также установки для биогенной подпитки в системах биологической очистки следует проектировать исходя из технологических требований производства, наличия реагентов, объемов образующихся осадков и условий их обработки и утилизации.

### 10.5 Нейтрализация сточных вод

**10.5.1** Сточные воды, величина рН которых менее 6 или более 9, перед отводом в канализацию населенного пункта или в водный объект подлежат нейтрализации.

Способ нейтрализации (смешение кислых и щелочных сточных вод, введение реагентов, фильтрование через нейтрализующие материалы) определяется технико-экономическими расчетами, с учетом местных условий.

**10.5.2** Дозу реагентов следует определять из условия полной нейтрализации содержащихся в сточных водах кислот или щелочей и выделения в осадок соединений тяжелых металлов по уравнению соответствующей реакции. Избыток реагента должен составлять 10 % расчетного количества.

При определении дозы реагента необходимо учитывать взаимную нейтрализацию кислот и щелочей, а также щелочной резерв бытовых сточных вод или водоема (водотока).

**10.5.3** В качестве реагентов для нейтрализации кислых сточных вод следует применять гидроксид кальция (гашеную известь) в виде известкового молока с концентрацией 5 % по активному оксиду кальция или отходы щелочей (гидроксида натрия или калия).

Проектирование установок для приготовления известкового молока следует выполнять согласно ТКП 45-4.01-31.

**10.5.4** Для подкисления и нейтрализации щелочных сточных вод рекомендуется применять техническую серную кислоту.

**10.5.5** Для выделения осадка следует предусматривать отстойники со временем пребывания в них сточных вод в течение 2 ч.

**10.5.6** Количество сухого вещества осадка  $M$ , кг/м<sup>3</sup>, образующегося при нейтрализации 1 м<sup>3</sup> сточной воды, содержащей свободную серную кислоту и соли тяжелых металлов, следует определять по формуле

$$M = \frac{100 - A}{A} \cdot (A_1 + A_2) + A_3 + (E_1 + E_2 - 2), \quad (10.1)$$

где  $A$  — содержание активной СаО в используемой извести, %;

$A_1$  — количество активной СаО, необходимой для осаждения металлов, кг/м<sup>3</sup>;

$A_2$  — количество активной СаО, необходимой для нейтрализации свободной серной кислоты, кг/м<sup>3</sup>;

$A_3$  — количество образующихся гидроксидов металлов, кг/м<sup>3</sup>;

$E_1$  — количество сульфата кальция, образующегося при осаждении металлов, кг/м<sup>3</sup>;

$E_2$  — количество сульфата кальция, образующегося при нейтрализации свободной кислоты, кг/м<sup>3</sup>.

*Примечание* — При  $E_1 + E_2 - 2 < 0$  значение данного выражения в формуле (10.1) не учитывается.

**10.5.7** Объем осадка, образующегося при нейтрализации 1 м<sup>3</sup> сточной воды  $W_{mud}$ , %, определяется по формуле

$$W_{mud} = \frac{10M}{100 - P_{mud}}, \quad (10.2)$$

где  $P_{mud}$  — влажность осадка, %.

Влажность осадка должна быть менее или равна разности — 100 за вычетом количества сухого вещества, выраженного в процентах.

**10.5.8** Осадок, выделенный в отстойниках, следует обезвоживать на шламовых площадках или механическим способом. При проектировании отстойников и сооружений по обезвоживанию следует руководствоваться требованиями соответствующих разделов настоящего технического кодекса.

**10.5.9** Все поверхности сооружений, оборудования и трубопроводов, соприкасающиеся с агрессивными средами, должны быть защищены соответствующей изоляцией или изготавливаться из материалов, устойчивых к воздействию агрессивных сточных вод.

## **10.6 Реагентная обработка промышленных сточных вод**

**10.6.1** Реагентную обработку сточных вод необходимо применять для интенсификации процессов удаления из сточных вод грубодисперсных, коллоидных и растворенных примесей в процессе физико-химической очистки, а также для обезвреживания хром- и цианосодержащих сточных вод.

**10.6.2** В качестве реагентов следует принимать коагулянты (соли алюминия, например оксихлоридосульфат алюминия или железа), известь, флокулянты (водорастворимые органические полимеры неионогенного, анионного и катионного типов).

**10.6.3** Вид реагента и его дозу, а также параметры для определения конструктивных и планировочных решений сооружений следует принимать по рекомендациям научно-исследовательских организаций в зависимости от характера загрязнений сточных вод, необходимой степени их удаления, местных условий. Для сточных вод некоторых отраслей промышленности и городских сточных вод дозы реагентов допускается принимать по таблице 10.1.

**10.6.4** При обработке воды коагулянтами необходимо поддерживать оптимальное значение pH ее подкислением или подщелачиванием.

Для городских вод при pH до 7,5 следует применять соли алюминия, при pH св. 7,5 — соли железа.

**10.6.5** Приготовление, дозирование и ввод реагентов в сточную воду следует осуществлять согласно ТКП 45-4.01-31.

**10.6.6** Смешение реагентов со сточной водой следует производить в гидравлических смесителях или в подводящих воду трубопроводах согласно ТКП 45-4.01-31.

Допускается применять смешение реагентов в механических смесителях или в насосах, подающих сточную воду на очистные сооружения.

В случае использования в качестве реагентов железного купороса следует использовать аэрируемые смесители, аэрируемые песколловки или преаэраторы, обеспечивающие перевод соединений двухвалентного железа в гидроксид железа. Время пребывания в смесителе в этом случае должно быть не менее 7 мин, интенсивность подачи воздуха —  $0,7-0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$  обрабатываемой сточной воды в 1 мин, глубина смесителя — от 2,0 до 2,5 м.

**10.6.7** В камерах хлопьеобразования следует применять механическое или гидравлическое перемешивание.

Рекомендуется использовать камеры хлопьеобразования, состоящие из отдельных отсеков с постепенно уменьшающейся интенсивностью перемешивания.

**10.6.8** Время пребывания в камерах хлопьеобразования следует принимать:

— при отделении скоагулированных взвешенных веществ отстаиванием для коагулянтов — 10–15 мин, для флокулянтов — 20–30 мин;

— при очистке сточной воды флотацией для коагулянтов — 3–5 мин, для флокулянтов — 10–20 мин.

**10.6.9** Интенсивность смешения сточных вод с реагентами в смесителях и камерах хлопьеобразования следует оценивать по величине среднего градиента скорости,  $\text{с}^{-1}$ , которая составляет:

— для смесителей с коагулянтами — 200, с флокулянтами — от 300 до 500;

— для камер хлопьеобразования: при отстаивании для коагулянтов и флокулянтов — от 25 до 50; при флотации — от 50 до 75.

**10.6.10** Отделение скоагулированных примесей от воды следует осуществлять отстаиванием, флотацией, центрифугированием или фильтрованием в соответствии с настоящим техническим кодексом.

Таблица 10.1

| Сточные воды  | Загрязняющие вещества  | Концентрация загрязняющих веществ, мг/л | Реагенты   | Доза реагента, мг/дм <sup>3</sup> |                |              |  |   |
|---|------------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|--------------|--|---|
|   |                        |   |  | известки                          | солей алюминия | солей железа | анионного флокулянта по активному полимеру | катионного флокулянта по активному полимеру |
| Нефтеперерабатывающих заводов, нефтеперевалочных баз  | Нефтепродукты          | До 100                                  | Соли алюминия совместно с анионным флокулянтом или без него, катионные флокулянты            | —                                 | 50–75          | —            | 0,5  | 2,5–5,0                                     |
|   |                        | 100–200                                 |  | —                                 | 75–100         | —            | 1,0  | 5–10  |
|   |                        | 200–300                                 |  | —                                 | 100–150        | —            | 1,5  | 10–15                                       |
| Машиностроительных, коксохимических заводов   | Масла                  | До 600                                  | Соли алюминия или железа совместно с анионным флокулянтом или без него, катионные флокулянты | —                                 | 50–300         | 50–300       | 0,5–2,0                                    | 5–20  |
| Пищевой промышленности, шерстемойных фабрик, металлообрабатывающих заводов, заводов синтетических волокон | Эмульсии масел и жиров | 100                                     | Соли алюминия или железа совместно с анионным флокулянтом или без него                       | —                                 | 150            | 150          | —  | —   |
|   |                        | 300                                     |  | —                                 | 300            | 300          | 0,5–3,0                                    | —   |
|   |                        | 500                                     |  | —                                 | 500            | 500          | 0,5–3,0                                    | —   |
|   |                        | 1000                                    |  | —                                 | 700            | 700          | 0,5–3,0                                    | —   |

Продолжение таблицы 10.1

| Сточные воды  | Загрязняющие вещества                 | Концентрация загрязняющих веществ, мг/л | Реагенты   | Доза реагента, мг/дм <sup>3</sup> |                |              |  |   |
|---|---------------------------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|--------------|--|---|
|   |                                       |   |  | известки                          | солей алюминия | солей железа | анионного флокулянта по активному полимеру | катионного флокулянта по активному полимеру |
| Целлюлознобумажной промышленности                     | Цветность (сульфатный лигнин), градус | 950                                     | Соли алюминия или железа совместно с анионным флокулянтом или без него | —                                 | 250            | 250          | —  | —   |
|   |                                       | 1450                                    | Известь СаО  | —                                 | 275            | 275          | —  | —   |
|   |                                       | 2250                                    |  | —                                 | 400–500        | 400–500      | —  | —   |
|   | Цветность (лигно-сульфат), градус     | 1000                                    | 1000   | —                                 | —              | —            | —  | —   |
|   |                                       | 2000                                    | 2500   | —                                 | —              | —            | —  | —   |
| Шламовые воды углеобогатительных фабрик, шахтные воды | Суспензия угольных частиц             | До 100                                  | Анионный флокулянт   | —                                 | —              | —            | 2–5  | —   |
|   |                                       | 100–500                                 | —  | —                                 | —              | 5–10         | —  |   |
|   |                                       | 500–1000                                | —  | —                                 | —              | 10–15        | —  |   |
|   |                                       | 1000–2000                               | —  | —                                 | —              | 15–25        | —  |   |
| Бумажных и картонных фабрик                           | Суспензия целлюлозы                   | До 1000                                 | Соли алюминия совместно с анионным флокулянтом                         | —                                 | 50–300         | —            | 0,5–2,0                                    | —   |
|   |                                       |   | Катионный флокулянт  | —                                 | —              | —            | —  | 2,5–20                                      |

## Окончание таблицы 10.1

| Сточные воды  | Загрязняющие вещества | Концентрация загрязняющих веществ, мг/л | Реагенты                                       | Доза реагента, мг/дм <sup>3</sup> |                |              |  |   |
|---|-----------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|--------------|--|---|
|   |                       |   |  | известки                          | солей алюминия | солей железа | анионного флокулянта по активному полимеру | катионного флокулянта по активному полимеру |
| Городские и бытовые   | БПК <sub>5</sub>      | До 200                                  | Соли алюминия совместно с анионным флокулянтом | —                                 | 30–40*         | —            | 0,5–1,0                                    | —   |
|   |                       |   | Соли алюминия без анионного флокулянта         | —                                 | 40–50*         | —            | —  | —   |
|   | Взвешенные вещества   | До 350                                  | Соли железа совместно с анионным флокулянтом   | —                                 | —              | 40–50**      | 0,5–1,0                                    | —   |
|   |                       |   | Соли железа без анионного флокулянта           | —                                 | —              | 50–70***     | —  | —   |
|   |                       |   | Катионный флокулянт                            | —                                 | —              | —            | —  | 10–20                                       |
| <p><i>Примечание</i> — Дозы реагентов приведены по товарному продукту, флокулянтов — по активному полимеру, за исключением:<br/> * — по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;<br/> ** — по FeSO<sub>4</sub>;<br/> *** — по FeCl<sub>3</sub>.</p> |                       |   |  |                                   |                |              |  |   |

## 10.7 Обезвреживание цианосодержащих сточных вод

**10.7.1** Для обезвреживания сильнотоксических цианидов (простых цианидов, синильной кислоты, комплексных цианидов цинка, меди, никеля, кадмия) следует применять окисление их реагентами, содержащими активный хлор (хлорной водой, растворами хлорной извести, гипохлорита кальция и натрия), при рН от 11,0 до 11,5.

**10.7.2** Дозу активного хлора следует принимать из расчета 2,73 мг на 1 мг цианидов цинка, никеля, кадмия, синильной кислоты и простых цианидов и 3,18 мг/мг — для комплексных цианидов меди с избытком не менее 5 мг/л.

**10.7.3** Концентрация рабочих растворов реагентов должна быть от 5 % до 10 % по активному хлору.

**10.7.4** Для обработки цианосодержащих сточных вод, как правило, следует предусматривать установки периодического действия, состоящие не менее чем из двух камер реакции.

Время контакта сточных вод с реагентами 5 мин — при окислении простых цианидов и 15 мин — при окислении комплексных цианидов.

**10.7.5** После обработки сточных вод активным хлором их необходимо нейтрализовать до рН в диапазоне от 8,0 до 8,5.

**10.7.6** Объем осадка влажностью 98 % при двухчасовом отстаивании следует принимать 5 % от объема обрабатываемой воды.

При введении перед отстойниками полиакриламида (доза 20 мг/дм<sup>3</sup> при использовании 0,1 %-ного раствора) время отстаивания следует сокращать до 20 мин.

## 10.8 Обезвреживание хромосодержащих сточных вод

**10.8.1** Для обезвреживания хромосодержащих сточных вод следует применять бисульфит при значениях рН от 2,5 до 3,0 или сульфат железа (II) — при рН менее 6,0.

**10.8.2** Дозу бисульфита натрия следует принимать равной 7,5 мг на 1 мг шестивалентного хрома при концентрации его до 100 мг/дм<sup>3</sup> и 5,5 мг/мг — при концентрации хрома св. 100 мг/дм<sup>3</sup>. Дозу сульфата железа (II) в пересчете на FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O следует принимать равной 20 мг на 1 мг шестивалентного хрома.

**10.8.3** Перед подачей обезвреженных сточных вод на отстойники их следует нейтрализовать известковым молоком до рН в диапазоне от 8,5 до 9,0.

## 10.9 Биогенная подпитка

**10.9.1** Биогенную подпитку допускается предусматривать при биологической очистке с целью деструкции органических загрязнений производственных сточных вод или их смеси с бытовыми сточными водами, в случае низкого содержания биогенных элементов (азота и фосфора) — при обосновании.

**10.9.2** При проектировании очистных станций с денитрификацией и удалением фосфора биогенная подпитка с дозированием фосфорсодержащих и азотсодержащих реагентов не допускается.

**10.9.3** Для биогенной подпитки в качестве биогенных добавок следует принимать:

- фосфорсодержащие реагенты — суперфосфат, ортофосфорную кислоту;
- азотсодержащие реагенты — сульфат аммония, аммиачную селитру, водный аммиак, карбамид;
- азот- и фосфорсодержащие реагенты — диаммонийфосфат технический, аммофос.

**10.9.4** Концентрацию рабочих растворов следует принимать до 5 % по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и до 15 % — по N. Дозы биогенных добавок следует определять исходя из соотношения БПК<sub>5</sub> и содержания азота N и фосфора P в сточных водах. Соотношение содержания биогенных элементов должно быть не менее 7,5 мг азота N — 5,0 мг и 1,5 мг фосфора P на каждые 100 мг БПК<sub>5</sub>.

## 11 Физико-химическая очистка сточных вод

### 11.1 Сорбционная очистка сточных вод

**11.1.1** Для глубокой очистки сточных вод с целью удаления из них растворенных органических загрязняющих веществ, тяжелых металлов следует применять углеродные сорбенты (в том числе активный уголь), минеральные (в том числе цеолиты) и органические в виде порошков, гранул и волокон.

**11.1.2** Условия применения и тип сорбентов следует принимать по рекомендациям научно-исследовательских организаций, в зависимости от состава загрязняющих веществ в сточных водах.

Активный уголь следует применять в виде слоя загрузки плотного (движущегося или неподвижного), намытого на подложку из другого материала, или суспензии в сточной воде.

## 11.2 Адсорберы с плотным слоем загрузки активного угля

11.2.1 В качестве адсорберов следует применять конструкции безнапорных открытых и напорных фильтров с загрузкой в виде плотного слоя гранулированного угля крупностью от 0,8 до 5,0 мм.

11.2.2 Содержание взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на адсорберы, не должно превышать 5 мг/дм<sup>3</sup>.

11.2.3 Площадь загрузки адсорбционной установки  $F_{ads}$ , м<sup>2</sup>, следует определять по формуле

$$F_{ads} = \frac{q_w}{v}, \quad (11.1)$$

где  $q_w$  — среднечасовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;  
 $v$  — скорость потока, принимаемая не более 12 м/ч.

При выключении одного адсорбера скорость фильтрования на остальных не должна увеличиваться более чем на 20 %.

11.2.4 Количество последовательно работающих адсорберов  $N_{ads}$  следует рассчитывать по формуле

$$N_{ads} = \frac{H_{tot}}{H_{ads}}, \quad (11.2)$$

где  $H_{ads}$  — высота сорбционной загрузки одного фильтра, м, принимаемая конструктивно;  
 $H_{tot}$  — общая высота сорбционного слоя, м, определяемая по формуле

$$H_{tot} = H_1 + H_2 + H_3, \quad (11.3)$$

здесь  $H_1$  — высота сорбционного слоя, м, в котором за период  $t_{ads}$  адсорбционная емкость сорбента исчерпывается до степени  $K_{sb}$ , рассчитываемая по формуле

$$H_1 = \frac{\Delta_{sb}^{\min} q_w t_{ads}}{F_{ads} \gamma_{sb}}, \quad (11.4)$$

$\gamma_{sb}$  — насыпной вес активного угля, г/м<sup>3</sup>, принимаемый по справочным данным;  
 $\Delta_{sb}^{\min}$  — минимальная доза активного угля, г/дм<sup>3</sup>, выгружаемого из адсорбера при коэффициенте исчерпания емкости  $K_{sb}$ , определяемая по формуле

$$\Delta_{sb}^{\min} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{K_{sb} a_{sb}^{\max}}, \quad (11.5)$$

$C_{en}, C_{ex}$  — концентрации сорбируемого вещества до и после очистки, мг/дм<sup>3</sup>;  
 $K_{sb}$  — коэффициент исчерпания емкости сорбента, принимается равным 0,6–0,8;  
 $a_{sb}^{\max}$  — максимальная сорбционная емкость активного угля, мг/дм<sup>3</sup>, определяемая экспериментально;

$H_2$  — высота загрузки сорбционного слоя, обеспечивающая работу установки до концентрации  $C_{ex}$  в течение времени  $t_{ads}$ , принимаемого по условиям эксплуатации, и определяемая по формуле

$$H_2 = \frac{\Delta_{sb}^{\max} q_w t_{ads}}{F_{ads} \gamma_{sb}}, \quad (11.6)$$

$\Delta_{sb}^{\max}$  — максимальная доза активного угля, г/дм<sup>3</sup>, определяемая по формуле

$$\Delta_{sb}^{\max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{\min}}, \quad (11.7)$$

$a_{sb}^{\min}$  — минимальная сорбционная емкость активного угля, мг/дм<sup>3</sup>, определяемая экспериментально;

$H_3$  — резервный слой сорбента, рассчитанный на продолжительность работы установки в течение времени перегрузки или регенерации слоя сорбента высотой  $H_1$ , м.

**11.2.5** Потери напора в слое гранулированного угля при крупности частиц загрузки от 0,8 до 5,0 мм следует принимать не более 0,5 м на 1 м слоя загрузки.

**11.2.6** Выгрузку активного угля из адсорбера следует производить насосом, гидроэлеватором, эрлифтом и шнеком при относительном расширении загрузки на 20 % – 25 %, создаваемом восходящим потоком воды со скоростью от 40 до 45 м/ч.

В напорных адсорберах допускается осуществлять выгрузку угля под давлением не менее 0,3 МПа.

**11.2.7** Металлические конструкции, трубопроводы, арматура и емкости, соприкасающиеся с влажным углем, должны быть защищены от коррозии.

### 11.3 Адсорберы с псевдооживленным слоем активного угля

**11.3.1** Сточные воды, поступающие в адсорберы с псевдооживленным слоем, не должны содержать взвешенных веществ более 1 г/дм<sup>3</sup> при гидравлической крупности не более 0,3 мм/с. Взвешенные вещества, выносимые из адсорберов, и мелкие частицы угля следует удалять после адсорбционных аппаратов.

**11.3.2** Адсорбенты с насыпным весом более 0,7 т/м<sup>3</sup> допускается дозировать в мокром или сухом виде, а менее 0,7 т/м<sup>3</sup> — только в мокром виде.

**11.3.3** По высоте адсорберов от 0,5 до 1,0 м следует устанавливать секционирующие решетки с круглой перфорацией диаметром от 10 до 20 мм и долей живого сечения от 10 % до 15 %. Оптимальное количество секций — три-четыре.

**11.3.4** Скорость восходящего потока воды в адсорбере следует принимать 30–40 м/ч с размерами частиц от 1,0 до 2,5 мм для активного угля и 10–20 м/ч — для угля с размерами частиц от 0,25 до 1,00 мм.

**11.3.5** Дозу активного угля для очистки воды следует определять экспериментально.

### 11.4 Ионообменная очистка промышленных сточных вод

**11.4.1** Ионообменные установки следует применять для глубокой очистки сточных вод от минеральных и органических ионизированных соединений и их обессоливания с целью повторного использования очищенной воды в производстве и утилизации ценных компонентов.

**11.4.2** Сточные воды, подаваемые на установку, не должны содержать: солей — более 3000 мг/дм<sup>3</sup>, взвешенных веществ — более 8 мг/дм<sup>3</sup>; ХПК не должна превышать 8 мг/дм<sup>3</sup>.

При большем содержании в сточной воде взвешенных веществ и большей ХПК необходимо предусматривать ее предварительную очистку.

**11.4.3** Объем катионита  $W_{kat}$ , м<sup>3</sup>, в водородкатионитовых фильтрах следует определять по формуле

$$W_{kat} = \frac{24q_w \cdot (\sum C_{en}^k - \sum C_{ex}^k)}{n_{reg} E_{wc}^k}, \quad (11.8)$$

где  $q_w$  — расход обрабатываемой воды, м<sup>3</sup>/ч;

$\sum C_{en}^k$  — суммарная концентрация катионов в обрабатываемой воде, моль/м<sup>3</sup>;

$\sum C_{ex}^k$  — допустимая суммарная концентрация катионов в очищенной воде, моль/м<sup>3</sup>;

$n_{reg}$  — количество регенераций каждого фильтра в сутки (выбирается в зависимости от конкретных условий, но не более двух);

$E_{wc}^k$  — рабочая обменная емкость катионита по наименее сорбируемому катиону, моль/м<sup>3</sup>:

$$E_{wc}^k = \alpha_k E_{gen}^k - K_{ion} q_k \sum C_w^k, \quad (11.9)$$

здесь  $\alpha_k$  — коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации и принимаемый в диапазоне 0,8–0,9;

$E_{gen}^k$  — полная обменная емкость катионита, моль/м<sup>3</sup>, определяемая по заводским паспортным данным, по каталогу на иониты или по экспериментальным данным;

$q_k$  — удельный расход воды на отмывку катионита после регенерации, м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> катионита, принимаемый в диапазоне 3–4;

$K_{ion}$  — коэффициент, учитывающий тип ионита; для катионита принимается равным 0,5;

$\sum C_w^k$  — суммарная концентрация катионов в отмывочной воде (при отмывке катионита ионированной водой).



11.4.4 Площадь катионитовых фильтров  $F_k, м^2$ , следует определять по формулам:

$$F_k = \frac{W_k}{H_k}, \quad (11.10)$$

$$F_k = \frac{q_w}{V_f}, \quad (11.11)$$

где  $H_k$  — высота слоя катионита в фильтре, принимаемая по каталогу ионообменных фильтров от 2 до 3 м;

$q_w$  — расход воды, м<sup>3</sup>/ч;

$V_f$  — скорость фильтрования, м/ч, принимаемая по 11.4.5.

При значительных отклонениях площадей, рассчитанных по формулам (11.10) и (11.11), следует проводить корректировку количества регенераций  $n_{рег}$  в формуле (11.8).

11.4.5 Скорость фильтрования воды  $V_f, м/ч$ , для напорных фильтров первой ступени не должна превышать:

|    |  |            |
|----|--|------------|
| 20 | — при общем солесодержании воды, ммоль/дм <sup>3</sup> | до 5;      |
| 15 | — то же  | от 5 “ 15; |
| 10 | — “  | “ 15 “ 20; |
| 8  | — “  | св. 20.    |

11.4.6 Количество катионитовых фильтров первой ступени следует принимать: рабочих — не менее двух, резервных — один.

11.4.7 Потери напора в напорных катионитовых фильтрах следует принимать по таблице 11.1.

Таблица 11.1

| Скорость фильтрования $V_f, м/ч$ | Потери напора в фильтре, м, при размере зерен ионита, мм |      |         |     |
|----------------------------------|--|------|---------|-----|
|                                  | 0,3–0,8  |      | 0,5–1,2 |     |
|                                  | при высоте слоя загрузки, м                              |      |         |     |
|                                  | 2,0  | 2,5  | 4,0     | 2,5 |
| 5                                | 5,0  | 5,5  | 4,0     | 4,5 |
| 10                               | 5,5  | 6,0  | 5,0     | 5,5 |
| 15                               | 6,0  | 6,5  | 5,5     | 6,0 |
| 20                               | 6,5  | 7,0  | 6,0     | 6,5 |
| 25                               | 9,0  | 10,0 | 7,0     | 7,5 |

11.4.8 Интенсивность подачи воды при взрывлении катионита следует принимать 3–4 л/(с·м<sup>2</sup>), продолжительность взрывления — 0,25 ч. Для взрывления катионита перед регенерацией следует использовать последние фракции воды от отмывки катионита.

11.4.9 Регенерацию катионитовых фильтров первой ступени следует производить 7 % – 10 %-ными растворами кислот (соляной, серной). Скорость фильтрования регенерационного раствора кислоты через слой катионита не должна превышать 2 м/ч. Последующая отмывка катионита должна осуществляться ионированной водой, пропускаемой через слой катионита сверху вниз со скоростью от 6 до 8 м/ч. Удельный расход составляет 2,5–3,0 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> загрузки фильтра.

Первая половина объема отмывочной воды сбрасывается в бак для приготовления регенерирующего раствора кислоты, вторая половина — в бак воды для взрывления катионита.

11.4.10 Водородкатионитовые фильтры второй ступени следует рассчитывать согласно 11.4.3 – 11.4.7 исходя из концентрации катионов щелочных металлов и аммония.

11.4.11 Регенерацию катионитовых фильтров второй ступени следует производить 7 % – 10 %-ным раствором серной кислоты. Удельный расход кислоты составляет 2,5 ммоль на 1 ммоль рабочей обменной емкости катионита.

**11.4.12** Объем анионита  $W_{an}$ , м<sup>3</sup>, в анионитовых фильтрах следует определять по формуле

$$W_{an} = \frac{24q_w \cdot (\sum C_{en}^k - \sum C_{ex}^k)}{n_{reg} E_{wc}^k}, \quad (11.12)$$

где  $q_w$  — расход обрабатываемой воды, м<sup>3</sup>/ч;  
 $C_{en}^k$  — суммарная концентрация анионов в обрабатываемой воде, ммоль/дм<sup>3</sup>;  
 $\sum C_{ex}^k$  — допустимая суммарная концентрация анионов в очищенной воде, ммоль/дм<sup>3</sup>;  
 $n_{reg}$  — количество регенераций каждого фильтра в сутки (не более двух);  
 $E_{wc}^k$  — рабочая обменная емкость анионита, ммоль/дм<sup>3</sup>, определяемая по формуле

$$E_{wc}^{an} = \alpha_{an} E_{gen}^{an} - K_{ion} q_{an} \sum C_w^{an}, \quad (11.13)$$

здесь  $\alpha_{an}$  — коэффициент эффективности регенерации анионита, принимаемый для слабо-основных анионитов равным 0,9;  
 $E_{gen}^{an}$  — полная обменная емкость анионита, ммоль/дм<sup>3</sup>, определяемая на основании паспортных данных, по каталогу на иониты или экспериментальным данным;  
 $q_{an}$  — удельный расход воды на отмывку анионита после регенерации смолы, принимаемый равным от 3 до 4 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> смолы;  
 $K_{ion}$  — коэффициент, учитывающий тип ионита; для анионита принимается равным 0,8;  
 $\sum C_w^{an}$  — суммарная концентрация анионов в отмывочной воде, ммоль/м<sup>3</sup>.

**11.4.13** Площадь фильтрации  $F_{an}$ , м<sup>2</sup>, анионитовых фильтров первой ступени следует определять по формуле

$$F_{an} = \frac{24q_w}{n_{reg} t_f V_f}, \quad (11.14)$$

где  $q_w$  — расход обрабатываемой воды, м<sup>3</sup>/ч;  
 $n_{reg}$  — количество регенераций анионитовых фильтров в сутки, принимаемое не более двух;  
 $t_f$  — продолжительность работы каждого фильтра, ч, между регенерациями, определяемая по формуле

$$t_f = \frac{24}{n_{reg}} - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (11.15)$$

здесь  $t_1$  — продолжительность взрыхления анионита, принимаемая равной 0,25 ч;  
 $t_2$  — продолжительность пропускания регенерирующего раствора, определяемая исходя из количества регенерирующего раствора и скорости его пропускания (от 1,5 до 2,0 м/ч);  
 $t_3$  — продолжительность отмывки анионита после регенерации, определяемая исходя из количества промывочной воды и скорости отмывки от 5 до 6 м/ч;  
 $V_f$  — скорость фильтрования воды, м/ч, принимаемая в пределах от 8 до 20 м/ч.

**11.4.14** Регенерацию анионитовых фильтров первой ступени следует производить 4 % – 6 %-ными растворами гидроксида натрия, кальцинированной соды или аммиака; удельный расход реагента на регенерацию принимают равным от 2,5 до 3,0 ммоль на 1 ммоль сорбированных анионов (на 1 мг-экв рабочей обменной емкости анионита).

В установках с двухступенчатым анионированием для регенерации анионитовых фильтров первой ступени следует использовать отработанные растворы гидроксида натрия от регенерации анионитовых фильтров второй ступени.

**11.4.15** Загрузку анионитовых фильтров второй ступени следует производить сильноосновным анионитом, высота загрузки от 1,5 до 2,0 м. Расчет анионитовых фильтров второй ступени следует производить согласно 11.4.11 и 11.4.12.

Скорость фильтрования обрабатываемой воды следует принимать от 12 до 20 м/ч.

**11.4.16** Регенерацию анионитовых фильтров второй ступени следует производить 6 % – 8 %-ным раствором гидроксида натрия. Скорость пропускания регенерирующего раствора должна составлять от 1,0 до 1,5 м/ч. Удельный расход гидроксида натрия на регенерацию 7–8 моль на 1 моль сорбированных ионов (на 1 моль рабочей обменной емкости анионита).

**11.4.17** Фильтры смешанного действия (ФСД) следует предусматривать после одно- или двухступенчатого ионирования воды для глубокой очистки воды и регулирования показателя рН ионированной воды.

**11.4.18** Расчет ФСД производится в соответствии с 11.4.3 – 11.4.7, 11.4.12 и 11.4.13. Скорость фильтрования — до 50 м/ч.

**11.4.19** Регенерацию катионита следует производить 7 % – 10 %-ным раствором серной кислоты, анионита — 6 % – 8 %-ным раствором гидроксида натрия. Скорость пропускания регенерирующих растворов должна составлять от 1,0 до 1,5 м/ч. Отмывку ионитов в фильтрах необходимо производить обессоленной водой. В процессе отмывки иониты следует перемешивать сжатым воздухом.

**11.4.20** Аппараты, трубопроводы и арматура установок ионообменной очистки и обессоливания сточных вод должны изготавливаться в антикоррозионном исполнении.

**11.4.21** Регенерацию ионитов следует производить с фракционным отбором элюатов. Элюат следует делить на две-три фракции.

Наиболее концентрированные по извлекаемым компонентам фракции элюата следует направлять на обезвреживание, переработку, утилизацию, наименее концентрированные по извлекаемым компонентам фракции — на повторное использование в последующих циклах регенерации.

## 11.5 Электрохимическая очистка промышленных сточных вод

**11.5.1** Аппараты для электрохимической очистки сточных вод с растворимыми анодами (электрокоагуляторы, электрофлотаторы) могут использоваться для очистки малоконцентрированных (до 100 мг/дм<sup>3</sup>) сточных вод от соединений шестивалентного хрома и тяжелых металлов, а также маслоэмульсионных сточных вод с концентрацией масел не более 10 мг/дм<sup>3</sup>, жиро- и нефтесодержащих сточных вод.

Концентрация взвешенных веществ при этом не должна превышать 50 мг/дм<sup>3</sup>, а солесодержание должно быть не менее 300 мг/дм<sup>3</sup>.

**11.5.2** Рабочие параметры электрохимических аппаратов следует принимать по рекомендациям научно-исследовательских организаций в зависимости от состава загрязняющих веществ в сточной воде.

**11.5.3** Внутренние поверхности электрохимических аппаратов должны быть защищены кислотостойкой изоляцией.

Аппараты необходимо оборудовать эффективной вытяжной вентиляцией для удаления газообразных продуктов электролиза.

### 11.5.4 Электролизеры для обработки цианосодержащих сточных вод

**11.5.4.1** Для обработки цианосодержащих сточных вод следует применять электролизеры с анодами, не подвергающимися электролитическому растворению (графит, титан с металлооксидным покрытием и др.), и стальными катодами.

**11.5.4.2** Электролизеры следует применять при расходе сточных вод до 10 м<sup>3</sup>/ч и исходной концентрации цианидов не менее 100 мг/дм<sup>3</sup>.

**11.5.4.3** Корпус электролизера должен быть защищен изнутри материалами, стойкими к воздействию хлора и его кислородных соединений, оборудован вентиляционным устройством для удаления выделяющегося газообразного водорода.

**11.5.4.4** Величину рабочего тока  $I_{cur}$ , А, при работе электролизеров непрерывного и периодического действия следует определять по формуле

$$I_{cur} = \frac{2,06C_{en}W_{el}}{\eta_{cur}t_{el}} \quad \text{или} \quad I_{cur} = 2,06C_{en}q_w, \quad (11.16)$$

где  $C_{en}$  — исходная концентрация цианидов в сточных водах, г/м<sup>3</sup>;

$W_{el}$  — объем сточных вод в электролизере, м<sup>3</sup>;

$\eta_{cur}$  — выход по току, принимаемый 0,6–0,8;

$t_{el}$  — время пребывания сточных вод в электролизере, ч;

2,06 — коэффициент удельного расхода электричества, А·ч/г;

$q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч.

**11.5.4.5** Общую поверхность анодов  $f_{an}$ , м<sup>2</sup>, следует определять по формуле

$$f_{an} = \frac{I_{cur}}{i_{an}}, \quad (11.17)$$

где  $i_{an}$  — анодная плотность тока, принимаемая в диапазоне от 100 до 150 А/м<sup>2</sup>.

Общее количество анодов  $N_{an}$  следует определять по формуле

$$N_{an} = \frac{f_{an}}{f'_{an}}, \quad (11.18)$$

где  $f'_{an}$  — поверхность одного анода, м<sup>2</sup>.

### 11.5.5 Электрокоагуляторы с алюминиевыми электродами

**11.5.5.1** Электрокоагуляторы с алюминиевыми пластинчатыми электродами следует применять для очистки концентрированных маслосодержащих сточных вод (отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей), образующихся при обработке металлов резанием и давлением, с концентрацией масел не более 10 г/дм<sup>3</sup>.

При обработке сточных вод с более высоким содержанием масел необходимо предварительное разбавление предпочтительно кислыми сточными водами. Остаточная концентрация масел в очищенных сточных водах должна быть не более 25 мг/дм<sup>3</sup>.

**11.5.5.2** При проектировании электрокоагуляторов необходимо определять:

— площадь электродов  $f_{ek}$ , м<sup>2</sup>, по формуле

$$f_{ek} = \frac{q_w q_{cur}}{i_{an}}, \quad (11.19)$$

где  $q_w$  — производительность аппарата, м<sup>3</sup>/ч;

$q_{cur}$  — удельный расход электричества, А·ч/м<sup>3</sup>; допускается принимать по таблице 11.2;

$i_{an}$  — электродная плотность тока, принимаемая в диапазоне от 80 до 120 А/м<sup>2</sup>;

— токовую нагрузку  $I_{cur}$ , А, по формуле

$$I_{cur} = q_w q_{cur}; \quad (11.20)$$

— длину ребра электродного блока  $l_b$ , м, по формуле

$$l_b = 0,13 \sqrt[3]{f_{ek} (\delta + b)}, \quad (11.21)$$

здесь  $\delta$  — толщина электродных пластин, принимаемая в диапазоне от 4 до 8 мм;

$b$  — величина межэлектродного пространства, принимаемая в диапазоне от 12 до 15 мм.

Удельный расход алюминия на очистку сточной воды  $q_{Al}$ , г/м<sup>3</sup>, следует принимать по таблице 11.2.

**11.5.5.3** После электрохимической обработки сточные воды следует отстаивать не менее 60 мин.

**11.5.5.4** Предварительное подкисление сточных вод следует производить соляной (предпочтительно) или серной кислотой до значений показателя рН от 4,5 до 5,5.

**11.5.5.5** Пластинчатые электроды следует собирать в виде блока. Электрокоагулятор должен быть снабжен водораспределительным устройством, приспособлением для удаления пенного продукта, устройствами для выпуска очищенной воды и шлама, прибором для контроля уровня воды, устройством для реверсирования тока.

Электрокоагулятор следует оснащать устройством для реверсирования тока лишь в случае его отсутствия в источнике постоянного тока.

**11.5.5.6** В качестве электродного материала следует применять алюминий или его сплавы, за исключением сплавов, содержащих медь.

**11.5.5.7** Расчет производительности вытяжной вентиляционной системы следует производить исходя из количества выделяющегося водорода, при этом производительность вентилятора  $q_{fan}$ , м<sup>3</sup>/ч, следует определять по формуле

$$q_{fan} = (40 - 50) \cdot W_{ek} q_H, \quad (11.22)$$

где  $q_H$  — удельный объем выделяющегося водорода, дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, допускается принимать по таблице 11.2.

Таблица 11.2

| Технологический параметр                | Содержание масел, г/м <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |
|---|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|   | 2000                               | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5500 | 6000 | 8000 | 10 000 |
| $q_{cur}$ , А·ч/м <sup>3</sup>          | 180                                | 225  | 270  | 315  | 360  | 405  | 430  | 495  | 540  | 720  | 860    |
| $q_{Al}$ , г/м <sup>3</sup>             | 60                                 | 75   | 92   | 106  | 121  | 136  | 151  | 166  | 182  | 242  | 302    |
| $q_H$ , дм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | 85                                 | 95   | 113  | 132  | 151  | 170  | 184  | 208  | 227  | 303  | 368    |

### 11.5.6 Электрокоагуляторы со стальными электродами

**11.5.6.1** Электрокоагуляторы со стальными электродами следует применять для очистки сточных вод предприятий различных отраслей промышленности от шестивалентного хрома и других металлов при расходе сточных вод не более 50 м<sup>3</sup>/ч, концентрации шестивалентного хрома до 100 мг/дм<sup>3</sup>, исходном общем содержании ионов цветных металлов (цинка, меди, никеля, кадмия, трехвалентного хрома) до 100 мг/дм<sup>3</sup>, при концентрации каждого из ионов металлов до 30 мг/дм<sup>3</sup>, минимальном общем солесодержании сточной воды 300 мг/дм<sup>3</sup>, концентрации взвешенных веществ до 50 мг/дм<sup>3</sup>.

**11.5.6.2** Величина рН сточных вод должна составлять при наличии в сточных водах одновременно:

— шестивалентного хрома, ионов меди и цинка:

4–6 — при концентрации хрома, мг/дм<sup>3</sup> от 50 до 100;

5–6 — то же “ 20 “ 50;

6–7 — “ “ 20;

— шестивалентного хрома, никеля и кадмия:

5–6 — при концентрации хрома, мг/дм<sup>3</sup> св. 50;

6–7 — то же до 50;

— ионов меди, цинка и кадмия (при отсутствии шестивалентного хрома) — более 4,5;

— ионов никеля (при отсутствии шестивалентного хрома) — более 7.

**11.5.6.3** Корпус электрокоагулятора должен быть защищен изнутри кислотостойкой изоляцией и оборудован вентиляционным устройством.

**11.5.6.4** При проектировании электрокоагуляторов следует принимать:

— анодную плотность тока — от 150 до 250 А/м<sup>2</sup>;

— время пребывания сточных вод в электрокоагуляторе — до 3 мин;

— расстояние между соседними электродами — от 5 до 10 мм;

— скорость движения сточных вод в межэлектродном пространстве — не менее 0,03 м/с;

— удельный расход электричества для удаления из сточных вод 1 г Cr<sup>6+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> при наличии в сточных водах только одного компонента — соответственно 3,1; от 2,0 до 2,5; от 4,5 до 5,0; от 6,0 до 6,5 и от 3,0 до 3,5 А·ч;

— удельный расход металлического железа для удаления из сточных вод 1 г шестивалентного хрома — от 2,0 до 2,5 г; удельный расход металлического железа для удаления 1 г никеля, цинка, меди, кадмия — соответственно от 5,5 до 6,0; от 2,5 до 3,0; от 3,0 до 3,5 и от 4,0 до 4,5 г.

**11.5.6.5** При наличии в сточных водах одного компонента величину тока  $I_{cur}$ , А, следует определять по формуле

$$I_{cur} = q_w C_{en} q_{cur}, \quad (11.23)$$

где  $q_w$  — производительность аппарата, м<sup>3</sup>/ч;

$C_{en}$  — исходная концентрация удаляемого компонента в сточных водах, г/м<sup>3</sup>;

$q_{cur}$  — удельный расход электричества, необходимый для удаления из сточных вод 1 г иона металла, А·ч/г.

При наличии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока следует определять по формуле (11.23), причем в формулу следует подставлять значения  $C_{en}$  и  $q_{cur}$  для шестивалентного хрома. При суммарной концентрации ионов тяжелых металлов более 50 % концентрации шестивалентного хрома величину тока, определяемую по формуле (11.23), следует увеличивать в 1,2 раза, а величины  $C_{en}$  и  $q_{cur}$  принимать для одного из компонентов, для которого произведение этих величин является наибольшим.

**11.5.6.6** Общую поверхность анодов  $f_{pl}$ , м<sup>2</sup>, следует определять по формуле

$$f_{pl} = \frac{I_{cur}}{i_{an}}, \quad (11.24)$$

где  $i_{an}$  — анодная плотность тока, А/м<sup>2</sup>.

При суммарной концентрации шестивалентного хрома и ионов тяжелых металлов в сточных водах до 80 мг/дм<sup>3</sup>, в интервалах от 80 до 100, от 100 до 150 и от 150 до 200 мг/дм<sup>3</sup> анодную плотность тока следует принимать соответственно 150, 200, 250 и 300 А/м<sup>2</sup>.

**11.5.6.7** Поверхность одного электрода  $f'_{pl}$ , м<sup>2</sup>, следует определять по формуле

$$f'_{pl} = b_{pl} h_{pl}, \quad (11.25)$$

где  $b_{pl}$  — ширина электродной пластины, м;

$h_{pl}$  — рабочая высота электродной пластины (высота части электродной пластины, погруженной в жидкость), м.

**11.5.6.8** Необходимое общее количество электродных пластин  $N_{pl}$ , шт., следует определять по формуле

$$N_{pl} = \frac{2f_{pl}}{f'_{pl}}. \quad (11.26)$$

Общее количество электродных пластин в одном электродном блоке должно быть не более 30. При большем расчетном количестве пластин необходимо предусмотреть несколько электродных блоков.

**11.5.6.9** Рабочий объем электрокоагулятора  $W_{ek}$ , м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$W_{ek} = f_{pl} b, \quad (11.27)$$

где  $b$  — расстояние между соседними электродами, м.

Расход металлического железа для обработки сточных вод  $Q_{Fe}$ , кг/сут, при наличии в них только одного компонента следует определять по формуле

$$Q_{Fe} = \frac{Q_w C_{en} q_{Fe}}{1000 K_{ek}}, \quad (11.28)$$

где  $q_{Fe}$  — удельный расход металлического железа, г, для удаления 1 г одного из компонентов сточных вод;

$K_{ek}$  — коэффициент использования материала электродов, в зависимости от толщины электродных пластин принимаемый 0,6–0,8;

$Q_w$  — расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов менее 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа для обработки сточных вод следует определять по формуле (11.28), в которую подставляются значения  $q_{Fe}$  и  $C_{en}$  для шестивалентного хрома.

При одновременном присутствии в сточных водах нескольких компонентов и суммарной концентрации ионов тяжелых металлов более 50 % концентрации шестивалентного хрома расход металлического железа следует определять по формуле (11.28) с коэффициентом 1,2, а  $q_{Fe}$  и  $C_{en}$  относить к одному из компонентов сточных вод, для которого произведение этих величин является наибольшим.

## 12 Сооружения для обработки осадков сточных вод

**12.1** Проектирование и конструирование сооружений по обработке осадков сточных вод следует выполнять, руководствуясь требованиями СНиП 2.04.03.

Наименьшие расчетные скорости движения сырых и сброженных осадков, а также уплотненного активного ила в напорных илопроводах следует принимать по таблице 12.1.

Таблица 12.1

| Влажность осадка, % | $V_{min}$ , м/с, при диаметрах условного прохода труб $D$ , мм |         |
|---------------------|--|---------|
|                     | 150–200  | 250–400 |
| 98                  | 0,8  | 0,9     |
| 97                  | 0,9  | 1,0     |

Окончание таблицы 12.1

| Влажность осадка, % | $V_{\min}$ , м/с, при диаметрах условного прохода труб $D$ , мм |         |
|---------------------|---|---------|
|                     | 150–200   | 250–400 |
| 96                  | 1,0   | 1,1     |
| 95                  | 1,1   | 1,2     |
| 94                  | 1,2   | 1,3     |
| 93                  | 1,3   | 1,4     |
| 92                  | 1,4   | 1,5     |
| 91                  | 1,7   | 1,8     |
| 90                  | 1,9   | 2,1     |

Гидравлический расчет напорных илопроводов, транспортирующих сырые и сброженные осадки, а также активный ил, следует производить с учетом режима движения, физических свойств и особенностей состава осадков.

При влажности 99 % и более параметры осадка допускается принимать аналогичные параметрам сточной воды.

Гидравлический уклон  $i$  при расчете напорных илопроводов при влажности осадка менее 99 % следует определять по формуле

$$i = \frac{1360 \cdot (100 - P_{mud})}{D^{2,25}} + \frac{\lambda V^2}{2gD}, \quad (12.1)$$

где  $P_{mud}$  — влажность осадка, %;

$\lambda$  — коэффициент сопротивления трению по длине, определяемый по формуле

$$\lambda = 0,214 P_{mud} - 0,191; \quad (12.2)$$

$V$  — скорость движения ила, м/с;

$D$  — диаметр трубопровода, см.

Для илопроводов диаметром 150 мм значение  $\lambda$  следует увеличивать на 0,01.

**12.2** Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод (сырой, избыточный активный ил и др.), должны подвергаться обработке, обеспечивающей возможность их утилизации или складирования. При этом необходимо учитывать технико-экономическую эффективность утилизации осадка и биогаза, санитарную безопасность и агрохимическую ценность, транспортирование и организацию складирования не утилизируемых осадков, защиту почв, грунтовых вод и атмосферы, а также очистку сточных вод, образующихся при обработке осадков.

**12.3** Выбор метода стабилизации, обезвоживания и обезвреживания осадков должен определяться технико-экономическими расчетами с учетом местных условий, физико-химических, теплофизических и водоотдающих характеристик.

Допускается совместная обработка обезвоженных осадков и твердых бытовых отходов.

При проектировании станций очистки сточных вод необходимо учитывать обработку дополнительных объемов сточных вод и загрязняющих веществ, образующихся в технологических процессах обезвоживания осадков, а также предусматривать мероприятия по предотвращению загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод сооружениями для обезвоживания осадков.

**12.4** Для повышения концентрации осадков перед дальнейшей обработкой следует применять уплотнители и сгустители различных типов (гравитационные, флотационные и др.).

### 12.5 Уплотнители и сгустители осадков перед обезвоживанием или сбросом

**12.5.1** Уплотнители и сгустители следует применять для повышения концентрации активного ила. Допускается подача в них иловой смеси из аэротенков, а также совместное уплотнение сырого осадка и избыточного активного ила. Для этой цели допускается применение илоуплотнителей гравитационного типа (радиальных, вертикальных, горизонтальных), флотаторов и сгустителей. Данные по проектированию уплотнителей аэробно стабилизированных осадков приведены в 12.7.4.

**12.5.2** При проектировании радиальных и горизонтальных илоуплотнителей следует принимать:

- выпуск уплотненного осадка под гидростатическим напором не менее 1 м;
- илососы или илоскребы для удаления осадка; подачу иловой воды из уплотнителей в аэротенки;
- количество илоуплотнителей не менее двух, причем оба рабочие.

**12.5.3** Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей следует принимать по таблице 12.2. Продолжительность уплотнения избыточного активного ила производственных сточных вод допускается изменять в зависимости от его свойств.

Таблица 12.2

| Характеристика<br>избыточного активного ила   | Влажность<br>уплотненного активного<br>ила, % |            | Продолжительность<br>уплотнения, ч |            | Скорость движения<br>жидкости в отстойной<br>зоне вертикального<br>илоуплотнителя,<br>мм/с |
|---|---|------------|------------------------------------|------------|--|
|   | Уплотнитель                                   |            |                                    |            |  |
|   | вертикальный                                  | радиальный | вертикальный                       | радиальный |  |
| Иловая смесь из аэротенков<br>с концентрацией 1,5–3,0 г/дм <sup>3</sup>                                     | —   | 97,3       | —                                  | 5–8        | —  |
| Активный ил из вторичных<br>отстойников с концентра-<br>цией 4 г/дм <sup>3</sup>                            | 98  | 97,3       | 10–12                              | 9–11       | Не более 0,1   |
| Активный ил из зоны отстаивания<br>аэротенков-отстой-<br>ников с концентрацией<br>4,5–6,5 г/дм <sup>3</sup> | 98  | 97         | 16                                 | 12–15      | То же  |

**12.5.4** Для флотационного сгущения активного ила следует применять метод напорной флотации с использованием резервуаров круглой или прямоугольной формы. Флотационное уплотнение следует производить как при непосредственном насыщении воздухом объема ила, так и с насыщением рециркулирующей части осветленной воды.

Влажность уплотненного активного ила в зависимости от типа флотатора и характеристики ила составляет 94,5 % – 96,5 %.

**12.5.5** Разделение иловой смеси следует вести в зависимости от требуемой степени осветления по содержанию взвешенных веществ, указанных в таблице 7.19.

Расчет сооружений по уплотнению иловой смеси следует производить исходя из величины гидравлической нагрузки  $q_{ms}$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч), которая принимается по таблице 7.18.

Параметры работы установки для уплотнения активного ила рекомендуется принимать следующими:

- нагрузка по сухому веществу ила от 3 до 6 кг/(м<sup>2</sup>·ч);
- продолжительность пребывания иловой смеси в напорном баке от 2 до 4 мин;
- концентрация уплотненного ила от 4 % до 6 % по сухому веществу ;
- удельный расход воздуха из расчета 5 дм<sup>3</sup> воздуха на 1 кг сухого вещества ила;
- соотношение расходов рабочей жидкости и иловой смеси в пределах от 1,5:1,0 до 3,0:1,0.

**12.5.6** Расчетные параметры и схемы флотационных установок следует принимать по данным научно-исследовательских организаций.

## 12.6 Метантенки

**12.6.1** Метантенки следует применять для анаэробного сбраживания осадков городских сточных вод, а также других сбраживаемых веществ (отбросов с решеток, производственных осадков органического происхождения) с целью их стабилизации и получения метансодержащего газа брожения (биогаза). При этом необходимо учитывать состав осадка, наличие веществ, тормозящих процесс сбраживания и влияющих на выход биогаза.

**12.6.2** Для сбраживания осадков в метантенках допускается принимать мезофильный ( $T = (35 \pm 5)$  °С) либо термофильный ( $T = (55 \pm 5)$  °С) режим. Выбор режима сбраживания следует производить с учетом методов последующей обработки и утилизации осадков, а также санитарных требований.



**12.6.3** Обезвоживание осадков, образующихся при очистке сточных вод, допускается предусматривать естественным или механическим методами.

Выбор метода обезвоживания и оборудования следует производить на основе технико-экономических расчетов с учетом климатических и гидрогеологических условий района строительства, возможности утилизации или складирования обезвоженных осадков, наличия реагентов, рекомендаций научно-исследовательских организаций, параметров оборудования, предлагаемого изготовителями, опыта эксплуатации аналогичных объектов. В целях снижения антропогенного воздействия объектов обработки осадков рекомендуется применять механические методы обезвоживания.

**12.6.4** Для поддержания требуемого режима сбраживания следует предусматривать:

- загрузку осадка в метантенки, как правило, равномерную в течение суток;
- обогрев метантенков острым паром, выпускаемым через эжектирующие устройства, либо подогрев осадка, подаваемого в метантенк, в теплообменных аппаратах. Необходимое количество тепла следует определять с учетом теплотерь метантенков в окружающую среду.

**12.6.5** Определение вместимости метантенков следует производить в зависимости от фактической влажности осадка по суточной дозе загрузки, принимаемой для осадков городских сточных вод по таблице 12.3, а для осадков производственных сточных вод — на основании экспериментальных данных; при наличии в сточных водах анионных ПАВ суточную дозу загрузки следует проверять согласно 12.6.6.

**Таблица 12.3**

| Режим сбраживания | Суточная доза загружаемого осадка $D_{mt}$ , %, при влажности загружаемого осадка, %, не более |    |    |    |    |
|-------------------|--|----|----|----|----|
|                   | 93   | 94 | 95 | 96 | 97 |
| Мезофильный       | 7  | 8  | 8  | 9  | 10 |
| Термофильный      | 14   | 16 | 17 | 18 | 19 |

**12.6.6** При наличии в сточных водах ПАВ величину суточной дозы загрузки  $D_{mt}$ , %, принятую по таблице 12.3, следует проверять по формуле

$$D_{mt} = \frac{10D_{lim}}{C_{dt} \cdot (100 - p_{mud})}, \quad (12.3)$$

где  $C_{dt}$  — содержание ПАВ в осадке, мг/г сухого вещества осадка, принимаемое по экспериментальным данным или по таблице 12.3;

$p_{mud}$  — влажность загружаемого осадка, %;

$D_{lim}$  — предельно допустимая загрузка рабочего объема метантенка в сутки, г/м<sup>3</sup>, принимаемая:

- 40 — для алкилбензолсульфонатов с прямой алкильной цепью;
- 85 — для других «мягких» и промежуточных анионных ПАВ;
- 65 — для анионных ПАВ в бытовых сточных водах.

Если значение суточной дозы, определенное по формуле (12.3), менее указанного в таблице 12.3 для заданной влажности осадка, то вместимость метантенка необходимо откорректировать с учетом дозы загрузки, если равно или превышает — корректировка не производится.

**Таблица 12.4**

| Исходная концентрация ПАВ в сточной воде, мг/дм <sup>3</sup> | Содержание ПАВ, мг/г сухого вещества осадка |                        |
|--|---|------------------------|
|  | Осадок из первичных отстойников             | Избыточный активный ил |
| 5  | 5   | 5                      |
| 10   | 9   | 5                      |
| 15   | 13  | 7                      |
| 20   | 17  | 7                      |
| 25   | 20  | 12                     |
| 30   | 24  | 12                     |

**12.6.7** Распад беззольного вещества загружаемого осадка  $R_r$ , %, в зависимости от дозы загрузки следует определять по формуле

$$R_r = R_{lim} - K_r D_{mt}, \quad (12.4)$$

где  $R_{lim}$  — максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, %, определяемое по формуле (12.5);

$K_r$  — коэффициент, зависящий от влажности осадка и принимаемый по таблице 12.5;

$D_{mt}$  — доза загружаемого осадка, %, принимаемая согласно 12.6.5.

**Таблица 12.5**

| Режим сбраживания | Значение коэффициента $K_r$ при влажности загружаемого осадка, % |       |      |      |      |
|-------------------|--|-------|------|------|------|
|                   | 93   | 94    | 95   | 96   | 97   |
| Мезофильный       | 1,050  | 0,890 | 0,72 | 0,56 | 0,40 |
| Термофильный      | 0,455  | 0,385 | 0,31 | 0,24 | 0,17 |

**12.6.8** Максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка  $R_{lim}$ , %, следует определять в зависимости от химического состава осадка по формуле

$$R_{lim} = (0,92C_{fat} + 0,62C_{gl} + 0,34C_{prt}) \cdot 100, \quad (12.5)$$

где  $C_{fat}$ ,  $C_{gl}$ ,  $C_{prt}$  — соответственно содержание жиров, углеводов и белков, г на 1 г беззольного вещества осадка.

При отсутствии данных о химическом составе осадка величину  $R_{lim}$ , %, допускается принимать:

- для осадков из первичных отстойников — 53;
- для избыточного активного ила — 44;
- для смеси осадка с активным илом — по среднеарифметическому соотношению смешиваемых компонентов по беззольному веществу.

**12.6.9** Массу газа, получаемого при сбраживании, следует принимать 1 г на 1 г распавшегося беззольного вещества загружаемого осадка, объемный вес газа — 1 кг/м<sup>3</sup>, теплотворную способность — 20 900 кДж/м<sup>3</sup>.

**12.6.10** Влажность осадка, выгружаемого из метантенка, следует принимать в зависимости от соотношения загружаемых компонентов по сухому веществу, с учетом распада беззольного вещества, определяемого согласно 12.6.7.

**12.6.11** При проектировании метантенков следует предусматривать:

- мероприятия по взрывопожаробезопасности оборудования и обслуживающих помещений в соответствии с [10];
- герметичные резервуары метантенков, рассчитанные на избыточное давление газа до 5 кПа;
- количество метантенков — не менее двух, при этом все метантенки должны быть рабочими;
- отношение диаметра метантенка к его высоте (от днища до основания газосборной горловины) — не более 0,8–1,0;
- расположение статического уровня осадка — на от 0,2 до 0,3 м выше основания горловины, а верха горловины — на 1,0–1,5 м выше динамического уровня осадка;
- площадь газосборной горловины — из условия пропуск от 600 до 800 м<sup>3</sup> газа на 1 м<sup>2</sup> в сутки;
- расположение открытых концов труб для отвода газа из газового колпака — на высоте не менее 2 м от динамического уровня;
- загрузку осадка в верхнюю зону метантенка и выгрузку из нижней зоны;
- систему опорожнения резервуаров метантенков с возможностью подачи осадка из нижней зоны в верхнюю;
- переключения, обеспечивающие возможность промывки всех трубопроводов;
- перемешивающие устройства, рассчитанные на пропуск всего объема бродящей массы в течение 5–10 ч;
- герметически закрывающиеся люки-лазы, смотровые люки;
- расстояние от метантенков до основных сооружений станций, внутриплощадочных автомобильных дорог и железнодорожных путей — не менее 20 м, до высоковольтных линий — не менее 1,5 высоты опоры;
- ограждение территории метантенков.

**12.6.12** Газ, получаемый в результате сбраживания осадков в метантенках, следует использовать в теплоэнергетическом хозяйстве очистной станции и близко расположенных объектов.

**12.6.13** Проектирование газового хозяйства метантенков (газосборных пунктов, газовой сети, газгольдеров) следует осуществлять в соответствии с [11].

**12.6.14** Для регулирования давления и хранения газа следует предусматривать мокрые газгольдеры, вместимость которых рассчитывается на двух-четырёхчасовой выход газа, давление газа под колпаком — от 1,5 до 2,5 кПа.

**12.6.15** При обосновании допускается применение двухступенчатых метантенков в районах со среднегодовой температурой воздуха не ниже 6 °С и при ограниченности территории для размещения иловых площадок.

**12.6.16** Метантенки первой ступени следует проектировать на мезофильное сбраживание согласно 12.6.1 – 12.6.11.

**12.6.17** Метантенки второй ступени следует проектировать в виде открытых резервуаров без подогрева.

Выпуск иловой воды следует предусматривать на разных уровнях по высоте сооружения, удаление осадка — из сборного приемка по иловой трубе диаметром не менее 200 мм, под гидростатическим напором не менее 2 м.

Вместимость метантенков второй ступени следует рассчитывать исходя из дозы суточной загрузки в интервале 3 % – 4 %.

Метантенки второй ступени следует оборудовать механизмами для удаления накапливающейся корки.

**12.6.18** Влажность осадка, %, удаляемого из метантенков второй ступени, следует принимать:

92 — при сбраживании осадка из первичных отстойников;

94 — то же совместно с избыточным активным илом.

## 12.7 Аэробные стабилизаторы

**12.7.1** На аэробную стабилизацию допускается направлять неуплотненный или уплотненный в течение не более 5 ч активный ил, а также смесь его с сырым осадком.

**12.7.2** Для аэробной стабилизации следует предусматривать сооружения типа коридорных аэротенков.

Продолжительность аэрации при температуре 20 °С следует принимать, сут:

от 2 до 5 включ. — для активного неуплотненного ила;

“ 6 “ 7 “ — для смеси осадка первичных отстойников и неуплотненного ила;

“ 8 “ 12 “ — для смеси осадка и активного уплотненного ила.

При более высокой температуре осадка продолжительность аэробной стабилизации следует уменьшать, а при меньшей — увеличивать. При изменении температуры на 10 °С продолжительность стабилизации соответственно изменяется в 2,0–2,2 раза.

Аэробная стабилизация осадка может осуществляться в диапазоне температур от 8 °С до 35 °С.

Для осадков производственных сточных вод продолжительность процесса следует определять экспериментально.

**12.7.3** Расход воздуха на аэробную стабилизацию следует принимать 1–2 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>3</sup> вместимости стабилизатора в зависимости от концентрации осадка соответственно 99,5 % – 97,5 %. При этом интенсивность аэрации следует принимать не менее 6 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

**12.7.4** Уплотнение аэробно стабилизированного осадка следует предусматривать или в отдельно стоящих илоуплотнителях, или в специально выделенной зоне внутри стабилизатора в течение не более 5 ч. Влажность уплотненного осадка должна быть 96,5 % – 98,5 %.

Иловая вода из уплотнителей должна направляться в аэротенки. Ее загрязнения следует принимать по БПК<sub>5</sub> — 100 мг/дм<sup>3</sup>, по взвешенным веществам — до 100 мг/дм<sup>3</sup>.

## 12.8 Сооружения для механического обезвоживания осадка

**12.8.1** Осадки городских сточных вод, подлежащие механическому обезвоживанию, должны подвергаться предварительной обработке — уплотнению, промывке (для сброженного осадка), коагулированию химическими реагентами. Необходимость предварительной обработки осадков производственных сточных вод следует устанавливать экспериментально.

**12.8.2** Перед обезвоживанием сброженного осадка на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах следует предусматривать его промывку очищенной сточной водой.

Удельный расход промывной воды,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , следует принимать:

- 1,0–1,5 — для сброженного сырого осадка;
- 2–3 — для сброженной в мезофильных условиях смеси сырого осадка и избыточного активного ила;
- 3–4 — то же, в термофильных условиях.

При наличии данных об удельном сопротивлении осадка расход промывной воды  $q_{ww}$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , следует определять по формуле

$$q_{ww} = \lg(r_{mud} 10^{-10}) - 1,8, \quad (12.6)$$

где  $r_{mud}$  — удельное сопротивление осадка,  $\text{см}/\text{г}$ .

**12.8.3** Продолжительность промывки следует принимать 15–20 мин, количество резервуаров для промывки осадка — не менее двух. В резервуарах следует предусматривать устройства для удаления всплывающих веществ, перемешивания и периодической очистки.

При перемешивании с воздухом его количество определяется из расчета  $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$  смеси промываемого осадка и воды.

**12.8.4** Для уплотнения смеси промытого осадка и воды следует предусматривать уплотнители, рассчитанные на 12–18 ч пребывания в них смеси при мезофильном режиме сбраживания и на 20–24 ч — при термофильном режиме.

Количество уплотнителей следует принимать не менее двух. Удаление осадка из уплотнителей следует предусматривать насосами плунжерного типа.

Влажность уплотненного осадка следует принимать от 94 % до 96 % в зависимости от исходного осадка и количества добавленного активного ила.

Удаление иловой воды из уплотнителей следует предусматривать на очистных сооружениях, которые следует рассчитывать с учетом дополнительного количества загрязняющих веществ.

Количество загрязняющих веществ в иловой воде из уплотнителей,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ , следует принимать:

- по взвешенным веществам — от 1000 до 1500 включ.;
- по БПК<sub>5</sub> — “ 300 “ 600 “ .

Для уменьшения выноса из уплотнителей взвешенных веществ и снижения влажности уплотненного осадка следует предусматривать подачу фильтрата от вакуум-фильтров в илоуплотнители, а также замену промывной воды раствором хлорида железа (III) концентрацией 0,1 %, для приготовления которого используется 50 % общего требуемого количества указанного реагента.

В уплотнителях следует предусматривать устройства для удаления всплывающих веществ.

**12.8.5** Перед обезвоживанием на камерных фильтр-прессах для извлечения крупных включений из осадка первичных отстойников следует предусматривать решетки с прозорами от 1 до 10 мм или вибропроцеживающие аппараты с сетками с размером ячеек от  $2 \times 2$  мм до  $10 \times 10$  мм.

**12.8.6** В качестве реагентов при коагулировании осадков городских сточных вод следует применять хлорид или сульфат железа (III) и известь в виде 10 %-ных растворов.

Добавку извести в осадок следует предусматривать после введения хлорида или сульфата железа.

Количество реагентов следует определять в расчете по  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{CaO}$ , при этом их дозы при вакуум-фильтровании следует принимать, % к массе сухого вещества осадка:

- для сброженного осадка первичных отстойников:  $\text{FeCl}_3$  — 3–4;  $\text{CaO}$  — 8–10;
- для сброженной промытой смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила:  $\text{FeCl}_3$  — 4–6;  $\text{CaO}$  — 12–20;
- для сырого осадка первичных отстойников:  $\text{FeCl}_3$  — 1,5–3,0;  $\text{CaO}$  — 6–10;
- для смеси осадка первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила:  $\text{FeCl}_3$  — 3–5;  $\text{CaO}$  — 9–13;
- для уплотненного избыточного ила из азротенков:  $\text{FeCl}_3$  — 6–9;  $\text{CaO}$  — 17–25.

Большие значения доз реагентов следует принимать для осадка, сброженного при термофильном режиме.

При обезвоживании аэробно стабилизированного осадка доза реагентов на 30 % меньше дозы для мезофильно сброженной смеси.

Доза  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  во всех случаях увеличивается по сравнению с дозами хлорида железа (III) на 30 % – 40 %.

При обезвоживании осадка на камерных фильтр-прессах доза извести принимается во всех случаях на 30 % больше.

Дозу флокулянтов следует принимать на основании данных испытаний процесса обезвоживания в лабораторных условиях с учетом технических требований, устанавливаемых производителями оборудования для механического обезвоживания осадка.

**12.8.7** Смешение реагентов с осадком следует предусматривать в смесителях.

Применение центробежных насосов для перекачки скоагулированного осадка допускается при его влажности более 95 %.

**12.8.8** Следует предусматривать промывку фильтровальной ткани вакуум-фильтров и фильтр-прессов производственной водой, а также периодическую регенерацию ее 8 % – 10 %-ным раствором ингибированной соляной кислоты.

**12.8.8** Количество ингибированной соляной кислоты следует определять исходя из годовой потребности кислоты 20 %-ной концентрации на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности: 20 л — для вакуум-фильтра со сходящим полотном и 50 л — для фильтров других типов.

**12.8.9** Склад хлорида железа или сульфата железа и соляной кислоты следует рассчитывать из условия хранения их 20–30-суточного запаса, извести — 15-суточного запаса.

Количество резервуаров кислоты и раствора хлорида железа следует принимать не менее двух.

В случае доставки реагентов железнодорожными цистернами вместимость резервуара должна быть не менее вместимости цистерны.

**12.8.10** Производительность вакуум-фильтров, фильтр-прессов и влажность кека при обезвоживании осадков городских сточных вод следует принимать по таблице 12.6.

Таблица 12.6

| Характеристика обрабатываемого осадка   | Производительность, кг сухого вещества осадка на 1 м <sup>2</sup> поверхности фильтра в 1 ч |                | Влажность кека, %       |                        |
|---|---|----------------|-------------------------|------------------------|
|   | вакуум-фильтров   | фильтр-прессов | при вакуум-фильтровании | при фильтр-прессовании |
|   |   |                |                         |                        |
| Сброженный осадок из первичных отстойников  | 25–35   | 12–17          | 75–77                   | 60–65                  |
| Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила, аэробно стабилизированный активный ил    | 20–25   | 10–16          | 78–80                   | 62–68                  |
| Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила  | 17–22   | 7–13           | 78–80                   | 62–70                  |
| Сырой осадок из первичных отстойников   | 30–40   | 12–16          | 72–75                   | 55–60                  |
| Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотненного активного ила   | 20–30   | 5–12           | 75–80                   | 62–75                  |
| Уплотненный активный ил станций аэрации населенных пунктов  | 8–12  | 2–7            | 85–87                   | 80–83                  |
| <i>Примечание</i> — Для вакуум-фильтрования сырых осадков следует предусматривать барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном. |   |                |                         |                        |

Производительность вакуум-фильтров и фильтр-прессов при обезвоживании осадков производственных сточных вод необходимо принимать по опытным данным.

**12.8.11** Величину вакуума при вакуум-фильтровании следует принимать в пределах 40–65 кПа, давление сжатого воздуха на отдуве осадка — 20–30 кПа. Производительность вакуум-насосов следует определять из условия расхода воздуха 0,5 м<sup>3</sup>/мин на 1 м<sup>2</sup> площади фильтра, а расход сжатого воздуха — 0,1 м<sup>3</sup>/мин на 1 м<sup>2</sup> площади фильтра.

При фильтр-прессовании подачу скоагулированного осадка следует предусматривать под давлением не менее 0,6 МПа; расход сжатого воздуха на просушку осадка следует принимать

0,2 м<sup>3</sup>/мин на 1 м<sup>2</sup> фильтровальной поверхности; давление сжатого воздуха — не менее 0,6 МПа; расход промывной воды — 4 л/мин на 1 м<sup>2</sup> фильтровальной поверхности; давление промывной воды — не менее 0,3 МПа.

**12.8.12** Допускается применение для обезвоживания осадков непрерывно действующих осадительных горизонтальных центрифуг со шнековой выгрузкой осадка. Производительность центрифуг по исходному осадку  $q_{cf}$ , м<sup>3</sup>/ч, следует определять по формуле

$$q_{cf} = k_{cf} l_{rot} d_{rot}, \quad (12.7)$$

где  $k_{cf}$  — коэффициент, принимаемый в диапазоне 15–20;  
 $l_{rot}$ ,  $d_{rot}$  — соответственно длина и диаметр ротора, м.

При работе с флокулянтами производительность центрифуг необходимо принимать в 2 раза меньше. Эффективность задержания сухого вещества при этом увеличивается до 90 % – 95 %.

Эффективность задержания сухого вещества и влажность кека следует принимать по таблице 12.7.

**12.8.13** Перед подачей осадка на центрифуги необходимо предусматривать удаление из него песка, а перед центрифугами с диаметром ротора менее 0,5 м — установку решеток дробилок.

**12.8.14** При подаче фугата после центрифуг на очистные сооружения следует учитывать увеличение нагрузки на них по БПК<sub>5</sub> в зависимости от эффективности задержания сухого вещества из расчета 1 мг БПК<sub>5</sub> на 1 мг остаточного сухого вещества в фугате.

Таблица 12.7

В процентах

| Характеристика обрабатываемого осадка  | Эффективность задержания сухого вещества | Влажность кека |
|--|--|----------------|
| Сырой или сброженный осадок из первичных отстойников   | 45–65                                    | 65–75          |
| Анаэробно сброженная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила   | 25–40                                    | 65–75          |
| Аэробно стабилизированная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила                                      | 25–35                                    | 70–80          |
| Сырой активный ил при зольности, %:  |  |                |
| 28–35  | 10–15                                    | 75–85          |
| 38–42  | 15–25                                    | 70–80          |
| 44–47  | 25–35                                    | 60–75          |
| <i>Примечание</i> — Центрифугирование активного ила целесообразно применять для удаления его избыточного количества. |  |                |

**12.8.15** Для предотвращения увеличения нагрузки на очистные сооружения следует предусматривать дополнительную обработку фугата:

— аэробную стабилизацию в смеси с осадком первичных отстойников и избыточным активным илом с последующим гравитационным уплотнением в течение 3–5 ч;

— иловые площадки для фугата, полученного после центрифугирования сброженных осадков, при этом нагрузку на площадки на искусственном основании с дренажем следует принимать по таблице 12.8 с коэффициентом 2;

— возврат в аэротенки фугата после центрифугирования неуплотненного активного ила.

**12.8.16** Доза высокомолекулярных флокулянтов катионного типа — от 2 до 7 кг/т сухого вещества осадка. Большую дозу флокулянтов следует принимать при центрифугировании активного ила, меньшую — для сырого осадка.

Влажность обезвоженного активного ила следует принимать от 83 % до 88 %, сырого осадка — от 70 % до 75 %.

Фугат следует возвращать на очистные сооружения без дополнительной обработки. Объем очистных сооружений при этом не увеличивается.

Применение флокулянтов рекомендуется при использовании центрифуг с отношением длины ротора к диаметру 2,5–4,0.

**12.8.17** Количество резервного оборудования следует принимать:

— вакуум-фильтров и фильтр-прессов при количестве рабочих единиц до 3 включ. — один; от 4 до 10 включ. — два;

— центрифуг при количестве рабочих единиц до 2 включ. — одну; от 3 и более — две.

**12.8.18** При проектировании механического обезвоживания осадка необходимо предусматривать аварийные иловые площадки на 20 % годового количества осадка.

## **12.9 Иловые площадки**

**12.9.1** Иловые площадки допускается применять для обезвоживания осадка при производительности очистных сооружений до 25 000 м<sup>3</sup>/сут. При большей производительности следует предусматривать сооружения по механическому обезвоживанию осадка. При производительности очистных сооружений 25 000 м<sup>3</sup>/сут и более иловые площадки допускается предусматривать в качестве резервных сооружений для их использования в случае выхода из строя сооружений по механическому обезвоживанию осадка.

**12.9.2** Иловые площадки, как правило, следует проектировать на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем. Допускается проектировать каскадные иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители.

Допускается проектировать, при соответствующем обосновании, иловые площадки на естественном основании с дренажем при благоприятных геологических и гидрогеологических условиях.

Иловые площадки допускается проектировать на естественном основании без дренажа на очистных станциях, включающих сооружения механической очистки и сооружения биологической очистки, в условиях, близких к естественным (поля фильтрации, биологические пруды) и не предусматривающих их подключение к системам электроснабжения.

**12.9.3** При проектировании иловых площадок следует принимать:

— нагрузку осадка — по опыту эксплуатации аналогичных сооружений в данном районе или по рекомендациям научно-исследовательских организаций. При отсутствии указанных данных нагрузку осадка на иловые площадки, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в год, следует принимать по таблице 12.8;

— конструкцию иловых площадок — в зависимости от гидрогеологических и климатических условий, рельефа местности;

— количество карт — не менее четырех;

— рабочую глубину карт — от 0,7 до 1,0 м;

— высоту оградительных валиков — на 0,3 м выше рабочего уровня;

— ширину валиков поверху — не менее 0,7 м, при использовании механизмов для ремонта земляных валиков — от 1,8 до 2,0 м;

— уклон дна разводящих труб или лотков — по расчету, но не менее 0,01.

**12.9.4** На иловых площадках должны предусматриваться дороги со съездами на карты для автотранспорта и средств механизации с целью обеспечения механизированной уборки, погрузки и транспортирования подсушенного осадка.

Для уборки и вывоза подсушенного осадка следует предусматривать механизмы, используемые на земляных работах.

**12.9.5** Иловые площадки на естественном основании допускается проектировать при благоприятных инженерно-геологических условиях и залегании грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и только в тех случаях, когда допускается фильтрация иловых вод в грунт.

При меньшей глубине залегания грунтовых вод следует предусматривать понижение их уровня или применение иловых площадок на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем.

Таблица 12.8 — Нагрузка на иловые площадки, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в год

| Характеристика осадка   | Иловые площадки           |                                      |  |  |                      |   |
|---|---------------------------|--------------------------------------|--|--|----------------------|---|
|   | на естественном основании | на естественном основании с дренажем | на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем | каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании | площадки-уплотнители | на естественном основании с вертикальным дренажем |
| Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила                           | 1,2                       | 1,5                                  | 2,0  | 1,5  | 1,5                  | 2,5   |
| То же, в термофильных условиях  | 0,8                       | 1,0                                  | 1,5  | 1,0  | 1,0                  | 1,8   |
| Сброженный осадок из первичных отстойников и осадок из двухъярусных отстойников                                   | 2,0                       | 2,3                                  | 2,5  | 2,0  | 2,3                  | 3,0   |
| Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил | 1,2                       | 1,5                                  | 2,0  | 1,5  | 1,5                  | 2,5   |



**12.9.6** При проектировании иловых площадок с отстаиванием и поверхностным отводом иловой воды следует принимать:

- количество каскадов — от 4 до 7;
- количество карт в каждом каскаде — от 4 до 8;
- полезную площадь, га, одной карты — от 0,25 до 2,00;
- ширину, м, карт:
  - при уклонах местности 0,004–0,080 — от 30 до 100;
  - то же 0,01–0,04 — “ 50 “ 100;
  - “ 0,01 и менее — “ 60 “ 100;
- длину, м, карт:
  - при уклонах более 0,04 — от 80 до 100;
  - при уклонах 0,01 и менее — от 100 до 250;
  - отношение ширины к длине — от 1:2 до 1,0:2,5;
- высоту, м, оградительных валиков и насыпей для дорог — до 2,5;
- рабочую глубину, м, карт — на 0,3 менее высоты оградительных валиков;
- напуски осадка: при четырех картах в каскаде — на две первые карты; при семи-восьми картах в каскаде — на три-четыре первые карты;
- перепуски иловой воды между картами — в шахматном порядке;
- количество иловой воды — от 30 % до 50 % от количества обезвоживаемого осадка.

**12.9.7** При проектировании иловых площадок с вертикальным дренажем следует принимать:

- расстояние, м, между дренажными вертикальными колодцами — от 20 до 40;
- высоту, м, дренажных вертикальных колоцев — от 1,5 до 2,0;
- высоту, м, оградительных валиков и насыпей для дорог — до 2,3;
- рабочую глубину, м, — от 1,2 до 1,7, при этом рабочая глубина должна быть на 0,3 меньше высоты дренажных вертикальных колоцев;
- диаметр, мм, зерен фильтрующей загрузки — от 10 до 50;
- слой фильтрующей загрузки от стенки колодца — от 250 до 300.

Ограждающие стенки фильтрационного колодца следует выполнять из металлических сеток. Параметры сетки следует принимать исходя из обеспечения прочности конструкции при режиме фильтрации и при выгрузке осадка из иловой площадки.

**12.9.8** Допускается предусматривать иловые площадки-уплотнители рабочей глубиной до 2 м в виде прямоугольных карт-резервуаров с водонепроницаемыми днищем и стенами. Для выпуска иловой воды, выделяющейся при отстаивании осадка, вдоль продольных стен следует предусматривать отверстия, перекрываемые шиберами.

**12.9.9** При проектировании площадок-уплотнителей следует принимать:

- ширину карт — 9–18 м;
- расстояние между выпусками иловой воды — не более 18 м;
- устройство пандусов для возможности механизированной уборки высушенного осадка.

**12.9.10** Площадь иловых площадок следует проверять на намораживание. Для намораживания осадка допускается использование 80 % площади иловых площадок (остальные 20 % площади предназначены для использования во время весеннего таяния намороженного осадка).

Продолжительность периода намораживания следует принимать равной количеству дней со средне-суточной температурой воздуха ниже минус 20 °С.

Количество намороженного осадка допускается принимать равным 75 % поданного на иловые площадки за период намораживания.

Высоту намораживаемого слоя осадка следует принимать на 0,1 м менее высоты валика. Дно разводящих лотков или труб должно быть выше горизонта намораживания.

**12.9.11** Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % площади карты. Конструкцию, размещение дренажных устройств и размеры площадок следует принимать с учетом механизированной уборки осадка.

**12.9.12** Твердое покрытие иловых площадок необходимо устраивать из двух слоев асфальта толщиной 0,015–0,025 м и по щебеночно-песчаной подготовке толщиной 0,1 м, асфальтобетонное или бетонное — в зависимости от типа механизмов, применяемых для уборки осадка.

**12.9.13** Подачу иловой воды с иловых площадок следует предусматривать на очистные сооружения, при этом сооружения рассчитываются с учетом дополнительных загрязняющих веществ и объема иловой воды. Дополнительное количество загрязняющих веществ от иловой воды следует принимать: при сушке сброженных осадков по взвешенным веществам — от 1000 до 2000 мг/дм<sup>3</sup>; по БПК<sub>5</sub> — от 700 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> (большие значения — для площадок-уплотнителей, меньшие — для других типов иловых площадок), для аэробно стабилизированных осадков — по 12.7.4.

**12.9.14** Иловые площадки при обосновании допускается устраивать на намывном (насыпном) грунте.

**12.9.15** При размещении иловых площадок вне территории станций очистки для обслуживающего персонала следует предусматривать служебные, бытовые помещения, кладовую и телефонную связь.

## **12.10 Сооружения для обеззараживания, компостирования, термической сушки и сжигания осадка**

**12.10.1** Осадок бытовых и производственных сточных вод следует подвергать обеззараживанию в жидком виде или после обезвоживания, выдерживать на иловых площадках (в том числе и на площадках для складирования) в течение трех лет.

**12.10.2** Обеззараживание или дегельминтизация осадков может обеспечиваться:

- прогреванием до 60 °С с выдерживанием при этой температуре не менее 20 мин;
- биотермической обработкой в полевых условиях (компостированием);
- термической сушкой в сушилках различного типа;
- применением обеззараживающих реагентов.

**12.10.3** При обосновании и по согласованию с органами государственного санитарного надзора допускается сжигание осадка, не подлежащего дальнейшей утилизации, в печах различных типов.

**12.10.4** Промежуточное (перед использованием) хранение обезвоженных осадков в объеме трех-четырёхмесячного производства следует предусматривать на специально оборудованных площадках или складах с механизацией погрузочно-разгрузочных работ.

**12.10.5** Для не утилизируемых осадков следует предусматривать размещение обезвоженных осадков (влажностью менее 70 %) на полигонах совместно с твердыми бытовыми или промышленными отходами, а также в сооружениях депонирования, предотвращающих загрязнение окружающей среды в местах, согласованных с соответствующими органами государственного санитарного надзора.

**12.10.6** Компостирование осадка следует осуществлять в смеси с наполнителями (твердыми бытовыми отходами, торфом, опилками, листвой, соломой, молотой корой) или готовым компостом. Соотношение компонентов смеси обезвоженных осадков сточных вод и твердых бытовых отходов составляет 1:2 по массе, а с другими указанными наполнителями — 1:1 по объему с получением смеси влажностью не более 60 %.

**12.10.7** Процесс компостирования следует осуществлять на асфальтобетонных или бетонных площадках с использованием средств механизации в штабелях высотой от 2,5 до 3,0 м при естественной и до 5 м — при принудительной аэрации.

**12.10.8** При проектировании аэрируемых штабелей необходимо предусматривать:

- укладку в основании каждого штабеля перфорированных труб диаметром от 100 до 200 мм и размерами отверстий 8–10 мм;
- подачу воздуха (расход воздуха — от 15 до 25 м<sup>3</sup>/ч на 1 т органического вещества осадка).

**12.10.9** Длительность процесса компостирования следует принимать в зависимости от способа аэрации, состава осадка, вида наполнителя, климатических условий и на основании опыта эксплуатации в аналогичных условиях или по данным научно-исследовательских организаций.

В процессе компостирования необходимо предусматривать перемешивание смеси.

**12.10.10** Необходимость термической сушки осадка должна определяться условиями дальнейшей утилизации и транспортирования.

**12.10.11** Для термической сушки осадков следует применять сушилки различных типов.

**12.10.12** Подбор сушилок следует производить, исходя из производительности по испаряемой влаге с учетом паспортных данных оборудования.

**12.10.13** Перед подачей на сушку необходимо осуществлять максимально возможное обезвоживание осадков с целью снижения энергоемкости процесса.

**12.10.14** Барабанные сушилки следует применять для сушки осадка после механического обезвоживания.

Влажность поступающего на сушку осадка должна быть не более 80 %. Осадок после сушки должен иметь влажность от 20 % до 25 %.

Температуру дымовых газов на входе в сушилку следует принимать 800 °С, на выходе из сушилки — 250 °С.

**12.10.15** Сушилки со встречными струями следует применять для сушки осадка после механического обезвоживания на вакуум-фильтрах и центрифугах.

Влажность осадка, %, с учетом добавления высушенного осадка следует принимать:

— до сушки — от 60 до 65 включ.;

— после сушки — “ 30 “ 35 “ .

Температуру дымовых газов на входе в сушилку следует принимать от 700 °С до 800 °С, на выходе из циклонов — от 120 °С до 130 °С.

Унос твердого вещества из сепаратора с отходящими газами следует принимать 15 %.

**12.10.16** Вакуум-сушильные установки следует применять для сушки осадков на станциях производительностью до 40 000 м<sup>3</sup>/сут сточных вод.

Начальная влажность осадка, подаваемого на вакуум-сушилку, должна быть не более 93 %.

**12.10.17** При обосновании допускается сжигание осадка, не подлежащего дальнейшей утилизации, в печах различных типов.

### **12.11 Сооружения для хранения и складирования осадка**

**12.11.1** Для хранения механически обезвоженного осадка следует предусматривать открытые площадки с твердым покрытием. Высоту слоя осадка на площадках следует принимать от 1,5 до 3,0 м.

Для хранения термически высушенного осадка с учетом климатических условий следует применять аналогичные площадки, при обосновании — закрытые склады.

Хранение механически обезвоженного, термически высушенного осадка следует предусматривать в объеме трех-четырёхмесячного производства.

Погрузочно-разгрузочные работы следует механизировать.

**12.11.2** Для не утилизируемых осадков должны быть предусмотрены сооружения, обеспечивающие их складирование в условиях, предотвращающих загрязнение окружающей среды. Места складирования должны быть согласованы с соответствующими органами государственного санитарного надзора.

**Приложение А**  
(справочное)

**Параметры системы барботажа**

Таблица А.1

| Наружный диаметр трубы, мм | Диаметр центрального отверстия барботера, мм | Диаметр перфорационных отверстий, мм | Количество рядов перфорационных отверстий | Интенсивность подачи воздуха, Нм <sup>3</sup> /ч | Перепад давления на перфорационном отверстии, кПа | Шаг радиальных отверстий, мм | Неравномерность подачи воздуха, % | Длина барботера, обслуживаемого одним стояком, м |
|----------------------------|--|--------------------------------------|---|--|---|------------------------------|-----------------------------------|--|
| 50                         | 42,5   | 3                                    | 1   | 6  | 1   | 160                          | 20                                | 39,5   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 4   | 160                          | 20                                | 42,5   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 1   | 80                           | 20                                | 28,5   |
|                            |  |                                      | 2   | 12   | 1   | 160                          | 20                                | 29,0   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 4   | 160                          | 20                                | 32,0   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 1   | 80                           | 20                                | 22,0   |
| 6,3                        | 59,0   | 3                                    | 1   | 6  | 1   | 160                          | 12                                | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 4   | 160                          | 10                                | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 1   | 80                           | 20                                | 44,0   |
|                            |  |                                      | 2   | 12   | 1   | 160                          | 20                                | 43,5   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 4   | 160                          | 20                                | 47,0   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 1   | 80                           | 20                                | 33,5   |
| 75                         | 71,0   | 3                                    | 1   | 6  | 1   | 160                          | 5                                 | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 4   | 160                          | 4                                 | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 12   | 1   | 80                           | 13                                | 50,0   |
|                            |  |                                      | 2   | 12   | 1   | 160                          | 13                                | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 4   | 160                          | 10                                | 50,0   |
|                            |  |                                      |   | 24   | 1   | 80                           | 20                                | 43,5   |

**Приложение Б**  
(справочное)

**Параметры гидроциклонов**

**Таблица Б.1 — Параметры конструктивных элементов для расчета открытых гидроциклонов**

| Наименование<br>конструктивного элемента                               | Тип гидроциклона            |                            |  |                                |   |
|--|-----------------------------|----------------------------|--|--------------------------------|---|
|  | Одноярусные гидроциклоны    |                            |  | Многоярусные гидроциклоны      |   |
|  | без внутренних<br>устройств | с конической<br>диафрагмой | с конической<br>диафрагмой<br>и внутренней<br>цилиндрической<br>перегородкой | с центральными<br>выпусками    | с периферийным<br>отбором очищенной<br>воды |
| Диаметр аппарата, м  | 2–10                        | 2–6                        | 2–6  | 2–6                            | 2–6   |
| Высота цилиндрической части $H$ , доля от $D_{hc}$                     | $D_{hc}$                    | $D_{hc}$                   | $D_{hc} + 0,5$   | —                              | —   |
| Размер впускного патрубка, доля от $D_{hc}$                            | 0,07                        | 0,05                       | 0,05   | Определяется по скорости входа |   |
| Количество впусков $n_l$ , шт.   | 2                           | 2                          | 2  | 3                              | 3   |
| Угол конической части $\alpha$ , ...°                                  | 60                          | 60                         | 60   | 60                             | 60  |
| Угол конуса диафрагм $\beta$ , ...°                                    | —                           | 90                         | 90   | 90–60                          | 90–60                                       |
| Диаметр центрального отверстия в диафрагме $d_1$ ,<br>доля от $D_{hc}$ | —                           | 0,5                        | 0,5  | 0,6–1,4 м                      | $\frac{0,9 - 1,6 \text{ м}^*}{0,6 - 1,0}$   |
| Диаметр внутреннего цилиндра $D_1$ , доля от $D_{hc}$                  | —                           | —                          | 0,88   | —                              | —   |
| Высота внутреннего цилиндра $H_1$ , доля от $D_{hc}$                   | —                           | —                          | 1,0  | —                              | —   |
| Высота водосливной стенки над диафрагмой $H_2$ , м                     | —                           | 0,5                        | 0,5  | 0,5                            | 0,5   |
| Диаметр водосливной стенки $D_2$ , доля от $D_{hc}$                    | $D_{hc}$                    | $D_{hc} + 0,2$             | $D_{hc} + 0,2$   | $D_{hc} + 0,2$                 | $D_{hc} + 0,2$                              |

Окончание таблицы Б.1

| Наименование<br>конструктивного элемента  | Тип гидроциклона            |                            |  |                             |   |
|---|-----------------------------|----------------------------|--|-----------------------------|---|
|   | Одноярусные гидроциклоны    |                            |  | Многоярусные гидроциклоны   |   |
|   | без внутренних<br>устройств | с конической<br>диафрагмой | с конической<br>диафрагмой<br>и внутренней<br>цилиндрической<br>перегородкой | с центральными<br>выпусками | с периферийным<br>отбором очищенной<br>воды |
| Диаметр полупогруженной кольцевой перегородки $D_3$ ,<br>доля от $D_{hc}$       | $D_{hc} - 0,2$              | $D_{hc}$                   | $D_{hc}$   | $D_{hc}$                    | $D_{hc}$                                    |
| Высота ярусов $h_{ti}$ , м  | —                           | —                          | —  | 0,1–0,25                    | 0,1–0,2                                     |
| Количество ярусов $n_{ti}$ , шт.  | —                           | —                          | —  | 4–20                        | 4–20  |
| Зазор между корпусом и диафрагмой $\Delta D$ , м                                | —                           | 0                          | 0  | 0,05–0,07                   | 0,1–0,15                                    |
| Ширина шламоотводящей щели $b$ , м  | —                           | —                          | —  | 0,1–0,15                    | —   |
| Скорость потока на входе в аппарат $u_{bn}$ , м/с                               | 0,3–0,5                     | 0,3–0,5                    | 0,3–0,5  | 0,3–0,4                     | 0,3–0,4                                     |
| Скорость потока на входе в раструб выпуска $u_{вых}$ , м/с                      | —                           | —                          | —  | $\leq 0,1$                  | —   |
| Количество выпусков из яруса $n_3$ , шт.  | —                           | —                          | —  | 3                           | —   |
| * Над чертой показан размер нижней диафрагмы пары ярусов, под чертой — верхней. |                             |                            |  |                             |   |

**Приложение В**  
(справочное)

**Эффективность удаления загрязняющих веществ  
на сооружениях очистки сточных вод**

**В.1** Эффективность удаления отдельных загрязняющих веществ в зависимости от технологии очистки сточных вод следует принимать по таблице В.1.

Таблица В.1

| Метод очистки сточных вод  | Эффект удаления примесей, %<br>Остаточная концентрация примесей, мг/л |                  |                  |                 |                  |                  |
|--|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
|  | Взвешенные вещества   | БПК <sub>5</sub> | ХПК              | NH <sub>4</sub> | N <sub>общ</sub> | P <sub>общ</sub> |
| Механическая очистка   | 45 % – 64%<br>—   | 20 % – 33 %<br>— | 20 % – 33 %<br>— | 9 %<br>—        | 11 %<br>—        | 11 %<br>—        |
| Биологическая очистка без нитрификации при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут                                | —<br>20   | —<br>15          | —<br>70          | 40 %<br>—       | 27 %<br>—        | 33 %<br>—        |
| Биологическая очистка с нитрификацией при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут                                 | —<br>20   | —<br>15          | —<br>70          | —<br>5          | 27 %<br>—        | 33 %<br>—        |
| Биологическая очистка с предварительной денитрификацией с рециркуляцией 200 %                                    | —<br>20   | —<br>15          | —<br>70          | —<br>5          | 70 %<br>—        | 33 % – 35 %<br>— |
| Биологическая очистка с предварительной денитрификацией с рециркуляцией 200 % и биологическим удалением фосфора  | —<br>20   | —<br>15          | —<br>70          | —<br>5          | 70 %<br>—        | 75 % – 78 %<br>— |
| Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с доочисткой в биологических прудах менее 2 сут | —<br>12   | —<br>15          | —<br>70          | —<br>5          | 27 % – 70 %<br>— | 33 % – 78 %<br>— |
| Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с доочисткой на микрофильтрах                   | —<br>10   | —<br>12          | —<br>65          | —<br>5          | 27 % – 70 %<br>— | 33 % – 78 %<br>— |
| Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с симультанным реагентным осаждением            | —<br>18   | —<br>12          | —<br>67          | —<br>5          | 27 % – 70 %<br>— | —<br>1–2         |

Окончание таблицы В.1

| Метод очистки сточных вод  | Эффект удаления примесей, %<br>Остаточная концентрация примесей, мг/л |                  |         |                 |                  |                  |
|--|---|------------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
|  | Взвешенные вещества   | БПК <sub>5</sub> | ХПК     | NH <sub>4</sub> | N <sub>общ</sub> | P <sub>общ</sub> |
| Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с одновременным реагентным осаждением и последующим фильтрованием с флокуляцией | —<br>5  | —<br>7           | —<br>50 | —<br>5          | 27 % – 70 %<br>— | —<br>0,3–0,5     |

**В.2** Удаление аммонийного азота при биологической очистке с нитрификацией в зависимости от нагрузки на активный ил принимают по таблице В.2.

Таблица В.2

|   |      |         |         |         |
|---|------|---------|---------|---------|
| Нагрузка на активный ил, кг/кг·сут                          | 0,15 | 0,12    | 0,09    | 0,06    |
| Остаточное содержание аммонийного азота, мг/дм <sup>3</sup> | 5,0  | 1,0–3,0 | 0,6–0,8 | 0,4–0,5 |

**В.3** При биологической очистке с денитрификацией степень удаления аммонийного азота следует определять по формуле (7.58) в зависимости от степени рециркуляции. Степень удаления азота нитратов при биологической очистке с денитрификацией следует принимать по таблице 7.12.



## Приложение Г (справочное)

### Технологические схемы сооружений для удаления азота в системах с активным илом

#### Г.1 Раздельная трехступенчатая схема денитрификации

Раздельная трехступенчатая схема денитрификации показана на рисунке Г.1.

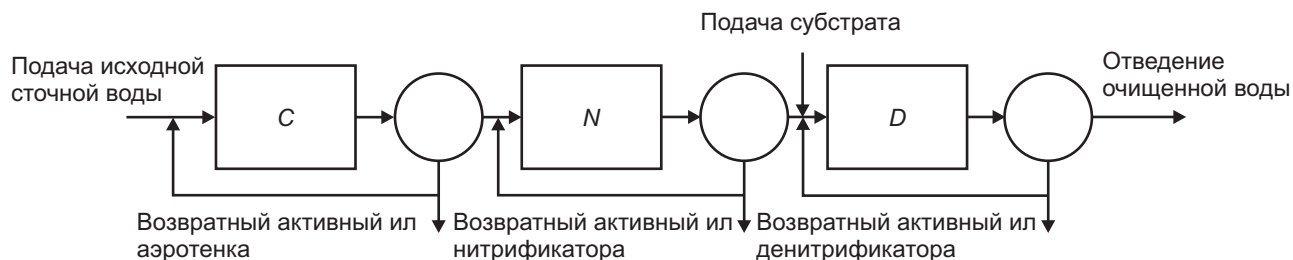


Рисунок Г.1

В раздельной трехступенчатой схеме для деструкции органических загрязнений, нитрификации, денитрификации устраиваются отдельные емкостные сооружения, отстойники и системы циркуляции активного ила. Вследствие низкого содержания органических веществ в сточной воде после обработки на двух первых ступенях, для обеспечения достаточных скоростей денитрификации в денитрификатор должны дозироваться растворы, содержащие субстрат для питания активного ила.

#### Г.2 Раздельная двухступенчатая схема денитрификации

Раздельная двухступенчатая схема денитрификации показана на рисунке Г.2.

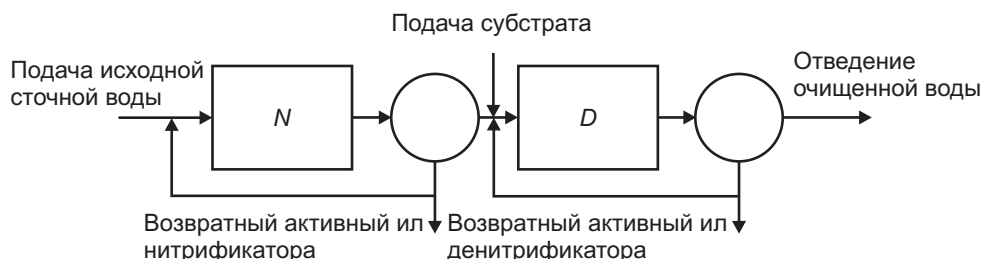


Рисунок Г.2

В раздельной двухступенчатой схеме процессы деструкции органических загрязнений и нитрификации производятся на первой ступени, денитрификация — на второй ступени. Для указанных процессов используются отдельные емкостные сооружения, отстойники и системы циркуляции активного ила. Вследствие низкого содержания органических веществ в сточной воде после обработки на первой ступени, для обеспечения достаточных скоростей денитрификации в денитрификатор дозируются растворы, содержащие субстрат для питания активного ила.

#### Г.3 Последующая денитрификация

Схема последующей денитрификации показана на рисунке Г.3.

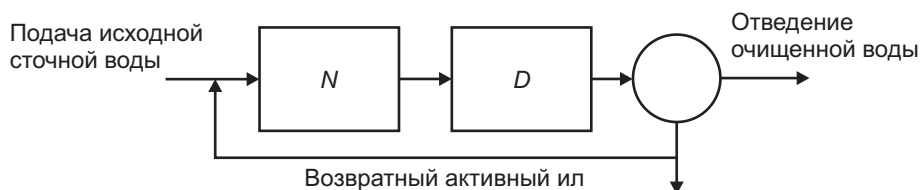


Рисунок Г.3

В схеме последующей денитрификации сточная вода подается из нитрификатора, после завершения процесса окисления аммонийных соединений — в денитрификатор. После денитрификатора производится отведение иловой смеси в отстойник, разделение ила от очищенной воды и рециркуляция возвратного активного ила в нитрификатор. Вследствие относительно низких значений БПК<sub>5</sub> сточной воды после завершения процессов нитрификации, скорость денитрификации ограничена из-за дефицита доступного органического субстрата. Поэтому для получения глубокой степени удаления азота требуются большие объемы технологических емкостей или дозирование субстрата в поток иловой смеси перед его поступлением в денитрификатор. В рассматриваемой схеме после денитрификатора перед отстойником дополнительно возможно размещение аэрационной емкости для отдувки выделившегося молекулярного азота из иловой смеси.

#### Г.4 Предварительная денитрификация

Схема предварительной денитрификации показана на рисунке Г.4.

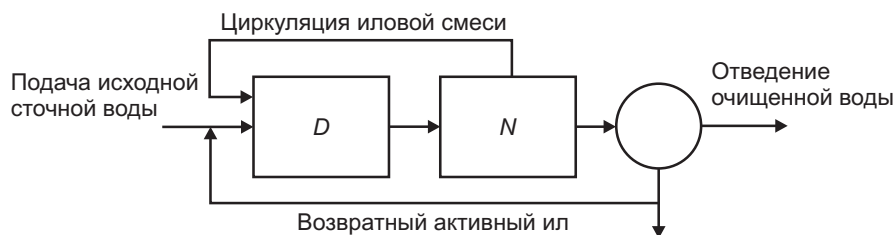


Рисунок Г.4

При предварительной денитрификации сточная вода вначале поступает в денитрификатор, затем в нитрификатор. Для подачи нитрата из нитрификатора в денитрификатор устраивается рециркуляция иловой смеси в указанном направлении. При использовании данной схемы исходная сточная вода, возвратный активный ил и поток внутренней рециркуляции иловой смеси со сточной водой из нитрификатора перемешиваются в денитрификаторе.

#### Г.5 Каскадная денитрификация

Схема каскадной денитрификации показана на рисунке Г.5.

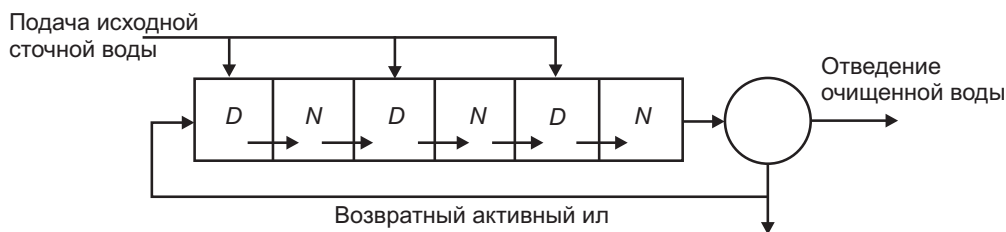


Рисунок Г.5

Схема каскадной денитрификации включает две или большее количество ступеней технологических емкостей с активным илом, работающих по принципу предварительной либо параллельной денитрификации, через которые последовательно проходит очищаемая сточная вода. Поток исходной сточной воды разделяется и подается в технологические емкости, где проводится денитрификация. При высоких концентрациях соединений азота в исходной воде указанная схема может дополняться рециркуляцией иловой смеси из нитрификаторов в денитрификаторы.

#### Г.6 Параллельная денитрификация

Схема параллельной денитрификации показана на рисунке Г.6.

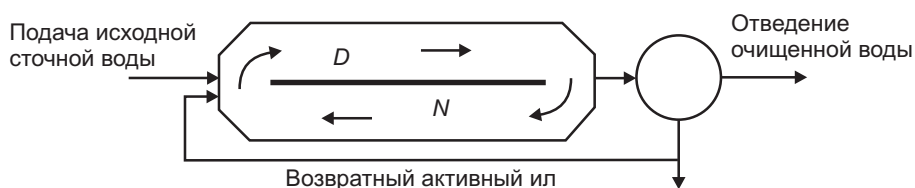


Рисунок Г.6

Схема параллельной денитрификации осуществляется в одном емкостном сооружении, как правило, в циркуляционном окислительном канале с отсутствием выраженного разделения между зонами денитрификации и нитрификации. Процессы деструкции органических веществ, нитрификация и денитрификация производятся одновременно. Сточная вода последовательно проходит через зоны денитрификации и нитрификации. Зоны нитрификации оснащены аэраторами, а в объеме технологической емкости создается рециркуляционный поток иловой смеси, обеспечивающий транспорт нитрата из зон нитрификации в зоны денитрификации.

### Г.7 Чередующаяся денитрификация

Схема чередующейся денитрификации показана на рисунке Г.7.

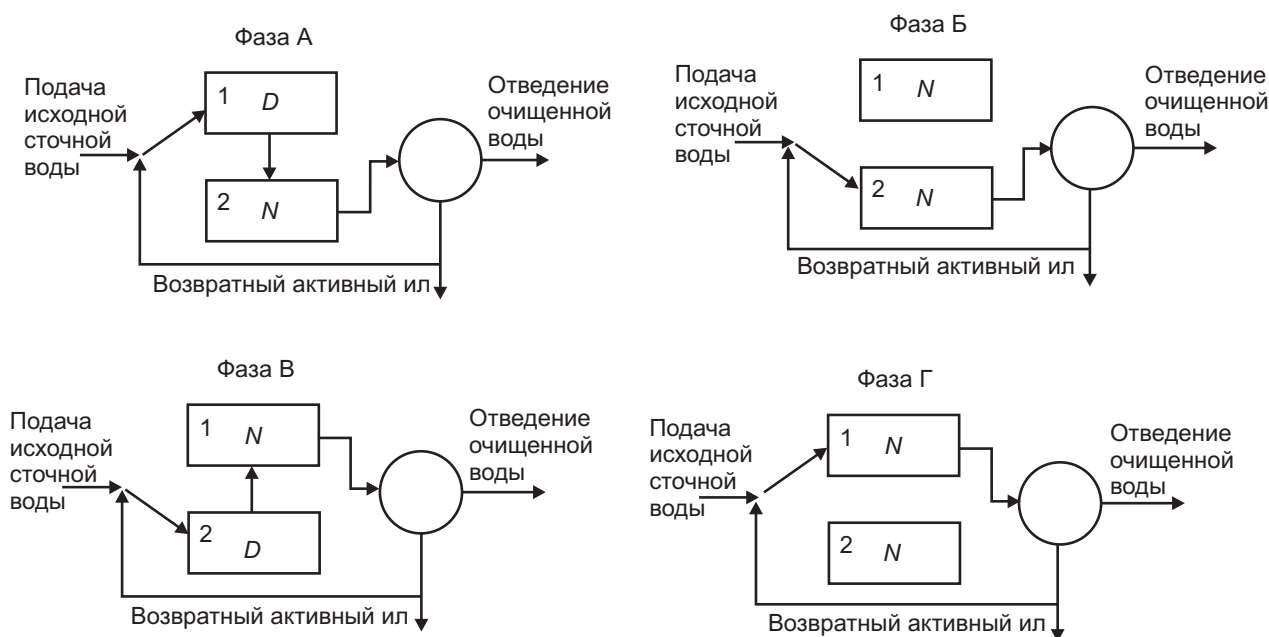


Рисунок Г.7

Технологическая схема чередующейся денитрификации включает две параллельные емкости, оборудованные аэрационными и перемешивающими устройствами. Сточная вода попеременно подается в две технологические емкости, периодически подвергаемые аэрации. Продолжительность подачи воды в емкости, а также продолжительность фаз денитрификации и нитрификации задаются по времени.

Процесс очистки сточной воды осуществляется в четыре фазы: А, Б, В, Д.

Фаза «А» — в первой емкости происходит денитрификация сточной воды без аэрации, только за счет перемешивания иловой смеси. В то же время во второй емкости производится нитрификация с проведением аэрации, после чего сточная вода поступает во вторичный отстойник. Заканчивается фаза «А» удалением нитрата, содержащегося в сточной воде первой емкости. Фаза «Б» представляет относительно короткий промежуток времени, в течение которого производится аэрация одновременно в двух емкостях, что позволяет произвести отдувку полученного газообразного азота. В фазе «В» вторая емкость используется как денитрификатор и производится удаление нитрата, полученного за время нитрификации в данной емкости. В фазе «Г» также производится одновременная аэрация в двух емкостях, после чего цикл повторяется.

### Г.8 Периодическая денитрификация

Схема периодической денитрификации показана на рисунке Г.8.

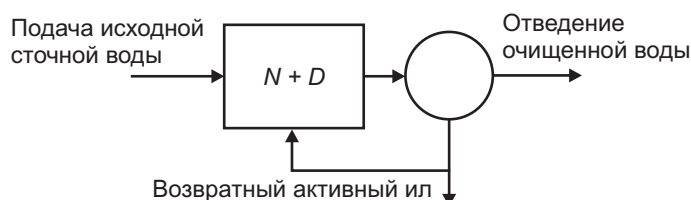
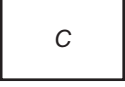
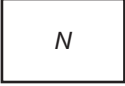
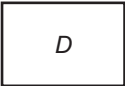




Рисунок Г.8

В схеме периодической денитрификации обработка сточной воды производится в одной технологической емкости с чередованием фаз нитрификации и денитрификации по времени. При периодической денитрификации используются циркуляционные окислительные каналы или емкостные сооружения. Указанные сооружения оборудуются системами аэрации и устройствами для перемешивания иловой смеси. Аэрация отключается для денитрификации и включается для нитрификации.

#### Обозначения, использованные в рисунках

|   |   |
|---|---|
|  | Технологическая емкость с активным илом, предназначенная для удаления органических веществ, подверженных биохимическому разложению, без осуществления нитрификации (аэротенк) |
|  | Технологическая емкость с активным илом, предназначенная для удаления органических веществ, подверженных биохимическому разложению, и проведения нитрификации (аэротенк)      |
|  | Технологическая емкость с активным илом для проведения денитрификации (денитрификатор)  |
|  | Сооружение для разделения иловой смеси (отстойник)  |
|  | Направление циркуляции потоков сточной воды, иловой смеси или реагентов   |

**Приложение Д**  
(справочное)

**Параметры аэрационных систем**

**Таблица Д.1 — Параметры погружных аэрационных систем**

| Тип аэрационной системы                          | Среда аэрирования | Удельная подача кислорода на 1 м <sup>3</sup> воздуха и 1 м погружения аэратора, $\frac{\text{гO}_2}{\text{м}^3\text{м}}$ | Производительность аэраторов по кислороду, $\frac{\text{кгO}_2}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$ |
|--|-------------------|---|---|
| Мелкопузырчатые трубчатые аэраторы               | Чистая вода       | 14,0–10,0   | 2,2–1,7   |
|  | Иловая смесь      | 10,0–8,0  | 1,8–1,3   |
| Среднепузырчатые трубчатые аэраторы заглубленные | Чистая вода       | 7,0–6,0   | 2,2–1,7   |
|  | Иловая смесь      | 5,5–4,5   | 1,1–0,8   |
| Среднепузырчатые аэраторы незаглубленные         | Чистая вода       | 9,0–8,0   | 1,8–1,5   |
|  | Иловая смесь      | 7,5–6,5   | 1,5–1,2   |
| Крупнопузырчатые трубчатые аэраторы              | Чистая вода       | 6,0–5,0   | 1,2–0,9   |
|  | Иловая смесь      | 4,5–4,0   | 0,9–0,7   |
| Плоские аэраторы                                 | Чистая вода       | 20,0–15,0   | 3,2–2,4   |
|  | Иловая смесь      | 12,0–9,3  | 1,9–1,4   |
| Тарельчатые аэраторы                             | Чистая вода       | 27,0–20,0   | 3,9–2,9   |
|  | Иловая смесь      | 16,5–12,0   | 2,3–1,8   |
| Аэрация с циркуляционным перемешиванием          | Чистая вода       | 17,0–13,0   | 3,0–2,3   |
|  | Иловая смесь      | 10,5–8,0  | 1,8–1,4   |

**Таблица Д.2 — Параметры поверхностных аэрационных систем**

| Тип аэрационной системы                                  | Среда аэрирования | Производительность аэраторов по кислороду, $\frac{\text{кгO}_2}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$ |
|--|-------------------|---|
| Колесные аэраторы  | Чистая вода       | 1,7–1,3   |
|  | Иловая смесь      | 1,50–1,15   |
| Колесные аэраторы в циркуляционных окислительных каналах | Чистая вода       | 2,1–1,6   |
|  | Иловая смесь      | 1,9–1,4   |
| Роторные аэраторы в циркуляционных окислительных каналах | Чистая вода       | 1,8–1,3   |
|  | Иловая смесь      | 1,80–1,15   |

*Примечание* — В таблицах Д.1 и Д.2 большие значения параметров относятся к благоприятным условиям эксплуатации, меньшие — к средним условиям эксплуатации.

## Библиография

- [1] Водный кодекс Республики Беларусь от 15 июля 1998 г. № 191-3.
- [2] Закон Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» от 24 июня 1999 г.
- [3] Санитарные правила и нормы Республики Беларусь  
СанПин 2.1.2.12-33-2005 Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения  
Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 198.
- [4] Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42  
«О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов».
- [5] Инструкция о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 апреля 2008 г. № 43, с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 декабря 2009 г. № 71.
- [6] Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов  
Утверждены приказом Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 6 апреля 1994 г. № 23.
- [7] Санитарные правила и нормы  
СанПин 2.1.2.12-43-2005 Санитарные правила для систем водоотведения населенных пунктов  
Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 декабря 2005 г. № 277.
- [8] Правила безопасности при использовании, хранении, транспортировании, перевозке хлора  
Проматомнадзор Республики Беларусь, 2003 г.
- [9] Правила по охране труда при эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей  
Утверждены постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26 апреля 2002 г.
- [10] Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь  
НПБ 5-2000 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- [11] Правила безопасности в газовом хозяйстве Республики Беларусь  
Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям от 11 февраля 2003 г. № 7.