

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
СТОЧНЫХ ВОД**

Правила проектирования

**АЧЫШЧАЛЬНЫЯ ЗБУДАВАННІ
СЦЁКАВЫХ ВОД**

Правілы праектавання

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2013

УДК 628.31/35(083.74)

МКС 93.030

КП 02

Ключевые слова: правила проектирования, аэротенки, биофильтры, биологическая очистка, механическая очистка, очистка сточных вод, 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).

Авторский коллектив: канд. техн. наук В. Н. Ануфриев — руководитель разработки, Е. А. Казанли, С. В. Корчиненко

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 4 июля 2012 г. № 208

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

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Минстройархитектуры, 2013

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

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения.....	2
4 Общие положения.....	2
5 Сооружения для механической очистки сточных вод.....	3
5.1 Решетки	3
5.2 Песколовки	6
5.3 Первичные отстойники	9
5.4 Двухъярусные отстойники и осветлители-перегиватели	17
5.5 Усреднители.....	19
6 Сооружения биологической очистки сточных вод.....	22
6.1 Эффективность удаления загрязняющих веществ на сооружениях биологической очистки.....	22
6.2 Биофильтры	23
6.3 Сооружения для биологической очистки с активным илом	28
7 Анаэробная биологическая очистка сточных вод	46
8 Удаление фосфора.....	49
8.1 Реагентное осаждение фосфора	49
8.2 Биологическое удаление фосфора.....	53
9 Биологическая очистка с разделением иловой смеси мембранными фильтрами	56
10 Сооружения для очистки сточных вод малой производительности.....	56
10.1 Общие положения.....	56
10.2 Вентилируемые площадки подземной фильтрации.....	57
10.3 Грунтовые фильтрационные площадки для доочистки сточных вод.....	57
11 Сооружения по обработке осадка сточных вод	60
Приложение А (рекомендуемое) Примеры расчета решеток	68
Приложение Б (рекомендуемое) Примеры расчета песколовков	72
Приложение В (рекомендуемое) Примеры расчета первичных отстойников	77
Приложение Г (рекомендуемое) Примеры расчета двухъярусных отстойников, осветлителей-перегивателей и усреднителей.....	86
Приложение Д (справочное) Концентрации отдельных загрязняющих веществ в сточных водах, допустимые для биологической очистки, и эффективность их удаления на сооружениях аэробной биологической очистки	101
Приложение Е (справочное) Перечень загрязняющих веществ, не удаляемых в процессе аэробной биологической очистки	105
Приложение Ж (рекомендуемое) Пример расчета дисковых биофильтров	107

Приложение К (рекомендуемое) Пример расчета азротенка-смесителя без регенератора	109
Приложение Л (рекомендуемое) Пример расчета азротенка-смесителя с регенератором	111
Приложение М (рекомендуемое) Пример расчета азротенка-вытеснителя без регенератора	113
Приложение Н (рекомендуемое) Пример расчета азротенка-вытеснителя с регенератором.....	115
Приложение П (рекомендуемое) Пример расчета азротенка с наполнителем для прикрепленной микрофлоры	118
Приложение Р (рекомендуемое) Пример расчета сооружений предварительной денитрификации.....	120
Приложение С (рекомендуемое) Пример расчета сооружений каскадной денитрификации	123
Приложение Т (рекомендуемое) Пример расчета вентилируемых площадок подземной фильтрации	126
Библиография	128

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД
Правила проектирования**АЧЫШЧАЛЬНЫЯ ЗБУДАВАННІ СЦЁКАВЫХ ВОД**
Правілы праектаванняSewage treatment plants
Rules of designing

Дата введения 2012-12-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) устанавливает правила проектирования и порядок расчета очистных сооружений бытовых сточных вод и близких к ним по составу производственных сточных вод.

При проектировании объектов канализации следует руководствоваться нормативными правовыми актами (далее — НПА) и техническими нормативными правовыми актами по охране окружающей среды.

2 Нормативные ссылки

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

ТКП 17.14-01-2009 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Правила и порядок испытаний на соответствие нормативам допустимых сбросов

ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования

ТКП 45-4.01-51-2007 (02250) Системы водоснабжения и канализации усадебных жилых домов. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-56-2012 (02250) Системы наружной канализации. Сети и сооружения на них. Строительные нормы проектирования

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

ТКП 45-4.01-202-2010 (02250) Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.03-224-2010 (02250) Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.03-267-2012 (02250) Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования

СТБ 4.212-98 Система показателей качества продукции. Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей

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

¹⁾ СНБ 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».

СТБ 17.17.07-01-2009 Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Общие технические требования

СТБ 1112-98 Добавки для бетонов. Общие технические условия

СТБ 1182-99 Бетоны. Правила подбора состава

СТБ 1883-2008 Строительство. Канализация. Термины и определения

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

СТБ EN 12566-1-2009 Сооружения очистные малой канализации для использования до 50 РТ. Часть 1. Септические резервуары заводского изготовления

СТБ EN 12566-3-2009 Сооружения очистные малой канализации для использования до 50 РТ. Часть 3. Комплектные и/или собранные на месте бытовые очистные установки

СТБ EN 12566-4-2009 Сооружения очистные малой канализации для использования до 50 РТ. Часть 4. Септические резервуары, собираемые на местах из комплектов заводского изготовления

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология

СНБ 4.01.01-03 Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования.

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

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

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в [1], [2], СТБ 1883, СТБ 1884, СТБ 17.06.01-01, ТКП 45-4.01-202, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 барабанный биофильтр: Сооружение биологической очистки сточных вод в виде вращающегося барабана, частично погруженного в сточные воды, с насадкой, предназначенной для образования биопленки.

3.2 дисковый биофильтр: Сооружение биологической очистки сточных вод в виде емкости с вращающимися дисками, частично погруженными в сточные воды и служащими насадкой для образования биопленки.

3.3 ламповый колодец: Смотровой колодец, предназначенный для проведения визуального контроля извне без нахождения человека в камере колодца.

3.4 осаждение фосфора: Реагентная обработка сточных вод коагулянтами для снижения содержания в них фосфора.

3.5 параллельное осаждение фосфора: Осаждение фосфора при дозировании коагулянтов в аэротенки, в циркуляционный поток возвратного активного ила или в поток сточных вод, поступающих в аэротенк.

3.6 последующее осаждение фосфора: Осаждение фосфора при дозировании коагулянтов в поток сточных вод после вторичных отстойников.

3.7 предварительное осаждение фосфора: Осаждение фосфора при дозировании коагулянтов до поступления сточных вод в первичные отстойники.

3.8 реактор последовательного действия (SBR-реактор): Сооружение биологической очистки сточных вод активным илом, в котором процессы очистки, разделения иловой смеси и отведение очищенных сточных вод происходят в одной технологической емкости, с их разделением по времени.

3.9 селектор: Сооружение, предназначенное для ограничения развития нитчатых форм микроорганизмов в активном иле, размещаемое перед сооружениями биологической очистки с подачей в него циркулирующего активного ила и исходных сточных вод.

4 Общие положения

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

Степень очистки сточных вод, отводимых в водные объекты, должна удовлетворять требованиям СТБ 17.06.03-01, [3] – [5], степень очистки повторно используемых сточных вод — санитарно-гигиеническим требованиям и технологическим требованиям потребителя.

При проектировании очистных сооружений необходимо предусматривать мероприятия по обработке осадка сточных вод и его утилизации в соответствии с законодательством и требованиями НПА и ТНПА по обращению с отходами.

5 Сооружения для механической очистки сточных вод

5.1 Решетки

5.1.1 Решетки, в зависимости от величины прозоров, подразделяются на:

- решетки грубой степени очистки — с прозорами, мм от 50 до 20;
- решетки средней степени очистки — то же “ 20 “ 10 включ.;
- решетки тонкой степени очистки — “ “ 10.

Решетки грубой и средней степеней очистки применяются для задержания примесей и включений из потока сточных вод с целью предотвращения засоров и блокировки сооружений, размещенных после решеток.

Решетки тонкой степени очистки применяют для уменьшения накопления примесей в осадке сточных вод за счет их задержания и извлечения из потока сточных вод.

Решетки следует устанавливать вертикально или наклонно под углом к горизонту α в пределах от 60° до 80° . Схема решетки приведена на рисунке 5.1.

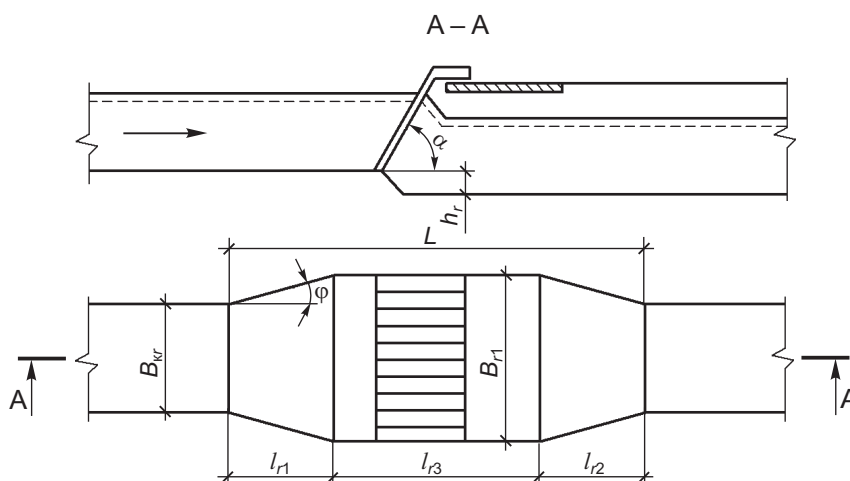


Рисунок 5.1 — Расчетная схема решетки

5.1.2 Площадь живого сечения всех прозоров решетки ω_r , м^2 , следует определять по формуле

$$\omega_r = \frac{q_{\max}}{V_r}, \quad (5.1)$$

где $q_{\max}$ — максимальный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

V_r — скорость движения сточных вод в прозорах решетки; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.2.7).

5.1.3 Фактическую скорость движения сточных вод в прозорах решетки V_r^f , $\text{м}/\text{с}$, следует определять по формуле

$$V_r^f = \frac{k_{sti} q_{\max}}{h_{\text{кmax}} n_{pr1} b_r n_r}, \quad (5.2)$$

где k_{sti} — коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.2.9);

$h_{\text{кmax}}$ — глубина воды в канале перед решеткой при максимальном притоке, м ;

n_{pr1} — количество прозоров в одной решетке, шт.;

b_r — ширина прозоров решетки, м ;

n_r — количество рабочих решеток, шт.; определяют по формуле (5.7).

Должно выполняться условие

$$V_r^f \leq V_r.$$

5.1.4 Ширину одной решетки B_{r1} , м, следует определять по формуле

$$B_{r1} = \frac{B_r}{n_r}, \quad (5.3)$$

где B_r — общая ширина решеток, м; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.2.10).

5.1.5 Потери напора в решетках h_r , м, следует определять по формуле

$$h_r = K \zeta \cdot \frac{V_k^2}{2g}, \quad (5.4)$$

где K — коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки; рекомендуется принимать $K = 3$;

ζ — коэффициент местного сопротивления; определяют по формуле (5.5);

V_k — скорость движения сточных вод в канале перед решеткой, м/с; определяют по формуле (5.6);

g — ускорение свободного падения; принимают равным $9,81 \text{ м/с}^2$.

5.1.6 Коэффициент местного сопротивления ζ следует определять по формуле

$$\zeta = \beta_r \cdot \left(\frac{S_s}{b_r} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \alpha, \quad (5.5)$$

где β_r — коэффициент, зависящий от формы стержней решетки; принимают в соответствии с рисунком 5.2;

S_s — толщина стержней решетки, м; принимают по паспортным данным изготовителей. При отсутствии данных S_s допускается принимать в пределах от 0,008 до 0,010 м;

α — угол наклона решетки к горизонту; принимают по 5.1.1.

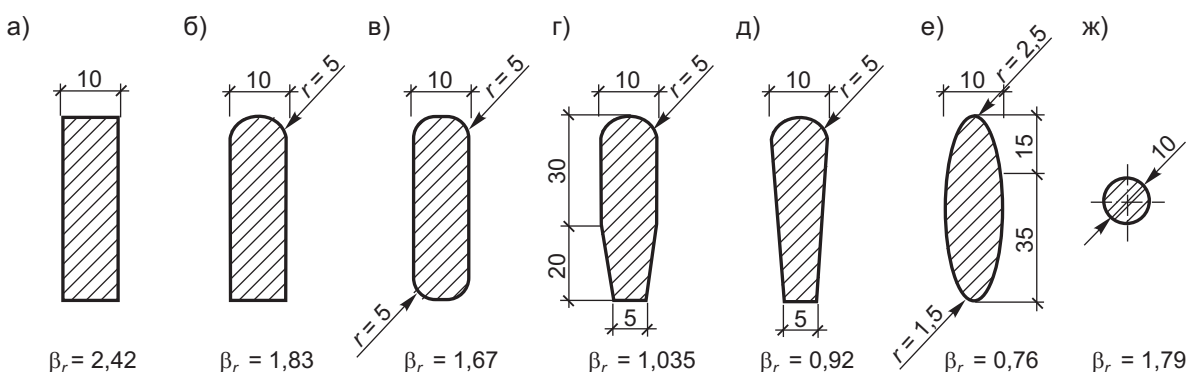


Рисунок 5.2 — Формы поперечных сечений стержней решетки и соответствующие значения коэффициента β_r

5.1.7 Скорость движения сточных вод в канале перед решеткой V_k , м/с, следует определять по формуле

$$V_k = \frac{q_{\min}}{B_{kr} h_{k\min}}, \quad (5.6)$$

где $q_{\min}$ — минимальный расход сточных вод, м³/с;

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

$h_{\text{кmin}}$ — глубина воды в канале перед решеткой при минимальном притоке, м.

Должно выполняться условие

$$V_{\text{к}} \geq V_{\text{min}},$$

где V_{min} — минимальная скорость движения сточных вод в канале перед решеткой, м/с; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.2.7).

5.1.8 Количество рабочих решеток n_r , шт., следует определять по формуле

$$n_r = \frac{\Omega_r}{f}, \quad (5.7)$$

где f — площадь прохода решеток, м².

5.1.9 Общую строительную длину камеры решетки L_r , м, следует определять по формуле

$$L_r = l_{r1} + l_{r2} + l_{r3}, \quad (5.8)$$

где l_{r1} — длина уширения перед решеткой, м; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.2.12);

l_{r2} — длина уширения после решетки, м; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.2.13);

l_{r3} — длина расширенной части в месте установки решетки, м; определяют по формулам (5.9) и (5.10) настоящего технического кодекса.

5.1.10 Длину расширенной части в месте установки решеток l_{r3} , м, следует определять по формулам:
— для вертикальных решеток

$$l_{r3} = 1,8B_{\text{кр}}; \quad (5.9)$$

— для наклонных решеток

$$l_{r3} = 1,8B_{\text{кр}} + \frac{h_{\text{к}}}{\text{tg}\alpha}, \quad (5.10)$$

где $h_{\text{к}}$ — глубина воды в канале перед решеткой, м; принимают по результатам гидравлического расчета канала.

5.1.11 Суточный расход отбросов, снимаемых с решеток, $W_{\text{от}}$, м³/сут, следует определять по формуле

$$W_{\text{от}} = \frac{q_{\text{от}} N_{\text{эKB}}}{1000 \cdot 365}, \quad (5.11)$$

где $q_{\text{от}}$ — количество отбросов, л/(чел.·год); определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.2.1) и ТКП 45-4.01-56 (9.1.11) в зависимости от размеров прозоров решетки;

$N_{\text{эKB}}$ — эквивалентное количество жителей; определяют по ТКП 45-4.01-202 (5.5).

5.1.12 Массу отбросов, снимаемых с решеток за сутки, P_{r1} , т/сут, следует определять по формуле

$$P_{r1} = \frac{W_{\text{от}} \rho_{\text{от}}}{1000}, \quad (5.12)$$

где $\rho_{\text{от}}$ — плотность отбросов, т/м³; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.2.1).

5.1.13 Массу отбросов, снимаемых с решетки за час, P_{r2} , кг/ч, следует определять по формуле

$$P_{r2} = \frac{P_{r1} \cdot 1000}{24} \cdot K_{\text{от}}, \quad (5.13)$$

где $K_{\text{от}}$ — коэффициент часовой неравномерности поступления отбросов; принимают $K_{\text{от}} = 2$.

5.1.14 Примеры расчета решеток приведены в приложении А.

5.2 Песколовки

5.2.1 Тип песколовки следует принимать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.3.1) с учетом расхода очищаемых сточных вод. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды рекомендуется применять при производительности станции очистки более 10 тыс. м³/сут, горизонтальные песколовки с круговым движением воды — не более 64 тыс. м³/сут. Тангенциальные песколовки рекомендуется применять при производительности станции очистки не более 75 тыс. м³/сут, вертикальные — не более 30 тыс. м³/сут. Аэрируемые песколовки рекомендуется применять при производительности станций очистки более 20 тыс. м³/сут.

При соответствующем обосновании допускается применять другие типы песколовки.

5.2.2 Количество отделений горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды рекомендуется принимать исходя из расхода, приходящегося на одно отделение, не более 50 тыс. м³/сут.

5.2.3 Количество отделений горизонтальной песколовки с круговым движением воды рекомендуется принимать исходя из расхода, приходящегося на одно отделение, не более 20 тыс. м³/сут.

5.2.4 Количество отделений тангенциальной песколовки с круговым движением воды рекомендуется принимать исходя из расхода, приходящегося на одно отделение, не более 15 тыс. м³/сут.

5.2.5 Количество отделений вертикальной песколовки с круговым движением воды рекомендуется принимать исходя из расхода, приходящегося на одно отделение, не более 15 тыс. м³/сут.

5.2.6 Количество отделений аэрируемой песколовки с круговым движением воды рекомендуется принимать исходя из расхода, приходящегося на одно отделение, не более 50 тыс. м³/сут.

5.2.7 Площадь живого сечения одного отделения ω_{p1} , м², следует определять по формуле

$$\omega_{p1} = \frac{q_{\max}}{n_p V_s}, \quad (5.14)$$

где n_p — количество отделений песколовки, шт.;

V_s — скорость движения сточных вод, м/с; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.3.2).

5.2.8 Длину горизонтальной песколовки и ее размеры следует определять по ТКП 45-4.01-202 (6.3.2).

5.2.9 Ширину одного отделения горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды b_{p1} , м, следует определять по формуле

$$b_{p1} = \frac{\omega_{p1}}{H_s}, \quad (5.15)$$

где H_s — расчетная глубина песколовки, м.

5.2.10 Скорость движения сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды V_s , м/с, следует определять по формулам:

— при максимальном притоке сточных вод

$$V_{s \max} = \frac{q_{\max}}{b_{p1} n_p H_s}; \quad (5.16)$$

— при минимальном притоке сточных вод

$$V_{s \min} = \frac{q_{\min}}{b_{p1} n_p H_s}, \quad (5.17)$$

где $q_{\min}$ — минимальный расход сточных вод, м³/с.

5.2.11 Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды $t_{s \max}$, с, при максимальном притоке следует определять по формуле

$$t_{s \max} = \frac{L_s}{V_{s \max}}, \quad (5.18)$$

где L_s — длина песколовки, м.

5.2.12 Количество песка без учета органических примесей W_n , м³/сут, следует определять по ТКП 45-4.01-202 (6.3.3).

5.2.13 Объем бункера одного отделения горизонтальной песколовки W_b , м³, следует определять по формуле

$$W_b = \frac{W_n T_{os}}{n_p}, \quad (5.19)$$

где T_{os} — интервал времени между выгрузками песка из песколовки, сут (не более двух суток).

5.2.14 Глубину бункера h_b , м, следует определять по формуле

$$h_b = \frac{W_b}{b_{p1}^2}. \quad (5.20)$$

5.2.15 Высоту слоя осадка в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды h_{os} , м, следует определять по формуле

$$h_{os} = \frac{K_{os} W_n}{n_p L_s b_{p1}}, \quad (5.21)$$

где K_{os} — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадка по площади песколовки; рекомендуется принимать $K_{os} = 3$.

5.2.16 Строительную высоту горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды H_{str} , м, следует определять по формуле

$$H_{str} = H_s + h_{os} + 0,5. \quad (5.22)$$

5.2.17 Средний диаметр горизонтальной песколовки с круговым движением воды D_{ok} , м, следует определять по формуле

$$D_{ok} = \frac{L_s^{ok}}{\pi}, \quad (5.23)$$

где L_s^{ok} — длина окружности песколовки по средней линии, м.

5.2.18 Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с круговым движением воды T_{pk} , с, следует определять по формуле

$$T_{pk} = \frac{\pi D_{ok}}{V_s}. \quad (5.24)$$

5.2.19 Наружный диаметр горизонтальной песколовки с круговым движением воды D_{nk} , м, следует определять по формуле

$$D_{nk} = D_{ok} + B_g, \quad (5.25)$$

где B_g — ширина кольцевого желоба песколовки, м.

5.2.20 Ширину кольцевого желоба песколовки в зависимости от пропускной способности горизонтальной песколовки с круговым движением воды принимают по таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Основные характеристики горизонтальных песколовков с круговым движением воды

Пропускная способность		Размер, мм			
м ³ /сут	л/с	Диаметр	Расстояние между центрами отделений	Ширина кольцевого желоба	Ширина лотков выпуска и впуска воды
От 1400 до 2700	От 31 до 56	4000	6000, 6500	500, 800	200
“ 2701 “ 4200	“ 57 “ 83			500, 800	250
“ 4201 “ 7000	“ 84 “ 133			500, 800	300
“ 7001 “ 10 000	“ 134 “ 183			500, 800	350
“ 10 001 “ 17 000	“ 184 “ 278			1000	600
От 17 001 до 25 000	От 279 до 394	6000	10 000, 11 000	1400	900
“ 25 001 “ 40 000	“ 395 “ 590			1500	
“ 40 001 “ 64 000	“ 591 “ 920			1800	

5.2.21 Высоту конической части горизонтальной песколовки с круговым движением воды, предназначенной для накопления песка, h_{kb} , м, следует определять по формуле

$$h_{kb} = \frac{12W_b}{D_{ок}^2 + d_n^2 + D_{ок}d_n}, \quad (5.26)$$

где d_n — диаметр нижнего основания бункера; принимают равным 0,4 м;

W_b — объем конической части (бункера), м³.

5.2.22 Строительную высоту горизонтальной песколовки с круговым движением воды H_{str} , м, следует определять по формуле

$$H_{str} = H_s + h_{kb} + 0,5. \quad (5.27)$$

5.2.23 Диаметр отделения тангенциальной песколовки D_{tp} , м, следует определять по формуле

$$D_{tp} = \sqrt{\frac{4F_{tp}}{\pi}}, \quad (5.28)$$

где F_{tp} — площадь тангенциальной песколовки, м²; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.3.4) с учетом количества отделений.

5.2.24 Глубину тангенциальной песколовки h_{tp1} , м, следует определять по формуле

$$h_{tp1} = \frac{D_{tp}}{2}. \quad (5.29)$$

5.2.25 Высоту конусной части тангенциальной песколовки h_{tp2} , м, следует определять по формуле

$$h_{tp2} = \sqrt{D_{tp}^2 - h_{tp1}^2}. \quad (5.30)$$

5.2.26 Период между выгрузками осадка из тангенциальной песколовки T_{tpos} , сут, следует определять по формуле

$$T_{tpos} = \frac{\pi n_{tp} D_{tp} h_{tp2}}{12W_n}, \quad (5.31)$$

где n_{tp} — количество секций тангенциальной песколовки, шт.

5.2.27 Высоту вертикальной песколовки следует определять по ТКП 45-4.01-202 (6.3.4).

5.2.28 Высоту конической части вертикальной песколовки h_{kvp} , м, следует определять по формуле

$$h_{kvp} = 0,87D_{vp}, \quad (5.32)$$

где D_{vp} — диаметр одного отделения песколовки, м.

5.2.29 Объем песка, задерживаемого в песколовках, $W_{год}$, м³/год, следует определять по формуле

$$W_{год} = \frac{365N_{эkv}q_{oc}}{1000}, \quad (5.33)$$

где q_{oc} — количество задерживаемого песка, г/(чел.·сут); принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.3.2).

5.2.30 Рабочую площадь песковых площадок S_p , м², следует рассчитывать по формуле

$$S_p = \frac{W_{год}}{h_{год}}, \quad (5.34)$$

где $h_{год}$ — годовая нагрузка на песковые площадки; принимают не более 3 м³/(м²·год).

5.2.31 Общую площадь песковых площадок $S_{общ}$, м², следует определять по формуле

$$S_{общ} = k_{pes} S_p, \quad (5.35)$$

где k_{pes} — коэффициент, учитывающий увеличение площади песковых площадок с учетом ограждения; принимают в пределах от 1,2 до 1,3.

5.2.32 Необходимый объем бункеров W_{bu} , м³, следует определять по формуле

$$W_{bu} = W_{п} T_{bu}, \quad (5.36)$$

где T_{bu} — продолжительность хранения песка в бункере; принимают в пределах от 1,5 до 5,0 сут.

Объем одного бункера W_{bu1} , м³, следует определять по формуле

$$W_{bu1} = \frac{\pi}{4} \cdot \left[D_{bu}^2 + \frac{D_{bu}}{3} \cdot (D_{bu}^2 + D_{bu} + 1) \right], \quad (5.37)$$

где D_{bu} — диаметр одного бункера; принимают в пределах от 1,5 до 2,0 м.

5.2.33 Количество бункеров n_{bu} , шт., следует определять по формуле

$$n_{bu} = \frac{W_{bu}}{W_{bu1}}. \quad (5.38)$$

Количество бункеров должно быть не менее двух.

5.2.34 Примеры расчета песколовки приведены в приложении Б.

5.3 Первичные отстойники

5.3.1 Тип отстойника следует выбирать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.5.1), с учетом данных таблицы 5.2 настоящего технического кодекса, в зависимости от расхода сточных вод и необходимого эффекта осветления.

Таблица 5.2 — Производительность и эффект осветления отстойников различных типов

Тип отстойника	Производительность очистного сооружения, тыс. м ³ /сут	Эффект осветления, %
Горизонтальный	От 15 до 100	От 50 до 60
Вертикальный	От 2 до 20	40
Вертикальный с нисходяще-восходящим потоком		От 60 до 65

Окончание таблицы 5.2

Тип отстойника	Производительность очистного сооружения, тыс. м ³ /сут	Эффект осветления, %
Радиальный	Св. 20	От 50 до 55
С вращающимся сборно-распределительным устройством	Св. 20	80
Тонкослойный	—	65

5.3.2 Необходимый эффект осветления сточных вод в отстойниках Θ , %, следует определять по формуле

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}}, \quad (5.39)$$

где C_{en} — начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, мг/дм³;

C_{ex} — допустимая конечная концентрация взвешенных веществ в осветленных водах, мг/дм³.

5.3.3 Расчет горизонтальных отстойников

5.3.3.1 Суммарную ширину всех отделений отстойника B_{go} , м, следует определять по формуле

$$B_{go} = \frac{1000q_{max}}{V_w H_{set}}, \quad (5.40)$$

где V_w — скорость рабочего потока, мм/с; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.5.7);

H_{set} — рабочая глубина проточной части отстойника, м; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.5.7).

5.3.3.2 Количество отстойников n_{got} , шт., следует вычислять по формуле

$$n_{got} = \frac{B_{go}}{B_{set}}, \quad (5.41)$$

где B_{set} — ширина одного отделения отстойника, м; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.5.7). Ширину отделения рекомендуется принимать кратную трем.

Количество отстойников должно быть не менее двух.

5.3.3.3 Фактическую скорость рабочего потока V'_w , мм/с, следует определять по формуле

$$V'_w = \frac{1000q_{max}}{H_{set} B_{set} n_{got}}. \quad (5.42)$$

Значение фактической скорости V'_w должно находиться в пределах, указанных для скорости V_w в ТКП 45-4.01-202 (6.5.7). Если условие не выполняется, следует изменить значение H_{set} и пересчитать скорость рабочего потока.

5.3.3.4 Длину отстойника $L_{g set}$, м, следует определять по формуле

$$L_{g set} = \frac{V_w H_{set}}{K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})}, \quad (5.43)$$

где K_{set} — коэффициент использования объема проточной части отстойника; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.5.4);

u_0 — гидравлическая крупность частиц, мм/с; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.5.6);

V_{tb} — турбулентная составляющая, мм/с; принимают в зависимости от скорости потока в отстойнике V_w по ТКП 45-4.01-202 (6.5.8).

5.3.3.5 Строительную высоту отстойника на выходе H , м, следует определять по формуле

$$H = H_{set} + H_1 + H_2, \quad (5.44)$$

где H_1 — высота борта над слоем воды; принимают в пределах от 0,3 до 0,5 м;

H_2 — высота нейтрального слоя на выходе (от дна); принимают равной 0,3 м.

5.3.3.6 Вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud1} , м³, следует определять по формуле

$$W_{mud1} = \frac{1}{6} \cdot (B_{set} - 0,5) \cdot (B_{set}^2 + 0,5B_{set} + 0,25) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5.45)$$

где φ — угол наклона стенок приемка; принимают в пределах от 50° до 55°.

5.3.3.7 Промежуток времени между выгрузками осадка из отстойника T_{os} , ч, следует определять по формуле

$$T_{os} = \frac{n_{got} W_{mud}}{Q_{mud}}, \quad (5.46)$$

где Q_{mud} — количество задерживаемого отстойниками осадка, м³/ч; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.5.12).

Полученное значение T_{os} , ч, должно быть не более:

48 — при удалении осадка под гидростатическим давлением;

8 — при удалении осадка механическим способом.

5.3.4 Расчет вертикальных отстойников

5.3.4.1 Вертикальный отстойник с центральным впуском предназначен для осветления сточных вод при их вертикальном движении (снизу вверх) по объему отстойника.

5.3.4.2 Количество отстойников n_{vot} , шт., следует определять по формуле

$$n_{vot} = \frac{q_{max}}{q_{set}}, \quad (5.47)$$

где q_{set} — производительность одного отстойника, м³/с; определяют по ТКП 45-4.01-202 (6.5.8).

5.3.4.3 Диаметр центральной трубы d_{en} , м, следует определять по формуле

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{max}}{\pi n_{vot} V_{en}}}, \quad (5.48)$$

где V_{en} — скорость движения рабочего потока в центральной трубе; принимают равной не менее 0,03 м/с.

5.3.4.4 Диаметр отстойника D_{vset} , м, следует определять по формуле

$$D_{vset} = \sqrt{\frac{4000q_{max}}{\pi n_{vot} K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})}}. \quad (5.49)$$

5.3.4.5 Диаметр раструба d_p , м, следует определять по формуле

$$d_p = 1,35d_{en}. \quad (5.50)$$

Диаметр отражательного щита $d_{щ}$, м, следует определять по формуле

$$d_{щ} = 1,3d_p. \quad (5.51)$$

5.3.4.6 Расстояние между нижним срезом центральной трубы и поверхностью отражательного щита $H_{щ}$, м, следует определять по формуле

$$H_{щ} = \frac{q_{\max}}{\pi n_{\text{vot}} d_p V_{щ}}, \quad (5.52)$$

где $V_{щ}$ — скорость движения рабочего потока в щели; принимают равной 0,02 м/с.

5.3.4.7 Общую высоту цилиндрической части отстойника $H_{ц}$, м, следует определять по формуле

$$H_{ц} = H_{\text{set}} + H_{щ} + H_2 + H_3, \quad (5.53)$$

где H_2 — высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и слоем осадка; принимают равной 0,3 м;

H_3 — высота борта отстойника; принимают равной 0,5 м.

5.3.4.8 Высоту конической части отстойника H_k , м, следует определять по формуле

$$H_k = 0,5 D_{\text{vset}} \operatorname{tg} \alpha, \quad (5.54)$$

где α — угол наклона конического днища; принимают в пределах от 50° до 60°.

5.3.4.9 Общую высоту отстойника H_{vot} , м, следует определять по формуле

$$H_{\text{vot}} = H_{ц} + H_k. \quad (5.55)$$

5.3.5 Расчет вертикальных отстойников с нисходяще-восходящим потоком

5.3.5.1 Вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим потоком предназначен для осветления сточных вод при ее вертикальном движении (снизу вверх) по объему отстойника. При этом объем отстойника делят на две части полупогруженной перегородкой с подачей исходных сточных вод в центральную часть отстойника и отведением осветленных вод из периферийной части отстойника.

5.3.5.2 Стандартный диаметр отстойника D_{set1} следует принимать равным 4, 6, 9 м.

5.3.5.3 Количество отделений отстойников n_{ot1} следует определять по формуле

$$n_{\text{ot1}} = \frac{q_w}{1,41 K_{\text{set}} D_{\text{set1}}^2 u_0}, \quad (5.56)$$

где q_w — расчетный расход сточных вод, м³/ч.

Количество отделений отстойников n_{ot1} должно быть не менее двух.

5.3.5.4 Диаметр кольцевой перегородки D_{kp} , м, следует определять по формуле

$$D_{kp} = D_{\text{set1}} \cdot \sqrt{0,5}. \quad (5.57)$$

Высоту кольцевой перегородки H_{kp} , м, следует определять по формуле

$$H_{kp} = \frac{2H_{\text{set}}}{3}. \quad (5.58)$$

5.3.5.5 Общую высоту цилиндрической части отстойника $H_{ц}$, м, следует определять по формуле

$$H_{ц} = H_{\text{set}} + H_2 + H_3, \quad (5.59)$$

где H_2 — высота нейтрального слоя между низом кольцевой перегородки и слоем осадка; принимают равной 0,3 м;

H_3 — высота борта отстойника; принимают равной 0,5 м.

5.3.6 Расчет радиальных отстойников

5.3.6.1 Радиальный отстойник предназначен для осветления сточных вод при их горизонтальном движении из центральной части к периферийной в радиальном направлении (преимущественно) или от периферийной части к центральной.

5.3.6.2 Количество отделений отстойников n_{rot} , шт., следует определять по формуле

$$n_{rot} = \frac{q_{max}}{q_{set}}. \quad (5.60)$$

Количество отделений отстойников n_{rot} должно быть не менее двух.

5.3.6.3 Диаметр отделения отстойника D_{setr} , м, следует определять по формуле

$$D_{setr} = \sqrt{\frac{4000q_{max}}{\pi n_{rot} K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})}}. \quad (5.61)$$

5.3.6.4 Скорость рабочего потока на середине радиуса отстойника V_r , м/с, следует определять по формуле

$$V_r = \frac{2q_{max}}{\pi n_{rot} D_{setr} H_{set}}. \quad (5.62)$$

Полученная скорость должна быть не больше допустимых значений V_w , указанных в ТКП 45-4.01-202 (6.5.7). Если скорость, рассчитанная по формуле (5.62), больше допустимой, следует принять другое количество отстойников.

5.3.7 Расчет радиальных отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством

5.3.7.1 Радиальные отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством применяют для очистки сточных вод, содержащих до 500 мг/дм³ взвешенных веществ. Подачу исходных вод и отвод осветленных вод производят с помощью свободно вращающегося желоба, разделенного перегородкой на две части. При этом направление подачи сточных вод по распределительному лотку в отстойник должно быть противоположным направлению вращения сборно-распределительного устройства.

5.3.7.2 Расчет отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством следует выполнять с учетом требований ТКП 45-4.01-202 (6.5.10).

5.3.8 Расчет тонкослойных отстойников с перекрестной схемой работы

5.3.8.1 Расчетная схема тонкослойного отстойника, работающего по перекрестной схеме, приведена на рисунке 5.3.

5.3.8.2 Длину яруса L_{bl} , м, следует определять по формуле

$$L_{bl} = \frac{V_w h_{ti} K_{dis}}{u_0}, \quad (5.63)$$

где h_{ti} — высота яруса тонкослойного блока, м; принимают равной глубине H_{set} в соответствии с формулой (5.40);

K_{dis} — коэффициент сноса выделенных частиц; принимают равным:

1,2 — для плоских пластин;

1,0 — для рифленых пластин.

5.3.8.3 Высоту тонкослойного блока H_{bl} , м, следует определять по формуле

$$H_{bl} = \frac{q_w K_{dis} h_{ti}}{7,2 n_{to} K_{set} L_{bl} u_0}, \quad (5.64)$$

где n_{to} — количество отделений отстойников; принимают не менее двух.

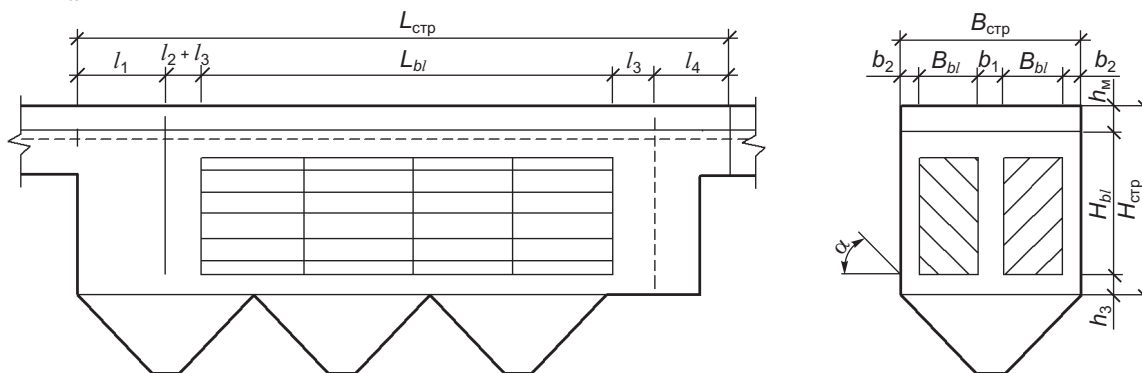


Рисунок 5.3 — Расчетная схема тонкослойного отстойника с перекрестной схемой работы

5.3.8.4 Ширину тонкослойного блока $B_{бл}$, м, следует определять по формуле

$$B_{бл} = \frac{B_{сет}}{2}, \quad (5.65)$$

где $B_{сет}$ — ширина отстойника; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.5.7).

5.3.8.5 Строительную ширину отстойника $B_{стр}$, м, следует определять по формуле

$$B_{стр} = 2B_{бл} + b_1 + 2b_2, \quad (5.66)$$

где b_1 — конструктивный размер; принимают равным 0,25 м;

b_2 — расстояние по ширине от тонкослойного блока до стенки отстойника; принимают в пределах от 0,05 до 0,10 м.

5.3.8.6 Максимальную ширину пластин блока $B_{пл}$, м, следует определять по формуле

$$B_{пл} = \frac{B_{бл}}{\cos \alpha}, \quad (5.67)$$

где α — угол наклона пластин к горизонту; принимают в пределах от 45° до 60°.

5.3.8.7 Длину зоны выделения крупных примесей l_1 , м, следует определять по формуле

$$l_1 = \frac{q_w t}{60 n_{to} H_{бл} K_{сет} B_{стр}}, \quad (5.68)$$

где t — продолжительность пребывания потока в зоне выделения; принимают в пределах от 2 до 3 мин.

5.3.8.8 Строительную длину секции отстойника $L_{стр}$, м, следует определять по формуле

$$L_{стр} = L_{бл} + l_1 + l_2 + 2l_3 + l_4, \quad (5.69)$$

где l_2 — длина, м; принимают равной:

0,2 — при применении пропорционального устройства для распределения воды;

0,0 — при использовании дырчатой перегородки;

l_3 — длина; принимают в пределах от 0,20 до 0,25 м;

l_4 — длина; принимают в пределах от 0,15 до 0,20 м.

5.3.8.9 Строительную высоту отстойника $H_{стр}$, м, следует определять по формуле

$$H_{стр} = H_{бл} + h_3 + h_m + 0,3, \quad (5.70)$$

где h_3 — высота, необходимая для расположения рамы, на которой крепятся блоки; принимают в пределах от 0,2 до 0,3 м;

h_m — высота слоя воды над тонкослойным блоком, равная 0,1 м.

5.3.9 Расчет тонкослойных отстойников с противоточной схемой работы № 1

5.3.9.1 Схема тонкослойного отстойника, работающего по противоточной схеме № 1, приведена на рисунке 5.4.

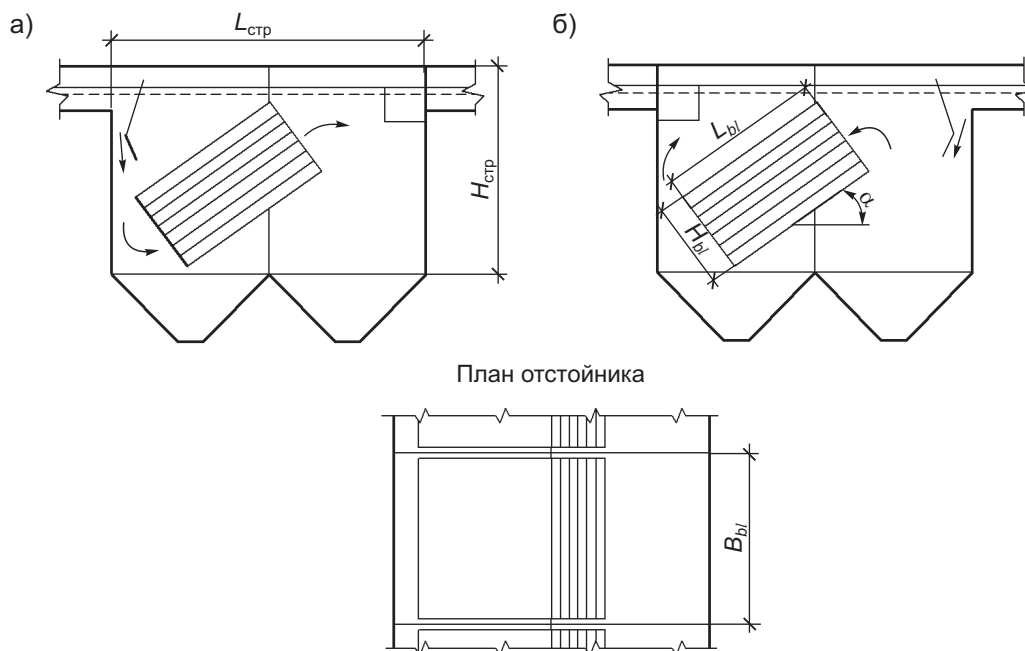


Рисунок 5.4 — Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 1:
а — для удаления тяжелых примесей;
б — для удаления легких примесей (масло, нефтепродукты и т. д.)

5.3.9.2 Длину пластин L_{bl} , м, следует определять по формуле

$$L_{bl} = \frac{V_w h_{ti}}{u_0}. \quad (5.71)$$

5.3.9.3 Расстояние между пластинами $b_{пл}$, м, следует определять по формуле

$$b_{пл} = h_{ti} \cdot \sin \alpha. \quad (5.72)$$

5.3.9.4 Высоту тонкослойного блока H_{bl} , м, следует определять по формуле

$$H_{bl} = b_{пл} n_{ti}, \quad (5.73)$$

где n_{ti} — количество ярусов в блоке; принимают конструктивно.

5.3.9.5 Ширину тонкослойного блока B_{bl} , м, следует определять по формуле

$$B_{bl} = \frac{q_w}{3,6 n_{to} H_{bl} K_{set} V_w}. \quad (5.74)$$

Ширина B_{bl} должна быть в пределах, указанных в ТКП 45-4.01-202 (6.5.8) ($B_{bl} = B_{set}$). В противном случае следует изменить количество отделений отстойников n_{to} .

5.3.9.6 Строительную длину секции отстойника $L_{стр}$, м, следует определять по формуле

$$L_{стр} = L_{bl} \cdot \cos \alpha + H_{bl} \cdot \sin \alpha + 1. \quad (5.75)$$

5.3.9.7 Строительную высоту отстойника $H_{\text{стр}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{стр}} = L_{bl} \cdot \sin \alpha + H_{bl} \cdot \cos \alpha + 1. \quad (5.76)$$

5.3.10 Расчет тонкослойных отстойников с противоточной схемой работы № 2

5.3.10.1 Схема тонкослойного отстойника, работающего по противоточной схеме № 2, приведена на рисунке 5.5.

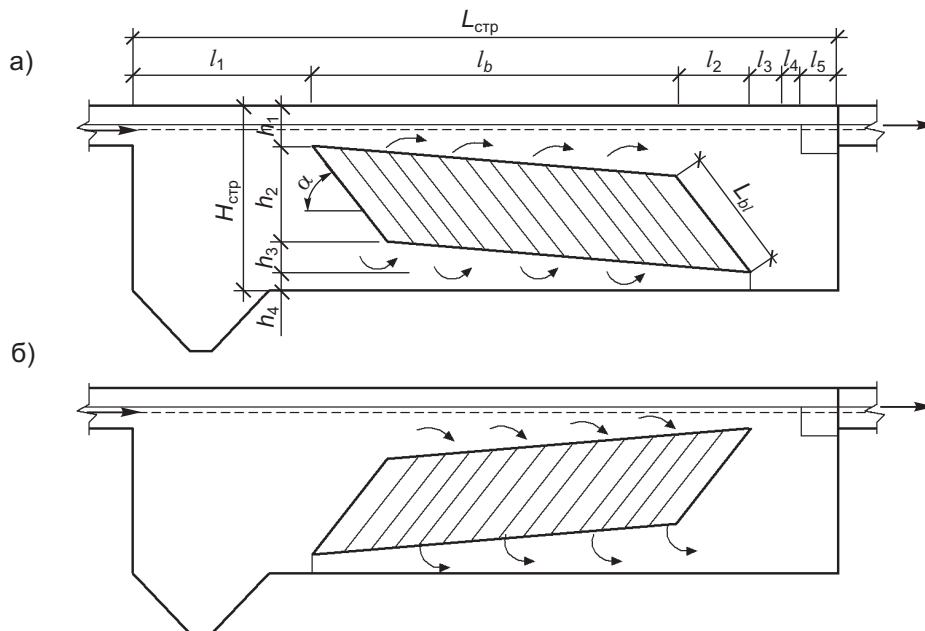


Рисунок 5.5 — Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 2:
а — для удаления тяжелых примесей;
б — для удаления всплывающих примесей

5.3.10.2 Длину зоны тонкослойного отстаивания l_b , м, следует определять по формуле

$$l_b = \frac{q_w}{3,6n_{to}B_{bl}K_{set}V_w}. \quad (5.77)$$

5.3.10.3 Строительную длину секции отстойника $L_{\text{стр}}$, м, следует определять по формуле

$$L_{\text{стр}} = l_1 + l_b + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \quad (5.78)$$

где l_1 — длина зоны выделения крупных примесей; принимают в пределах от 1,0 до 1,5 м;

l_2 — конструктивная длина, м; вычисляют по формуле

$$l_2 = L_{bl} \cdot \sin(90^\circ - \alpha); \quad (5.79)$$

l_3 — конструктивная длина; принимают равной 0,3 м;

l_4 — конструктивная длина; принимают в пределах от 0,005 до 0,100 м;

l_5 — конструктивная длина; принимают в пределах от 0,4 до 0,5 м.

5.3.10.4 Строительную высоту отстойника $H_{\text{стр}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{стр}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (5.80)$$

где h_1 — конструктивная высота; $h_1 \geq 0,6$ м;

h_2 — конструктивная высота, м; вычисляют по формуле

$$h_2 = L_{bl} \cdot \sin \alpha; \quad (5.81)$$

h_3 — конструктивная высота; принимают в пределах от 0,2 до 0,5 м;

h_4 — конструктивная высота; принимают в пределах от 0,4 до 0,5 м.

5.3.11 Примеры расчета первичных отстойников приведены в приложении В.

5.4 Двухъярусные отстойники и осветлители-перегиватели

5.4.1 Двухъярусные отстойники и осветлители-перегиватели следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.6).

5.4.2 Двухъярусные отстойники

5.4.2.1 Количество двухъярусных отстойников $n_{д.о}$ следует принимать не менее двух. Количество желобов в двухъярусных отстойниках $n_{ж}$ следует принимать не менее двух.

5.4.2.2 Ширину одного желоба двухъярусного отстойника $B_{д.о}$, м, следует определять по формуле

$$B_{д.о} = \frac{1000q_{\max}}{n_{ж} V_w H_{set} n_{д.о}}, \quad (5.82)$$

где $q_{\max}$ — максимальный расход сточных вод, м³/с;

V_w — скорость рабочего потока; принимают в пределах от 0,002 до 0,007 м/с.

5.4.2.3 Длину осадочных желобов двухъярусных отстойников $L_{ж}$, м, следует принимать равной 6, 9 и 12 м.

5.4.2.4 Диаметр двухъярусного отстойника $D_{д.о}$, м, следует принимать равным длине осадочных желобов $L_{ж}$.

5.4.2.5 Долю поверхности двухъярусных отстойников, свободную от желобов, $F_{св}$, %, следует определять по формуле

$$F_{св} = 100 \cdot \left(1 - \frac{4n_{ж} B_{д.о}}{\pi D_{д.о}} \right). \quad (5.83)$$

Значение $F_{св}$ должно быть не менее 20 %, в противном случае необходимо изменить принятое количество двухъярусных отстойников $n_{д.о}$ и повторить расчет.

5.4.2.6 Объем септической (иловой) камеры двухъярусного отстойника $W_{ил}$, м³, следует определять по формуле

$$W_{ил} = \frac{N_{экр} w_{ил}}{1000 n_{д.о}}, \quad (5.84)$$

где $W_{ил}$ — вместимость септической камеры, л/(чел.·год); следует принимать по ТКП 45-4.01-202 (6.6.3).

5.4.2.7 Высоту конической части двухъярусного отстойника $H_{кон}$, м, следует определять по формуле

$$H_{кон} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot D_{д.о}}{2}, \quad (5.85)$$

где α — угол наклона стенок; принимают не менее 30°.

5.4.2.8 Объем конической части двухъярусного отстойника $W_{кон}$, м³, следует определять по формуле

$$W_{кон} = \frac{\pi D_{д.о}^2 H_{кон}}{12}. \quad (5.86)$$

5.4.2.9 Высоту септической камеры в цилиндрической части двухъярусного отстойника $H_{\text{цил}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{цил}} = 4 \cdot \frac{W_{\text{ил}} - W_{\text{кон}}}{\pi D_{\text{д.о}}^2}. \quad (5.87)$$

5.4.2.10 Высоту двухъярусного отстойника $H_{\text{д.о.}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{д.о.}} = H_{\text{сет}} + H_{\text{кон}} + H_{\text{цил}} + H_1 + H_2, \quad (5.88)$$

где H_1 — высота борта над слоем воды; принимают в пределах от 0,3 до 0,5 м;

H_2 — высота нейтрального слоя (от щели желоба до слоя осадка); принимают равной 0,5 м.

5.4.3 Осветлители-перегниватели

5.4.3.1 Диаметр камеры флокуляции D_{fl} , м, следует определять по формуле

$$D_{\text{fl}} = \sqrt{\frac{240 q_{\text{max}} t_{\text{fl}}}{\pi n_{\text{ос}} H_{\text{сет}}}}, \quad (5.89)$$

где t_{fl} — продолжительность флокуляции; принимают равной не более 20 мин;

$n_{\text{ос}}$ — количество осветлителей-перегнивателей, шт.; принимают равным не менее двух;

$H_{\text{сет}}$ — рабочая глубина проточной части; принимают в пределах от 4 до 5 м.

5.4.3.2 Высоту конусной части осветлителя $H_{\text{кон}}^{\text{ос}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{кон}}^{\text{ос}} = 0,5 D_{\text{сет}} \operatorname{tg} \alpha, \quad (5.90)$$

где $D_{\text{сет}}$ — диаметр осветлителя; принимают равным не более 9 м;

α — угол наклона конического днища; принимают равным не менее 50°.

5.4.3.3 Объем одного перегнивателя $W_{\text{mud1}}^{\text{pr}}$, м³, следует определять по формуле

$$W_{\text{mud1}}^{\text{pr}} = \frac{100 Q_{\text{муд}}}{n_{\text{ос}} D_{\text{сут}}}, \quad (5.91)$$

где $Q_{\text{муд}}$ — количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут;

$D_{\text{сут}}$ — суточная доза загрузки осадка, %; принимают по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.11).

5.4.3.4 Высоту перегнивателя $H_{\text{муд}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{муд}} = H_{\text{сет}} + \frac{H_{\text{кон}}^{\text{ос}}}{2} + H_1, \quad (5.92)$$

где H_1 — расстояние между низом камеры флокуляции и поверхностью осадка в иловой части; принимают равным не менее 0,6 м.

5.4.3.5 Диаметр перегнивателя $D_{\text{муд}}$, м, следует определять по формуле

$$D_{\text{муд}} = \sqrt{\frac{4 W_{\text{муд1}}^{\text{pr}}}{\pi H_{\text{муд}}}}. \quad (5.93)$$

Если разность рассчитанного диаметра перегнивателя $D_{\text{муд}}$ и диаметра осветлителя $D_{\text{сет}}$ менее 0,7 м, то следует принимать $D_{\text{муд}} \geq D_{\text{сет}} + 0,7$ м.

5.4.3.6 Высоту осветлителя-перегнивателя $H_{\text{оп}}$, м, следует определять по формуле

$$H_{\text{оп}} = H_{\text{муд}} + H_{\text{кон}} + H_2, \quad (5.94)$$

где H_2 — высота борта над слоем воды; принимают в пределах от 0,3 до 0,5 м.

5.4.4 Примеры расчета двухъярусных отстойников и осветлителей-перегнивателей приведены в приложении Г.

5.5 Усреднители

5.5.1 Усреднители следует предусматривать при необходимости обеспечения равномерного поступления сточных вод на очистные сооружения, а также для усреднения концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. При проведении технико-экономических расчетов, связанных с устройством усреднителей, рекомендуется рассматривать возможность использования емкостей приемных резервуаров канализационных и главных канализационных насосных станций для усреднения, например, путем регулирования подачи насосов частотными преобразователями.

5.5.2 Усреднители следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.4).

5.5.3 Тип усреднителя следует выбирать в зависимости от условий эксплуатации с учетом данных таблицы 5.3 и требований ТКП 45-4.01-202 (6.4.2 – 6.4.6).

Таблица 5.3 — Область применения усреднителей различных типов

Тип усреднителя	Режим поступления сточных вод	Взвешенные вещества	
		Концентрация, мг/дм ³	Гидравлическая крупность, мм/с
Многоканальный	Залповый	≤500	До 5 включ.
Барботажный	Любой	≤500	Св. 5 до 10 включ.
С механическим перемешиванием	Любой	>500	—

5.5.4 Требуемый коэффициент усреднения K_{av} следует определять по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.26)).

5.5.5 Объем усреднителя W_z , м³, барботажного типа и с механическим перемешиванием при залповом сбросе следует определять по ТКП 45-4.01-202 (формулы (6.24) и (6.25)) в зависимости от значения K_{av} .

5.5.6 Объем многоканального усреднителя при залповом сбросе W_z , м³, при любом значении K_{av} следует определять по формуле

$$W_z = 0,5q_w t_z K_{av}, \quad (5.95)$$

где t_z — длительность залпового сброса, ч.

5.5.7 Объем усреднителя W_{cir} , м³, при циклических колебаниях следует рассчитывать по ТКП 45-4.01-202 (формулы (6.27) и (6.28)) в зависимости от значения K_{av} .

5.5.8 Объем усреднителя W_{es} , м³, при произвольном характере колебаний расхода сточных вод следует определять методом последовательного приближения в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.4.24).

5.5.8.1 Ориентировочное значение объема усреднителя W_{es} , м³, следует принимать равным суммарному притоку сточных вод в период времени, когда концентрация больше допустимой.

5.5.8.2 Максимальный период времени Δt_{st} , ч, через который будут рассчитывать концентрацию загрязнителя на выходе из усреднителя, следует определять по формуле

$$\Delta t_{st} = \frac{W_{es}}{5q_{max}}, \quad (5.96)$$

где q_{max} — максимальный расход сточных вод за период времени, когда концентрация загрязнителя больше допустимой, м³/ч.

5.5.8.3 Приращение концентрации на выходе из усреднителя за текущий период расчета ΔC_{ex} , мг/дм³, следует определять по формуле

$$\Delta C_{ex} = \frac{q_{wh} \cdot (C_{en}^i - C_{ex}^{i-1}) \cdot \Delta t_{st}}{W_{es}}, \quad (5.97)$$

где q_{wh} — расход сточных вод за текущий шаг (период) расчета, м³/ч;

C_{en}^i — концентрация загрязнителя на входе в усреднитель за текущий шаг (период) расчета, мг/дм³;

C_{ex}^{i-1} — концентрация загрязнителя на выходе из усреднителя за предыдущий шаг (период) расчета, мг/дм³.

Результат вычисления ΔC_{ex} может быть как положительным, так и отрицательным.

5.5.8.4 Концентрацию загрязнителя C_{ex}^i , мг/дм³, на выходе из усреднителя за текущий период расчета следует определять по формуле

$$C_{ex}^i = C_{ex}^{i-1} + \Delta C_{ex}. \quad (5.98)$$

5.5.8.5 Расчет концентраций необходимо начинать с неблагоприятных участков графиков почасовых колебаний.

Если получающийся при расчете ряд ΔC_{ex} , мг/дм³, содержит значения, превышающие концентрацию, допустимую по условиям работы последующих сооружений C_{adm} , мг/дм³, и после трех суток усреднения, расчет следует повторить при увеличенном объеме W_{es} , начиная с 5.5.8.3.

5.5.9 Концентрации загрязнителей при произвольном характере колебаний расхода сточных вод следует определять методом последовательного приближения.

5.5.9.1 Расход сточных вод после усреднения q_{ex} , м³/ч, следует определять по формуле

$$q_{ex} = \frac{\sum q_i}{24}, \quad (5.99)$$

где q_i — расход сточных вод, поступающих в усреднитель в течение i -го часа суток, м³.

5.5.9.2 Объем регулирующей емкости W_{reg} , м³, необходимый для усреднения расходов сточных вод, следует определять по формуле

$$W_{reg} = \Delta W_{imax}, \quad (5.100)$$

где ΔW_{imax} — максимальный остаточный объем воды в регулирующей емкости усреднителя, м³; определяют по формуле (5.101).

5.5.9.3 Назначается час нулевого объема — час, когда объем воды в регулирующей емкости усреднителя полностью срабатывается. Начиная с часа нулевого объема, следует определять остаточный объем воды в регулирующей емкости усреднителя ΔW_i , м³, по формуле

$$\Delta W_i = \Delta W_{i-1} + \Delta q_i, \quad (5.101)$$

где ΔW_{i-1} — остаточный объем воды в регулирующей емкости усреднителя в предыдущий час суток, м³;

Δq_i — поступление сточных вод в усреднитель в текущий час, м³; вычисляют по формуле

$$\Delta q_i = q_i - q_{ex}. \quad (5.102)$$

5.5.9.4 Расчет объема усреднителя W_{conc} , м³, следует производить в зависимости от режима поступления сточных вод. Далее следует определять значения W_z , W_{cir} , W_{es} .

5.5.9.5 Общий объем усреднителя W , м³, следует определять по формуле

$$W = W_{reg} + W_{conc}. \quad (5.103)$$

5.5.10 Расчет усреднителя барботажного типа

5.5.10.1 Площадь каждой секции усреднителя F , м², следует определять по формуле

$$F = \frac{W}{nH}, \quad (5.104)$$

где n — количество секций, шт.; принимают не менее двух;

H — глубина усреднителя; принимают в пределах от 3 до 6 м.

5.5.10.2 Длину секции усреднителя L , м, следует определять по формуле

$$L = \frac{F}{B}, \quad (5.105)$$

где B — ширина секции усреднителя, м; принимают по ТКП 45-4.01-202 (6.4.15).

5.5.10.3 Максимальную скорость движения сточных вод в усреднителе u_c , м/с, следует определять по ТКП 45-4.01-202 (6.4.14).

5.5.10.4 Площадь поперечного сечения секции канала усреднителя F_s , м², следует определять по формуле

$$F_s = BH. \quad (5.106)$$

5.5.10.5 Трубы-барботеры следует укладывать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (6.4.16 — 6.4.19).

5.5.10.6 Общий расход воздуха для барботирования Q_{air} , м³/ч, следует определять по формуле

$$Q_{air} = (2q_{air} + n'_{air}q'_{air}) \cdot nL, \quad (5.107)$$

где q_{air} — интенсивность барботирования для пристенных барботеров, м³/(ч·м);

n'_{air} — количество промежуточных барботеров, шт.;

q'_{air} — интенсивность барботирования для промежуточных барботеров, м³/(ч·м).

5.5.11 Расчет многоканальных усреднителей с каналами разной ширины

5.5.11.1 По формуле (5.104) определяют площадь каждой секции усреднителя F , м².

5.5.11.2 По формуле (5.105) определяют длину усреднителя L , м.

5.5.11.3 Назначают количество каналов в одной секции n_{can} , шт., но не менее трех.

Ширину каждого i -го канала b_i , м, следует определять по формуле

$$b_i = \frac{3 \cdot (i - 0,5)}{n_{can} \cdot (n_{can} - 1)} \cdot \left(\frac{2n_{can} - 1}{n_{can}} - \frac{2i}{n_{can} + 1} \right) \cdot B, \quad (5.108)$$

где i — номер канала.

Ширина одного канала должна быть в пределах от 1 до 6 м.

5.5.11.4 Расход воды в каждом i -м канале усреднителя q_i , м³/ч, следует определять по формуле

$$q_i = \left(\frac{2n_{can} - 1}{n_{can} \cdot (n_{can} - 1)} - \frac{2i}{(n_{can}^2 - 1)} \right) \cdot \frac{q_{max}}{n}, \quad (5.109)$$

где n — количество секций усреднителя, шт.

5.5.11.5 Площадь поперечного сечения распределительного лотка в одной секции усреднителя ω , м², следует определять по формуле

$$\omega = \frac{q_{max}}{3600nV_l}, \quad (5.110)$$

где V_l — скорость протекания сточной жидкости в лотке; принимают не менее 0,4 м/с.

Подбирают размеры лотка прямоугольного сечения — ширину b_0 , м, и глубину h_0 , м.

5.5.11.6 Площади донного F_{ni}^d , м², и бокового F_{ni}^b , м², отверстий в распределительной лотке для каждого канала усреднителя следует определять по формуле

$$F_{ni} = \frac{q_i}{3600\mu \cdot \sqrt{2gh_0}}, \quad (5.111)$$

где μ — коэффициент расхода; принимают равным:

- 0,8 — для донного цилиндрического отверстия;
- 0,7 — для бокового прямоугольного отверстия.

5.5.12 Расчет многоканальных усреднителей с различной длиной каналов

5.5.12.1 Для расчета принимают количество секций n , шт., но не менее двух и определяют объем усреднителя W_z , м³, и объем одной секции W_1 , м³. Исходя из объема одной секции, принимают типовые усреднители или проектируют индивидуальные.

5.5.12.2 Площадь секции усреднителя F , м², следует определять по формуле (5.104).

5.5.12.3 Для прямоугольного в плане усреднителя длину секции L , м, следует определять по формуле (5.105).

5.5.12.4 Для круглого в плане усреднителя диаметр секции D , м, следует определять по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}. \quad (5.112)$$

5.5.12.5 Назначают количество каналов в одной секции n_{can} , шт., но не менее четырех. Ширину канала b_{can} , м, следует определять по формулам:

— для прямоугольного усреднителя

$$b_{can} = \frac{B}{n_{can}}; \quad (5.113)$$

— для круглого усреднителя

$$b_{can} = \frac{0,5D}{n_{can}}. \quad (5.114)$$

Полученные значения b_{can} , м, следует округлять до целого числа.

5.5.13 Примеры расчета усреднителей приведены в приложении Г.

6 Сооружения биологической очистки сточных вод

6.1 Эффективность удаления загрязняющих веществ на сооружениях биологической очистки

6.1.1 Эффективность удаления загрязняющих веществ на сооружениях биологической очистки следует принимать на основании данных технологических изысканий, результатов научно-исследовательских работ, данных эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации. При отсутствии указанных данных эффективность очистки от взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, органических веществ, оцениваемых по БПК₅ и ХПК, допускается принимать по ТКП 45-4.01-202 (7.1.3); эффективность очистки от прочих загрязняющих веществ — по таблице Д.1, приведенной в приложении Д настоящего технического кодекса. Перечень загрязняющих веществ, не удаляемых в процессе аэробной биологической очистки, приведен в приложении Е.

6.1.2 Допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, следует определять исходя из требуемой степени очистки с учетом токсикологического воздействия на микроорганизмы активного ила или биопленки. Допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах исходя из токсичности устанавливают на основании исследований биоцидности отдельных загрязняющих веществ по отношению к микроорганизмам активного ила или биопленки. При отсутствии указанных данных допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, допускается принимать по таблице Д.1 (приложение Д).

6.2 Биофильтры

6.2.1 Классификация и условия применения биофильтров

6.2.1.1 В зависимости от режима работы биофильтры подразделяются на:

- орошаемые (незатопленные);
- ротационные;
- затопленные.

Орошаемые биофильтры включают загрузку, которая является носителем биопленки, устройства для распределения сточных вод по поверхности загрузки, устройства для отведения очищенных сточных вод и систему вентиляции.

Ротационные биофильтры включают емкости с очищаемыми сточными водами, частично погруженные, вращающиеся устройства, которые являются носителями биопленки, и механизмы для передачи крутящего момента.

При этом вращающиеся устройства могут выполняться в виде дисков, барабанов или других конструкций, служащих носителем биомассы, а также обеспечивающих аэрацию.

Затопленные биофильтры включают загрузку (погруженную в очищаемые сточные воды) — носитель биопленки, устройства для распределения воздуха в биофильтре и устройства для отведения очищенных сточных вод.

Загрузка затопленных биофильтров может быть плавающей в очищаемых сточных водах, или из материалов с плотностью, превышающей плотность воды, или же в виде жестко закрепленных объемных конструкций.

6.2.1.2 Биофильтры, указанные в 6.2.1.1, могут применяться для очистки сточных вод с целью удаления веществ, подверженных биохимическому разложению и нитрификации (орошаемые, ротационные, затопленные), а также для денитрификации и удаления фосфора (затопленные).

6.2.1.3 Проектирование биофильтров следует производить согласно требованиям ТКП 45-4.01-202 (раздел 7). В зависимости от требований к степени очистки биофильтры допускается проектировать на полную и неполную биологическую очистку, по одноступенчатой или двухступенчатой схеме очистки.

6.2.2 Орошаемые биофильтры

6.2.2.1 Орошаемые биофильтры с объемной минеральной загрузкой по конструктивному исполнению подразделяются на:

- капельные, с высотой загрузки от 1 до 2 м;
- высоконагружаемые, с высотой загрузки от 2 до 4 м;
- башенные, с высотой загрузки от 8 до 16 м.

6.2.2.2 Биофильтры с объемной минеральной загрузкой следует применять для очистки сточных вод с целью полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимическому разложению и нитрификации.

При очистке сточных вод с целью их полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимическому разложению, объемная нагрузка по БПК₅ не должна превышать 0,4 кг/(м³·сут).

При очистке сточных вод с целью полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимическому разложению и нитрификации, объемная нагрузка по БПК₅ не должна превышать 0,2 кг/(м³·сут).

6.2.2.3 Биофильтры с пластмассовой загрузкой из засыпных элементов, блочных объемных конструкций, мягких рулонных, тканевых, сетчатых, нитевидных материалов следует применять для очистки сточных вод с целью полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимическому разложению и нитрификации. Допустимая объемная нагрузка по БПК₅ для биофильтров с пластмассовой загрузкой приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 — Допустимая объемная нагрузка по БПК₅, кг/(м³·сут), для биофильтров с пластмассовой загрузкой

Цель очистки	Допустимая объемная нагрузка по БПК ₅ , кг/(м ³ ·сут), (пластмассовая загрузка) с удельной площадью поверхности, м ² /м ³		
	от 100 до 150 включ.	св. 150 до 200 включ.	Св. 200
Биологическая очистка без нитрификации	0,4	0,6	0,8
Биологическая очистка с нитрификацией	0,2	0,3	0,4

6.2.2.4 При очистке сточных вод на биофильтрах с объемной минеральной и пластмассовой загрузкой следует предусматривать рециркуляцию согласно требованиям ТКП 45-4.01-202 (7.3.12).

При одноступенчатой очистке на биофильтрах рециркуляция может осуществляться:

- подачей осадка из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками;
- подачей смеси осадка и сточных вод из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками;
- подачей смеси осадка из вторичных отстойников и очищенных вод после биофильтра в поток сточных вод перед первичными отстойниками;
- подачей очищенных вод после вторичных отстойников в поток сточных вод перед биофильтром, с возможным дополнительным рециркуляционным контуром с подачей осадка из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками;
- подачей смеси осадка и сточных вод из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками, с дополнительным рециркуляционным контуром с подачей очищенных вод после вторичных отстойников в поток сточных вод перед биофильтром;
- подачей смеси осадка из вторичных отстойников и очищенных вод после вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками;
- подачей очищенных вод после биофильтра в поток сточных вод перед биофильтром, с возможным дополнительным рециркуляционным контуром с подачей осадка из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичными отстойниками.

При двухступенчатой очистке на биофильтрах рециркуляция может осуществляться:

- подачей осадка из вторичных отстойников в поток сточных вод перед первичным отстойником, с дополнительным рециркуляционным контуром с подачей очищенных вод после второй ступени биофильтра в поток сточных вод перед биофильтром первой ступени;
- подачей осадка из вторичных отстойников первой и второй ступени в поток сточных вод перед первичными отстойниками, с двумя дополнительными рециркуляционными контурами с подачей очищенных вод после биофильтра первой и второй ступени в поток сточных вод перед биофильтром соответственно первой и второй ступени;
- подачей осадка из вторичных отстойников первой и второй ступени в поток сточных вод перед первичными отстойниками, с двумя дополнительными рециркуляционными контурами с подачей очищенных вод после вторичных отстойников биофильтров первой и второй ступени в поток сточных вод перед биофильтром соответственно первой и второй ступени.

6.2.3 Ротационные биофильтры

6.2.3.1 Ротационные (барабанные и дисковые) биофильтры следует предусматривать для биологической очистки сточных вод с целью удаления веществ, подверженных биохимическому разложению и (или) нитрификации.

При проектировании барабанных и дисковых биофильтров следует предусматривать предварительную механическую очистку сточных вод, а также вторичное отстаивание для задержания биопленки.

6.2.3.2 При проектировании дисковых биофильтров диаметр диска следует принимать от 1,0 до 3,0 м. Допускается, при обосновании, увеличивать диаметр дисков биофильтра. Диски следует изготавливать из легких полимерных материалов. Прозор между дисками следует предусматривать не менее 15 мм. Частоту вращения дисков следует принимать от 0,8 до 4,0 мин⁻¹. Привод вращения дисков необходимо предусматривать с использованием редукторов. Мощность привода следует определять исходя из требуемой удельной мощности 75 Вт на 1 м вала для биофильтров с дисками диаметром 3,0 м и 50 Вт на 1 м вала для биофильтров с дисками диаметром 2,0 м.

Для предотвращения появления интенсивного запаха при обработке сточных вод поверхностная нагрузка на биофильтры по БПК₅ не должна превышать 40 г/(м²·сут).

При поверхностной нагрузке на биофильтры по БПК₅ более 20 г/(м²·сут), на первой ступени следует применять дисковые биофильтры с прозорами между дисками более 18 мм, барабанные биофильтры с удельной площадью поверхности менее 100 м²/м³.

При поверхностной нагрузке на биофильтры по БПК₅ менее 20 г/(м²·сут), на первой ступени следует применять дисковые биофильтры с прозорами между дисками более 15 мм, барабанные биофильтры с удельной площадью поверхности менее 150 м²/м³.

На ступенях, предназначенных для нитрификации, следует применять дисковые биофильтры с прозорами между дисками более 10 мм, барабанные биофильтры с удельной площадью поверхности менее 200 м²/м³.

6.2.3.3 Барабанные и дисковые биофильтры, при их размещении вне зданий, следует перекрывать для предотвращения обмерзания. Под перекрытием биофильтров для удаления газообразных продуктов очистки сточных вод следует предусматривать вентиляцию объема воздуха.

6.2.3.4 Общую площадь поверхности барабанных и дисковых биофильтров F_R , м^2 , в зависимости от поверхностной нагрузки по БПК₅, с учетом цели очистки, следует определять по формуле

$$F_R = F_{RC} + F_{RN}, \quad (6.1)$$

где F_{RC} — площадь поверхности, необходимая для очистки сточных вод с целью удаления веществ, подверженных биохимическому разложению, м^2 ;

F_{RN} — площадь поверхности, необходимая для нитрификации, м^2 .

Площадь поверхности биофильтров, необходимую для очистки сточных вод с целью удаления веществ, подверженных биохимическому разложению, F_{RC} , м^2 , следует определять по формуле

$$F_{RC} = \frac{1000B_{\text{сут}}}{q_F}, \quad (6.2)$$

где $B_{\text{сут}}$ — суточное поступление биохимически разлагаемых веществ на биологическую ступень очистных сооружений, кг БПК₅/сут;

q_F — расчетная поверхностная нагрузка по БПК₅, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$.

Суточное поступление биохимически разлагаемых веществ на биологическую ступень очистных сооружений $B_{\text{сут}}$, кг БПК₅/сут, следует определять по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.2).

Расчетную поверхностную нагрузку по БПК₅ допускается принимать по таблице 6.2.

Площадь поверхности биофильтров, необходимую для нитрификации, F_{RN} , м^2 , следует определять по формуле

$$F_{RN} = \frac{1000B_{\text{сут}}^N}{q_F^N}, \quad (6.3)$$

где $B_{\text{сут}}^N$ — суточное поступление азотных соединений со сточной водой на биологическую ступень очистных сооружений, оцениваемых по концентрации общего азота, кг/сут;

q_F^N — расчетная поверхностная нагрузка по общему азоту, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$.

Таблица 6.2 — Параметры дисковых и барабанных биофильтров

Параметр	Конструкция биофильтра	Значение параметра, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, при обработке	
		без нитрификации	с нитрификацией
Расчетная поверхностная нагрузка по БПК ₅ q_F	Дисковый двухступенчатый	Не более 8,0	—
	Дисковый трехступенчатый	Не более 10,0	Не более 8,0
	Дисковый четырехступенчатый	Не более 10,0	Не более 10,0
Расчетная поверхностная нагрузка по общему азоту q_F^N	Дисковый трехступенчатый	—	Не более 1,6
	Дисковый четырехступенчатый	—	Не более 2,0
Расчетная поверхностная нагрузка по БПК ₅ q_F	Барабанный двухступенчатый	Не более 5,6	—
	Барабанный трехступенчатый	Не более 7,0	Не более 5,6
	Барабанный четырехступенчатый	Не более 7,0	Не более 7,0
Расчетная поверхностная нагрузка по общему азоту q_F^N	Барабанный трехступенчатый	—	Не более 1,1
	Барабанный четырехступенчатый	—	Не более 1,4

Суточное поступление азотных соединений со сточными водами на биологическую ступень очистных сооружений, оцениваемых по концентрации общего азота, $B_{\text{сут}}^N$, кг/сут, следует определять по формуле

$$B_{\text{сут}}^N = \frac{Q_{\text{расч}} C_{\text{ен}}^N}{1000}, \quad (6.4)$$

где $Q_{\text{расч}}$ — среднесуточный расход сточных вод, м³/сут;

$C_{\text{ен}}^N$ — концентрация соединений общего азота в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, мг/дм³.

Расчетную поверхностную нагрузку по общему азоту q_F^N , г/(м²·сут), допускается принимать по таблице 6.2. Значения, указанные в таблице 6.2, следует использовать при суточном поступлении на очистные сооружения более 1000 эквивалентов загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК₅. Для очистных сооружений с меньшим суточным поступлением загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК₅, следует принимать:

— расчетную поверхностную нагрузку по БПК₅ при очистке как с нитрификацией, так и без нитрификации на дисковых биофильтрах — не более 4,0 г/(м²·сут);

— расчетную поверхностную нагрузку по общему азоту при очистке с нитрификацией на дисковых биофильтрах — не более 1,2 г/(м²·сут);

— расчетную поверхностную нагрузку по БПК₅ при очистке как с нитрификацией, так и без нитрификации на барабанных биофильтрах — не более 3,0 г/(м²·сут);

— расчетную поверхностную нагрузку по общему азоту при очистке с нитрификацией на барабанных биофильтрах — не более 0,85 г/(м²·сут).

6.2.3.5 Количество избыточной биопленки при очистке сточных вод на барабанных и дисковых биофильтрах допускается принимать 0,75 кг на 1 кг удаленного БПК₅.

Пример расчета дисковых биофильтров приведен в приложении Ж.

6.2.4 Затопленные биофильтры

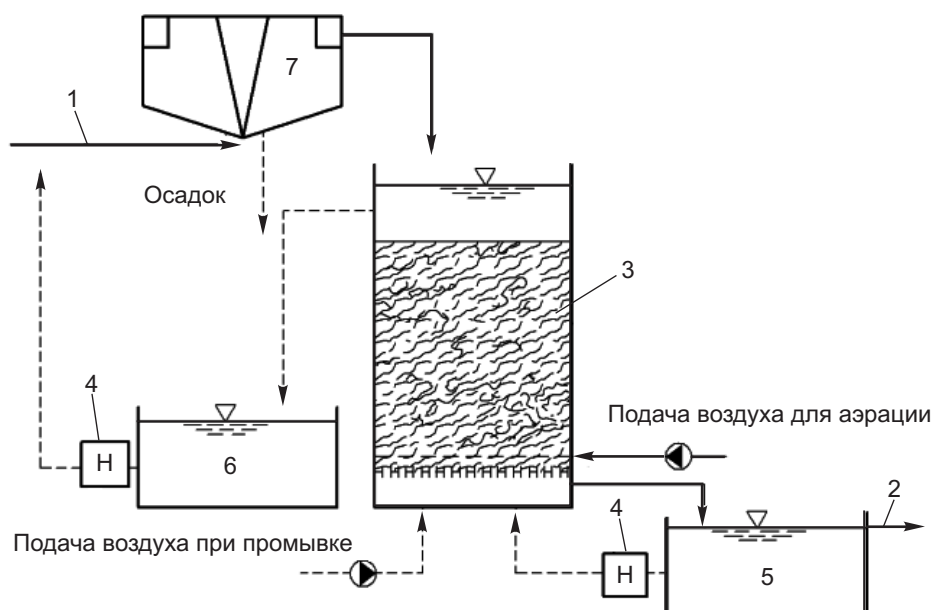
6.2.4.1 Затопленные биофильтры следует применять при полной или частичной очистке от веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификации, денитрификации, и при удалении соединений фосфора биологическим и химическим методами.

6.2.4.2 Очистку сточных вод в затопленных промывных биофильтрах следует предусматривать путем фильтрования сточных вод через загрузку, которая является носителем биомассы.

В биофильтры, используемые для очистки от веществ, подверженных биохимическому разложению и нитрификации, одновременно следует осуществлять подачу воздуха для обеспечения аэробных условий.

Удаление задержанных примесей и избыточной биомассы следует предусматривать путем водовоздушной промывки биофильтров. Схема очистки сточных вод на затопленных промывных биофильтрах приведена на рисунке 6.1.

Вторичное отстаивание после затопленных промывных биофильтров допускается не предусматривать.



- 1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — биофильтр; 4 — насосная установка; 5 — емкость с водой для промывки;
 6 — емкость с промывной водой; 7 — первичный отстойник

Рисунок 6.1 — Схема очистки сточных вод на затопленных промывных биофильтрах

6.2.4.3 Параметры материала для загрузки затопленных биофильтров приведены в таблице 6.3. Допускается, при соответствующем обосновании, использовать в качестве загрузки другие материалы.

Таблица 6.3 — Параметры загрузки затопленных биофильтров

Материал	Размер зерен, мм	Удельная площадь поверхности, $\text{м}^2/\text{м}^3$
Керамзит	1,3–8,0	1000–1400
Полистирол	3,0–6,0	1100
Антрацит	2,5–3,5	1900
Пемза	2,5–4,0	2000
Бурый уголь	2,5–4,0	2000
Кварцевый песок	0,7–2,2	3000
Базальт	1,4–2,2	3600

Параметры промывных биофильтров следует определять на основании исследований и технологических изысканий. При отсутствии указанных данных допускается использовать допустимую объемную нагрузку по загрязняющим веществам, приведенным в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Допустимая объемная нагрузка на 1 м^3 загрузки затопленных биофильтров

Параметр	$\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$	$\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$
БПК ₅	0,170–0,290	4,0–7,0
ХПК	0,290–0,420	7,0–10,0
Нитрификация. Азот аммонийный N-NH_4	0,004–0,063	0,1–1,5
Денитрификация. Азот нитритов и нитратов N-NO_2 и N-NO_3	0,033–0,170	0,8–4,0

6.3 Сооружения биологической очистки с активным илом

6.3.1 Общие положения

6.3.1.1 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 цели очистки (полная или частичная очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация, удаление соединений фосфора, очистка от специфических примесей), с учетом требований к степени очистки, расхода очищаемых сточных вод и режима их поступления.

6.3.1.2 Иловый индекс J_i , $\text{см}^3/\text{г}$, необходимо определять экспериментально. При очистке городских и отдельных видов производственных сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению, допускается определять иловый индекс по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7). При очистке городских сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению с нитрификацией, денитрификацией и стабилизацией ила, иловый индекс допускается определять по таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Иловый индекс J_i , $\text{см}^3/\text{г}$, для городских сточных вод

Цель очистки	Иловый индекс при влиянии производственных сточных вод в составе городских на биологическую очистку	
	благоприятном или удовлетворительном	неблагоприятном
Нитрификация; нитрификация и денитрификация	100–150	120–180
Нитрификация, денитрификация и стабилизация ила	75–120	100–150

6.3.1.3 Вспухание ила, вызванное массовым развитием в активном иле нитчатых форм микроорганизмов, может быть обусловлено низкой концентрацией кислорода в иловой смеси (менее $1,0 \text{ мг/дм}^3$), низкой нагрузкой по БПК₅ в сооружениях биологической очистки, низким содержанием биогенных элементов в сточных водах (при соотношениях концентрации легкоокисляемой фракции примесей к общему содержанию органических примесей по ХПК менее 0,6), высокими концентрациями соединений серы в сточных водах, значением pH иловой смеси менее 6,5.

6.3.1.4 Для предотвращения развития нитчатых форм микроорганизмов в активном иле может быть предусмотрена обработка активного ила окислителями (хлор, озон, пероксид водорода). Обработку окислителями следует предусматривать для уничтожения нитчатых форм микроорганизмов в условиях относительно меньшей степени биоцидного воздействия на флокулообразующие микроорганизмы активного ила. При хлорировании дозу хлора следует принимать в пределах от 2 до 6 г на 1 кг активного ила в сутки.

6.3.1.5 Альтернативным способом предотвращения вспухания активного ила может быть устройство селекторов с целью создания условий для интенсивного развития флокулообразующих микроорганизмов в условиях высоких концентраций легкоокисляемых веществ в иловой смеси.

Селекторы следует предусматривать в технологической схеме перед сооружениями биологической очистки с подачей в них исходных сточных вод и циркулирующего активного ила. Условия обработки могут приниматься, в зависимости от состава исходных сточных вод, аэробными, анаэробными или анаэробными.

При применении аэробных селекторов количество ступеней следует принимать не менее трех, время обработки — от 10 до 15 мин, нагрузку на ил:

- для первой ступени — 12 кг ХПК/(кг·сут);
- для второй ступени — 6 кг ХПК/(кг·сут);
- для третьей ступени — 3 кг ХПК/(кг·сут).

Концентрацию растворенного кислорода в иловой смеси — не менее $2,0 \text{ мг/дм}^3$. Контроль концентрации растворенного кислорода следует предусматривать для первой ступени.

Допускается, при соответствующем обосновании, уменьшать количество ступеней до двух. Определение объема сооружений в указанном случае следует производить исходя из объемной нагрузки $10 \text{ кг БПК}_5/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$.

При устройстве аноксичных селекторов количество ступеней следует принимать не менее трех, время обработки — от 45 до 60 мин, нагрузку на ил:

- для первой ступени — 6,0 кг ХПК/(кг·сут);
- для второй ступени — 3,0 кг ХПК/(кг·сут);
- для третьей ступени — 1,5 кг ХПК/(кг·сут).

Концентрацию нитрата в иловой смеси селектора следует предусматривать исходя из соотношения от 7 до 9 мг легкоокисляемой фракции по ХПК на 1 мг азота нитратов.

При устройстве анаэробных селекторов количество ступеней следует принимать не менее трех, при этом следует применять сооружения коридорного типа с соотношением длины секции и ее ширины не менее чем 1:10. Время обработки следует принимать от 60 до 120 мин. Нагрузку на ил следует предусматривать в зависимости от концентрации фосфора иловой смеси селектора, исходя из соотношения от 9 до 20 мг легкоокисляемой фракции по ХПК на 1 мг фосфора фосфатов.

6.3.1.6 Расчет сооружений для биологической очистки с активным илом, предназначенных для очистки бытовых и производственных сточных вод от органических и неорганических примесей, подверженных биохимическому разложению, следует производить по формулам и согласно требованиям ТКП 45-4.01-202 (раздел 7).

6.3.2 Аэротенки-смесители, аэротенки-вытеснители

6.3.2.1 Аэротенки-смесители применяют при очистке городских сточных вод со значительной долей производственных и значительной неравномерностью поступления сточных вод на очистку.

6.3.2.2 Аэротенки-вытеснители рекомендуется применять для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод при относительно небольших колебаниях их состава и расхода. Регенерацию ила следует предусматривать согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.8). Для очистки высококонцентрированных сточных вод аэротенки-смесители целесообразно применять на первой ступени, а аэротенки-вытеснители — на второй ступени.

6.3.2.3 Примеры расчета аэротенка-смесителя без регенератора, аэротенка-смесителя с регенератором, аэротенка-вытеснителя без регенератора, аэротенка-вытеснителя с регенератором приведены в приложениях К, Л, М и Н соответственно.

6.3.3 Аэротенки с наполнителями для прикрепленной микрофлоры

6.3.3.1 Аэротенки с наполнителями для прикрепленной микрофлоры следует рассчитывать по формулам согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.13). Удельную скорость окисления ρ_n , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч, для биомассы прикрепленной микрофлоры следует принимать по данным технологических изысканий или научных исследований, при их отсутствии — допускается принимать по таблице 6.6.

Таблица 6.6 — Удельная скорость окисления ρ_n , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч, для биомассы прикрепленной микрофлоры

БПК ₅ сточных вод, поступающих на очистку, $L_{\text{еп}}$, мг/дм ³	Удельная скорость окисления ρ_n , мг/(г·ч), при удельной площади поверхности загрузки P , м ² /м ³		
	10	15	20
33	0,008	0,007	0,006
67	0,011	0,010	0,008
100	0,013	0,011	0,009
133	0,015	0,012	0,010
167	0,016	0,013	0,010
200–267	0,017	0,014	0,011
<i>Примечания</i> 1 Значения удельной скорости окисления действительны для эффективности очистки сточных вод до $L_{\text{ex}} \leq 10$ мг/дм³. 2 Для промежуточных значений БПК₅ значения удельной скорости окисления ρ_n определяют интерполяцией.			

6.3.3.2 Пример расчета аэротенка с наполнителем для прикрепленной микрофлоры приведен в приложении П.

6.3.4 Реакторы последовательного действия

6.3.4.1 При проектировании реакторов последовательного действия следует предусматривать биологическую очистку сточных вод в указанных сооружениях путем циклического чередования во времени фаз обработки в одном емкостном сооружении.

6.3.4.2 Последовательность фаз обработки сточных вод следует принимать в следующем порядке: наполнение сооружения, непосредственная обработка, осаждение, декантация очищенных сточных вод, удаление избыточного активного ила, выдерживание в режиме ожидания. Фазы декантации и удаления избыточного активного ила могут быть совмещены. Фазу выдерживания в режиме ожидания допускается не назначать.

Фаза наполнения включает промежуток времени от начала подачи исходных сточных вод в реактор до начала фазы непосредственной обработки или до достижения расчетного уровня наполнения реактора. В течение фазы наполнения допускается проведение обработки поступивших сточных вод.

Фаза непосредственной обработки включает промежуток времени, в течение которого сточные воды подвергаются биологической очистке до начала фазы осаждения.

Фаза непосредственной обработки, в зависимости от цели очистки, может включать:

- период перемешивания в анаэробных условиях;
- период перемешивания в аноксичных условиях;
- период аэрации.

Фаза осаждения включает промежуток времени от окончания фазы непосредственной обработки до начала декантации. В течение фазы осаждения следует предусматривать выдерживание иловой смеси в статических условиях при отсутствии подачи исходных сточных вод, перемешивания и аэрации.

Фаза декантации включает промежуток времени, в течение которого производится отведение осветленных очищенных сточных вод из реактора. Завершение фазы декантации следует устанавливать по моменту времени, когда регистрируется превышение содержания выносимого активного ила более допустимого значения. В течение фазы декантации следует предусматривать выдерживание разделенных осветленных сточных вод и активного ила в статических условиях при отсутствии подачи исходных сточных вод, перемешивания и аэрации. В течение времени декантации допускается отведение избыточного активного ила из реактора, если данный процесс не приводит к нарушению режима проведения декантации.

Фаза удаления избыточного активного ила включает промежуток времени, в течение которого избыточный активный ил отводится из реактора.

Фаза выдерживания в режиме ожидания включает промежуток времени, в течение которого активный ил или иловую смесь выдерживают в реакторе без добавления исходных сточных вод и (или) проведения биологической очистки. Для предотвращения осаждения и (или) уплотнения активного ила следует предусматривать перемешивание содержимого реактора перемешивающими устройствами.

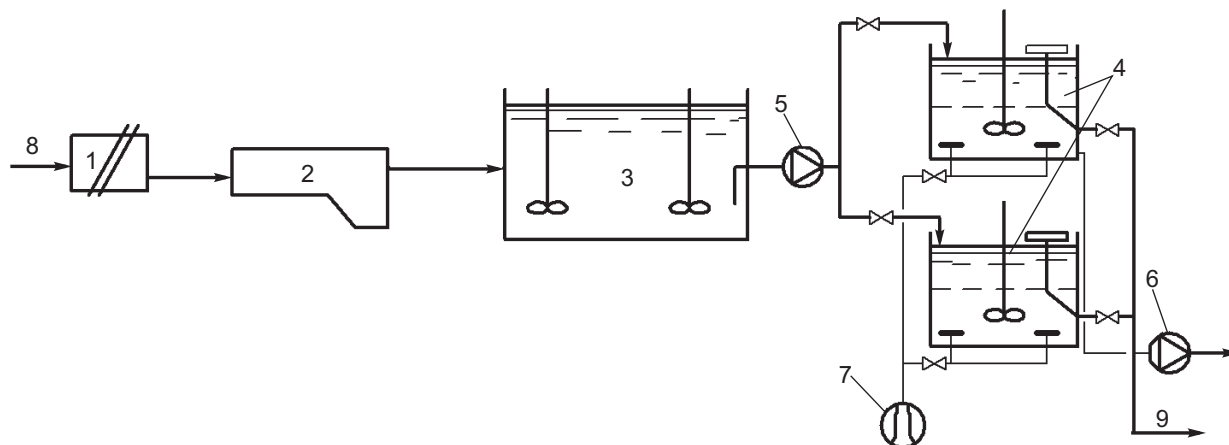
6.3.4.3 Последовательность и длительность отдельных периодов фазы непосредственной обработки сточных вод следует принимать исходя из цели очистки:

- удаление веществ, подверженных биохимическому разложению;
- удаление веществ, подверженных биохимическому разложению, и нитрификация;
- удаление веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация и денитрификация;
- удаление веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация и удаление соединений фосфора.

При определении параметров обработки следует учитывать режим стабилизации активного ила. При включении стабилизации ила в цикл обработки ее длительность должна быть учтена при назначении параметров реактора.

6.3.4.4 При биологической очистке сточных вод с использованием реакторов последовательного действия следует предусматривать предварительную очистку сточных вод от механических примесей на решетках и песколовках. Необходимость использования первичного отстаивания при очистке на реакторах последовательного действия следует устанавливать путем оценки качественного состава очищаемых сточных вод с учетом цели обработки.

Количество параллельно работающих реакторов и необходимость включения в состав очистных сооружений приемных резервуаров-накопителей для сточных вод перед биологической очисткой и резервуаров-накопителей для очищенных вод следует устанавливать на основании оценки неравномерности поступления сточных вод на очистку и условий отведения очищенных сточных вод. Пример схемы возможной компоновки очистных сооружений с использованием реакторов последовательного действия приведен на рисунке 6.2.



- 1 — решетка; 2 — песколовка; 3 — приемный резервуар-накопитель для сточных вод перед биологической очисткой; 4 — реактор последовательного действия; 5 — насосная установка для подачи сточных вод в реактор; 6 — насосная установка для отведения избыточного активного ила; 7 — воздуходувная станция; 8 — подача исходных сточных вод; 9 — отведение очищенных сточных вод

Рисунок 6.2 — Схема возможной компоновки очистных сооружений с использованием реакторов последовательного действия

6.3.4.5 В качестве реакторов последовательного действия следует предусматривать емкости с глубиной слоя жидкости от 4 до 7 м.

6.3.4.6 Продолжительность фазы непосредственной обработки $t_{обр}$, ч, следует определять по формуле

$$t_{обр} = t_{ц} - t_{ос} - t_{дек} - t_{выд} - t_{нап}, \quad (6.5)$$

- где $t_{ц}$ — продолжительность цикла обработки, ч;
 $t_{ос}$ — продолжительность фазы осаждения, ч;
 $t_{дек}$ — продолжительность фазы декантации, ч;
 $t_{выд}$ — продолжительность фазы выдерживания в режиме ожидания, ч;
 $t_{нап}$ — продолжительность фазы наполнения, ч.

Продолжительность фазы наполнения $t_{нап}$, ч, следует учитывать в формуле (6.5) при наполнении реактора без проведения аэрации и (или) перемешивания; при одновременном наполнении и обработке сточных вод продолжительность фазы наполнения $t_{нап}$, ч, в формуле (6.5) не учитывается.

При очистке сточных вод с биологическим удалением соединений фосфора длительность периода обработки сточной воды в анаэробных условиях следует назначать отдельно и учитывать в формуле (6.5).

6.3.4.7 При очистке сточных вод с нитрификацией и денитрификацией продолжительность непосредственной обработки следует назначать как сумму продолжительности периодов нитрификации и денитрификации:

$$t_{обр} = t_N + t_D, \quad (6.6)$$

- где t_N — продолжительность периода нитрификации, ч;
 t_D — продолжительность периода денитрификации, ч.

Отношение продолжительности периода денитрификации t_D , ч, к продолжительности непосредственной обработки $t_{обр}$, ч, следует определять в зависимости от отношения концентрации нитратного азота, подлежащего денитрификации, к значению БПК₅ сточных вод, поступающих на биологическую очистку, в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (7.6.17.4). Указанное отношение следует принимать равным отношению $\frac{V_D}{V}$ для параллельной денитрификации по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.12).

$$\frac{t_D}{t_N + t_D} = \frac{V_D}{V}. \quad (6.7)$$

6.3.4.8 Количество циклов обработки за 1 сут в реакторе m следует определять по формуле

$$m = \frac{24}{t_{\text{ц}}}. \quad (6.8)$$

При количестве циклов обработки в реакторе за 1 сут более двух их количество следует назначать кратным двум или трем для упрощения режима эксплуатации.

6.3.4.9 Требуемый возраст ила при биологической очистке с использованием реакторов последовательного действия следует определять в зависимости от цели очистки согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.4). Для реакторов, эксплуатация которых предусмотрена со стабилизацией активного ила, возраст ила следует назначать 25 сут. Для реакторов с отдельной стабилизацией активного ила возраст ила следует определять по ТКП 45-4.01-202 (7.6.17.3) в зависимости от режима обработки сточных вод в реакторе, при этом значение $\frac{V_D}{V}$ следует принимать по ТКП 45-4.01-202 (7.6.17).

Для реакторов с залповым наполнением сточными водами из приемных резервуаров-накопителей, а также сооружений с двумя и более поочередно наполняемыми реакторами с продолжительностью наполнения $t_{\text{нап}}$ меньшей, чем продолжительность фазы непосредственной обработки, следует принимать параметры как для предварительной денитрификации.

Для реакторов с большой длительностью наполнения и периодической денитрификацией следует принимать параметры как для параллельной денитрификации.

6.3.4.10 Прирост активного ила в реакторах следует определять по ТКП 45-4.01-202 (7.6.19).

6.3.4.11 Требуемое количество биомассы активного ила в реакторе M_i , кг, следует определять в зависимости от принятого возраста активного ила:

$$M_i = t_{TS} P_i \cdot \frac{t_{\text{ц}}}{t_{\text{обр}}}, \quad (6.9)$$

где t_{TS} — возраст ила, сут;

P_i — прирост ила, кг/сут;

$t_{\text{обр}}$ — продолжительность фазы непосредственной обработки, ч.

6.3.4.12 Объем реактора при минимальном наполнении V_{min} , м³, следует определять по формуле

$$V_{\text{min}} = \frac{M_i}{n a_{i \text{ min}}}, \quad (6.10)$$

где M_i — количество биомассы ила в реакторе, кг;

$a_{i \text{ min}}$ — доза ила при минимальном наполнении реактора, г/дм³;

n — количество реакторов на очистных сооружениях, шт.

Доза ила при минимальном наполнении должна обеспечить необходимое количество биомассы ила с учетом цели очистки.

Объем реактора при максимальном наполнении V_R , м³, следует определять по формуле

$$V_R = V_{\text{min}} + \Delta V, \quad (6.11)$$

где V_{min} — объем реактора при минимальном наполнении, м³;

ΔV — регулирующий объем, м³.

Значение регулирующего объема ΔV определяют в зависимости от количества работающих реакторов, неравномерности поступления сточных вод на очистку, длительности цикла обработки сточных вод:

$$\Delta V = fV_R, \quad (6.12)$$

где f — коэффициент отношения регулирующего объема к объему реактора при максимальном наполнении.

Коэффициент f определяют по формуле

$$f = \frac{t_{\text{ц}} Q_{\text{max}}}{V_R}, \quad (6.13)$$

где Q_{max} — максимальный часовой расход сточных вод, поступающих на биологическую очистку, м³/ч.

6.3.4.13 Уровень активного ила в реакторе в начале и во время фазы декантации должен находиться ниже уровня входных отверстий в устройствах декантации.

Производительность декантеров во время отведения очищенных сточных вод из реактора следует принимать постоянной.

Высоту уровня активного ила в реакторе в течение времени осаждения и декантации H_i , м, определяют по формуле

$$H_i = H_{w0} \cdot (h_{ie} + (1 + h_{ie}) \cdot e^{-\alpha \cdot (t - t_{\text{фл}})}), \quad (6.14)$$

где H_{w0} — высота уровня иловой смеси в начале фазы осаждения, м;

h_{ie} — относительная высота уровня активного ила в реакторе при завершеном процессе осаждения;

e — основание натурального логарифма;

α — параметр, характеризующий интенсивность осаждения активного ила, ч⁻¹;

t — промежуток времени с момента завершения фазы обработки, ч;

$t_{\text{фл}}$ — продолжительность флокуляции, ч.

Продолжительность флокуляции $t_{\text{фл}}$, ч, следует принимать по данным исследований осаждения активного ила как промежуток времени после завершения перемешивания иловой смеси до начала осаждения активного ила. При отсутствии данных продолжительность флокуляции допускается принимать равной 10 мин.

Относительную высоту уровня активного ила в реакторе при завершеном процессе осаждения h_{ie} определяют по формуле

$$h_{ie} = \frac{a_i J_i}{1000}, \quad (6.15)$$

где a_i — доза активного ила в реакторе, г/дм³;

J_i — иловый индекс, дм³/кг.

Скорость осаждения активного ила v_i , м/ч, в реакторе в промежуток времени с момента завершения фазы обработки следует определять по формуле

$$v_i = H_{w0} \alpha \cdot (1 + h_{ie}) \cdot e^{-\alpha \cdot (t - t_{\text{фл}})}. \quad (6.16)$$

Параметр, характеризующий интенсивность осаждения активного ила, α , ч⁻¹, следует рассчитывать в зависимости от скорости осаждения в промежуток времени t , ч, равный продолжительности флокуляции, по формуле

$$\alpha = \frac{v_{i0}}{H_{w0} \cdot (1 - h_{ie})}, \quad (6.17)$$

где v_{i0} — скорость осаждения активного ила за промежуток времени t , ч, равный продолжительности флокуляции, м/ч; определяют по формуле

$$v_{i0} = \frac{725}{a_i J_i - 100}, \quad (6.18)$$

здесь a_i — доза активного ила в реакторе в начале процесса осаждения, г/дм³.

6.3.4.14 Для предотвращения поступления ила в очищенные воды, отводимые декантером из-за захватывания иловой смеси из слоя осажденного ила, следует поддерживать слой осветленных вод высотой H_{kw} , м, между нижним уровнем входных отверстий декантера и верхним уровнем слоя осажденного ила.

Высота слоя осветленных вод H_{kw} , м, должна поддерживаться в среднем равной $0,15H_{w0}$, но не менее 0,4 м.

6.3.4.15 При использовании реакторов последовательного действия для биологической очистки сточных вод с нитрификацией и денитрификацией периоды перемешивания в анаэробных условиях и периоды аэрации следует назначать в зависимости от режима эксплуатации.

При продолжительном наполнении реактора следует предусматривать по два и более периода перемешивания в анаэробных условиях и периода аэрации. Режим очистки в данном случае близок к режиму параллельной денитрификации в проточных сооружениях (рисунок 6.3).

При наличии двух или более реакторов на очистных сооружениях периоды их наполнения следует чередовать. При этом начало заполнения реактора сточной водой следует совмещать с началом фазы денитрификации. При этом период нитрификации следует прерывать периодом денитрификации. Режим очистки в данном случае близок к режиму чередующейся денитрификации в проточных сооружениях (рисунок 6.4).

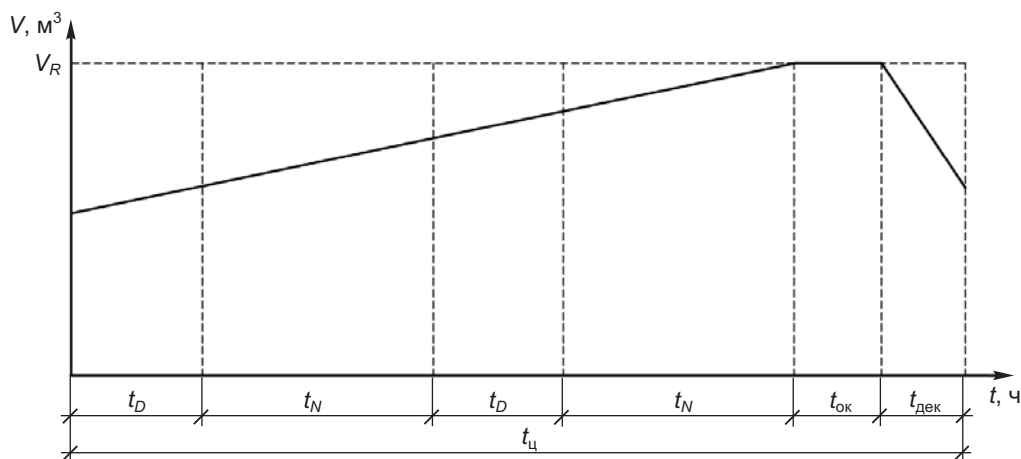


Рисунок 6.3 — Режим очистки сточных вод в реакторе последовательного действия с денитрификацией при продолжительном наполнении реактора

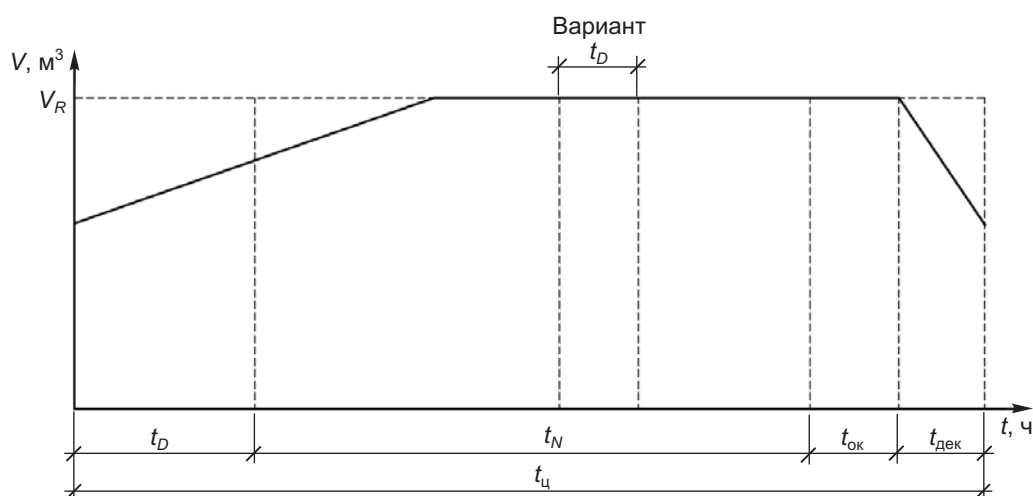


Рисунок 6.4 — Режим очистки сточных вод в реакторе последовательного действия с денитрификацией при работе нескольких реакторов

При залповом наполнении реактора процесс очистки близок к режиму предварительной денитрификации в проточных очистных сооружениях. Заполнение реакторов необходимо производить в период денитрификации, после окончания которого назначают период аэрации. При необходимости следует предусматривать прерывание аэрации и назначать дополнительные периоды перемешивания в анаэробных условиях для денитрификации (рисунок 6.5).

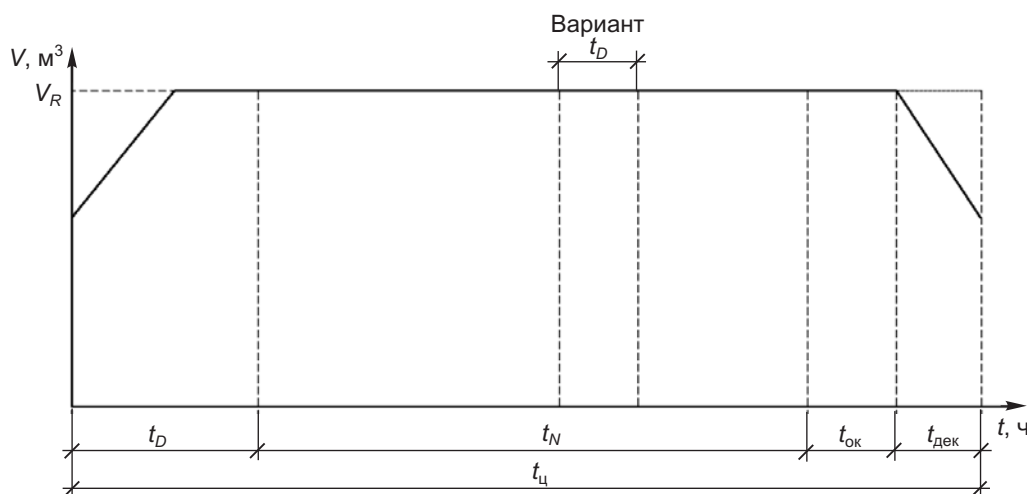


Рисунок 6.5 — Режим очистки сточных вод в реакторе последовательного действия с денитрификацией при залповом наполнении реактора

Если при залповом наполнении реактора до максимального уровня заполнения не достигается достаточная степень денитрификации, следует предусматривать несколько периодов залпового заполнения (рисунок 6.6). При этом в течение первого периода подачи исходных сточных вод в реактор производится его заполнение до использования части рабочего объема. Подачу следует производить в период перемешивания в анаэробных условиях. При этом следует назначать режим наполнения и обработки таким образом, чтобы после последнего периода наполнения имелось достаточно времени на проведение нитрификации.

Целесообразно предусматривать возможность дозирования внешнего субстрата для предотвращения низких скоростей денитрификации при периодическом поступлении в реактор сточных вод с неблагоприятным соотношением концентрации азота N и БПК₅.

При количестве равнозначных наполнений m_n и постоянной продолжительности периодов нитрификации и денитрификации длительность фазы обработки цикла очистки $t_{обр}$, ч, следует рассчитывать по формуле

$$t_{обр} = m_n \cdot (t_D + t_N). \quad (6.19)$$

Продолжительность периодов денитрификации t_D , ч, следует определять по формуле

$$t_D = \frac{t_{обр} \cdot \left(\frac{V_D}{V_N + V_D} \right)}{m_n}, \quad (6.20)$$

где $\frac{V_D}{V_N + V_D}$ — отношение объема денитрификатора к общему объему сооружений биологической очистки; определяют по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.12).

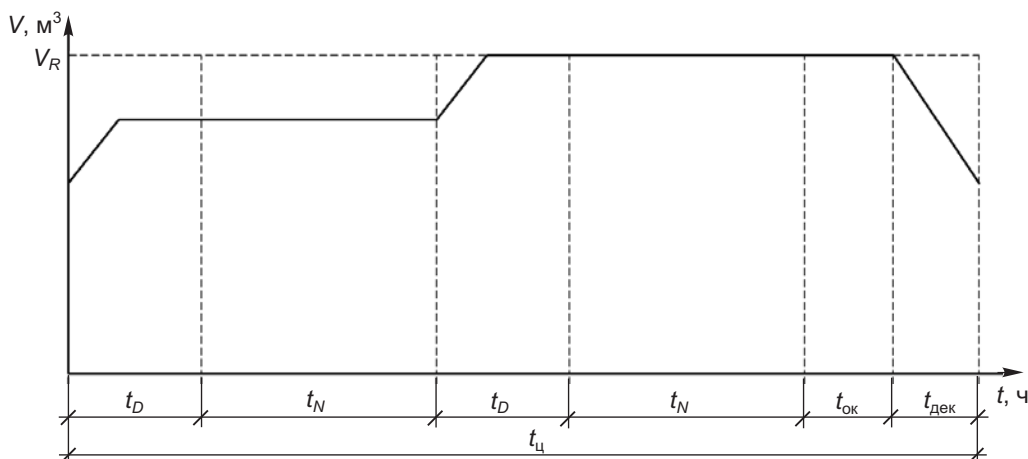


Рисунок 6.6 — Режим очистки сточных вод в реакторе последовательного действия с денитрификацией при частичном залповом наполнении реактора

6.3.4.16 Концентрацию аммонийного азота $C_{\text{NH}_4\text{N}}$, мг/дм³, содержащегося в сточных водах, поданных в реактор для обработки, следует рассчитывать по формуле

$$C_{\text{NH}_4\text{N}} = C_{\text{Nen}} - C_{\text{orgNex}} - X_{\text{orgN,BM}}, \quad (6.21)$$

где C_{Nen} — концентрация общего азота в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, мг/дм³;

C_{orgNex} — концентрация азота органических веществ в очищенных сточных водах, мг/дм³;

$X_{\text{orgN,BM}}$ — концентрация азота органических веществ, поступающего в биомассу активного ила, мг/дм³.

Концентрацию азота органических веществ, поступающего в биомассу активного ила, $X_{\text{orgN,BM}}$, мг/дм³, и концентрацию азота органических веществ C_{orgNex} , мг/дм³, в очищенных сточных водах допускается принимать по ТКП 45-4.01-202 (7.6.17.6).

При расчетах также следует учитывать концентрации соединений азота в иловой воде, отводимой от сооружений по переработке осадка сточных вод.

6.3.4.17 Концентрацию нитратного азота в очищенных сточных водах $N_{\text{NO}_3\text{ex}}$, мг/дм³, следует определять по выражению

$$N_{\text{NO}_3\text{ex}} = C_{\text{NH}_4\text{N}} \cdot \frac{\Delta V}{m_{\text{H}} \cdot (\Delta V + V_{\text{min}})} = C_{\text{NH}_4\text{N}} \cdot \frac{f}{m_{\text{H}}}. \quad (6.22)$$

Обозначения параметров в формуле (6.22) следует принимать по 6.3.4.12.

6.3.4.18 Потребность в кислороде для очистки сточных вод в реакторе, 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 ТКП 45-4.01-202 (7.6.22).

Определение потребности в кислороде на деструкцию органических веществ OV_c , кг/сут, следует производить для случая максимальной температуры сточных вод в реакторе в летний период по формуле

$$OV_c = B_{\text{сут}} OV_{\text{сБПК}}, \quad (6.23)$$

где $B_{\text{сут}}$ — суточное поступление биохимически разлагаемых веществ на очистные сооружения, кг БПК₅/сут;

$OV_{\text{сБПК}}$ — удельный расход кислорода на обработку сточных вод с целью деструкции органических веществ, кг/кг БПК₅.

Значение суточного количества поступающих биохимически разлагаемых веществ на очистные сооружения и удельный расход кислорода на обработку сточных вод с целью деструкции органических веществ следует определять по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22).

6.3.4.19 Максимальную часовую потребность в кислороде OV_h , кг/ч, следует определять с учетом неравномерности его потребления в течение суток по формуле

$$OV_h = \frac{1}{1 - \frac{V_D}{V_D + V_N}} \cdot \frac{1}{mt_{обр}} \cdot [k_c \cdot (OV_c - OV_D) + k_N OV_N], \quad (6.24)$$

где V_D — объем денитрификатора, м³;

V_N — объем нитрификатора, м³;

m — количество циклов обработки в сутки;

$t_{обр}$ — время обработки сточных вод в реакторе за один цикл, ч;

k_c — коэффициент часовой неравномерности потребления кислорода при обработке сточных вод с целью деструкции органических веществ;

OV_D — снижение потребности в кислороде за счет окисления органических веществ при денитрификации, кг/сут;

k_N — коэффициент часовой неравномерности потребления кислорода при нитрификации;

OV_N — расход кислорода на нитрификацию, кг/сут.

Объемы денитрификатора и нитрификатора определяют по 6.3.4.15.

Значения коэффициентов часовой неравномерности потребления кислорода k_c и k_N , расход кислорода на нитрификацию, а также снижение потребности в кислороде за счет окисления органических веществ при денитрификации следует определять по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22).

6.3.4.20 Отведение избыточного активного ила следует предусматривать в каждом цикле обработки. Параметры отведения следует определять исходя из объема избыточного ила $V_{i\text{ изб}}$, м³, отводимого в течение одного цикла обработки, по формуле

$$V_{i\text{ изб}} = t_{отв} Q_{отв}, \quad (6.25)$$

где $t_{отв}$ — время, в течение которого производится отведение избыточного активного ила, ч;

$Q_{отв}$ — подача насоса для отведения избыточного активного ила из реактора, м³/ч.

Массу удаляемого избыточного активного ила за цикл обработки $M_{i\text{ изб}}$, кг, следует определять по выражению

$$M_{i\text{ изб}} = V_{i\text{ изб}} a_{is} = \frac{V_R a_i}{t_{ts}} \cdot \frac{t_{обр}}{24}, \quad (6.26)$$

где a_{is} — доза ила в реакторе после завершения фазы осаждения, г/дм³;

V_R — объем реактора при максимальном наполнении, м³;

a_i — доза ила при максимальном наполнении реактора, г/дм³;

t_{ts} — возраст ила, сут;

$t_{обр}$ — продолжительность фазы непосредственной обработки, ч.

Суточный прирост избыточного ила P_i , кг/сут, в реакторах последовательного действия на станции очистки следует определять по формуле

$$P_i = V_{i\text{ изб}} a_{is} mn, \quad (6.27)$$

где n — количество реакторов на очистных сооружениях, шт.;

m — количество циклов обработки за сутки в реакторе;

a_{is} — доза ила в реакторе после завершения фазы осаждения.

Дозу ила в реакторе после завершения фазы осаждения a_{is} , г/дм³, определяют по формуле

$$a_{is} = \frac{1000}{J_i}, \quad (6.28)$$

где J_i — иловый индекс, дм³/кг.

При определении значения суточного расхода избыточного ила P_i , кг/кг БПК₅, отводимого от реакторов последовательного действия на станции очистки, должно выполняться условие

$$P_i = B_{\text{сут}} P_c, \quad (6.29)$$

где $B_{\text{сут}}$ — суточное поступление биохимически разлагаемых веществ на очистные сооружения, кг БПК₅/сут;

P_c — удельный прирост активного ила, получаемый в процессе биологической деструкции органических веществ сточных вод, кг/кг БПК₅; определяют по ТКП 45-4.01-202 (7.6.19).

6.3.4.21 Объем приемных резервуаров-накопителей сточных вод на сооружениях с реакторами последовательного действия следует принимать в зависимости от требований к усреднению поступающих расходов сточных вод и режима заполнения реакторов.

При отсутствии усреднения и при однократном наполнении реакторов объем накопителя следует назначать исходя из максимального объема сточных вод, поступивших на очистные сооружения за период времени накопления сточных вод $t_{\text{нак}}$, ч, определяемого по формуле

$$t_{\text{нак}} = \frac{t_{\text{ц}}}{n} - t_{\text{нап}}, \quad (6.30)$$

где n — количество реакторов на очистных сооружениях, шт.;

$t_{\text{нап}}$ — продолжительность фазы наполнения без проведения обработки, ч.

6.3.4.22 Реакторы последовательного действия следует оснащать:

- устройствами для перемешивания иловой смеси;
- системами пневматической аэрации;
- устройствами для декантации;
- устройствами для удаления избыточного активного ила;
- контрольно-измерительными приборами.

6.3.4.23 Сооружения следует оснащать контрольно-измерительными приборами, которые должны включать:

- системы контроля уровня жидкости в реакторах и приемных резервуарах-накопителях;
- системы контроля уровня активного ила в реакторах;
- системы измерения содержания кислорода в иловой смеси;
- системы измерения нитрата в иловой смеси;
- системы измерения окислительно-восстановительного потенциала (редокс-потенциала) иловой смеси;
- системы управления аэрацией по содержанию кислорода в иловой смеси.

6.3.5 Сооружения для удаления соединений азота в системах с активным илом

6.3.5.1 Биологический метод удаления соединений азота основан на окислении аммонийных соединений микроорганизмами-нитрификаторами до нитратов с последующей деструкцией нитратов в процессе дыхания микроорганизмов с выделением молекулярного азота.

6.3.5.2 Процесс нитрификации проходит в две стадии. На первой стадии окисление аммония осуществляется бактериями *Nitrosomonas*, далее полученный нитрит перерабатывается в нитрат бактериями *Nitrobacter*.

Нитрифицирующие бактерии характеризуются низкой скоростью роста, что обусловлено низкими значениями энергетического выхода реакций окисления аммония ($270 \text{ кДж/моль } \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{N}$) и нитрита ($80 \text{ кДж/моль } \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}$). В связи с этим, требуется относительно длительное время для накопления этих микроорганизмов в аэротенке, которое следует учитывать при назначении возраста ила.

Минимальный возраст ила t_{TS}^N , сут, при расчетной температуре от 10 °С до 12 °С следует принимать согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.17.3). При значениях температуры более 12 °С возраст ила рассчитывают для систем с нитрификацией по формуле

$$t_{TS}^N = 3,4 \cdot K_3 \cdot 1,103^{(15-T)}, \quad (6.31)$$

где K_3 — коэффициент, учитывающий колебания концентрации соединений азота и значения pH в сточных водах, поступающих на сооружения биологической очистки;

T — расчетная температура сточных вод, °С.

Значение K_3 принимают для сооружений с нагрузкой по БПК₅:

- до 1200 кг/сут — 1,8;
- более 6000 кг/сут — 1,45.
- в интервале от 1200 до 6000 кг/сут — принимается интерполяцией.

Для систем с нитрификацией и денитрификацией возраст ила для температуры выше 12 °С рассчитывают по формуле

$$t_{TS}^{N+D} = 3,4 \cdot K_3 \cdot 1,103^{(15-T)} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{V_D}{V_D + V_N} \right)}. \quad (6.32)$$

6.3.5.3 Процесс денитрификации основан на деструкции ионов нитратов при дыхании микроорганизмов активного ила (био пленки), с поглощением связанных форм кислорода и выделением газообразного азота по выражению



6.3.5.4 Выбор технологической схемы удаления соединений азота следует производить с учетом:

- требований к содержанию соединений азота, в том числе в аммонийной и нитратной форме в очищенных водах;
- требований к удалению других биогенных загрязняющих веществ;
- технологии обработки осадка сточных вод;
- технико-экономических требований.

6.3.5.5 Классификация схем денитрификации основана на количестве используемых при обработке сточных вод независимых иловых систем, с разделением иловой смеси между ступенями обработки осветлительными сооружениями.

Трехиловые схемы денитрификации предполагают использование отдельных емкостных сооружений, отстойников или других сооружений для разделения иловой смеси и систем циркуляции активного ила на каждой из ступеней обработки.

При этом, как правило, одна из ступеней предназначена для деструкции органических примесей, вторая — для нитрификации, третья — для денитрификации.

Двухиловые схемы денитрификации предполагают использование отдельных емкостных сооружений, сооружений для разделения иловой смеси с системами циркуляции активного ила для денитрификации и для деструкции органических примесей и нитрификации.

Одноиловые схемы денитрификации предполагают использование одного состава активного ила для деструкции органических примесей, нитрификации и денитрификации.

Денитрификация при использовании одноиловой схемы может быть реализована в различных вариациях. Процессы нитрификации и денитрификации возможно осуществлять одновременно в одной технологической емкости, разделять за счет использования разных технологических емкостей или при обработке сточных вод в одних и тех же технологических емкостях. Указанные процессы должны разделяться путем чередования фаз обработки по времени.

6.3.5.6 При проведении нитрификации концентрацию кислорода в аэротенке следует поддерживать не ниже 2,0 мг/дм³, pH среды — в пределах от 7,5 до 8,3; нагрузку на ил по органическим загрязняющим веществам — в пределах от 0,02 до 0,15 кг БПК₅/(кг·сут), нагрузку на ил по азоту — в пределах от 0,02 до 0,05 кг N/(кг·сут).

6.3.6 Предварительная денитрификация

6.3.6.1 При предварительной денитрификации следует предусматривать подачу исходных сточных вод в денитрификатор. Для обеспечения подачи нитрата из нитрификатора в денитрификатор следует устраивать рециркуляцию иловой смеси в указанном направлении, а также подавать в денитрификатор возвратный активный ил. Степень рециркуляции иловой смеси с учетом расхода возвратного активного ила следует определять в зависимости от степени удаления нитрата по ТКП 45-4.01-202 (7.6.20).

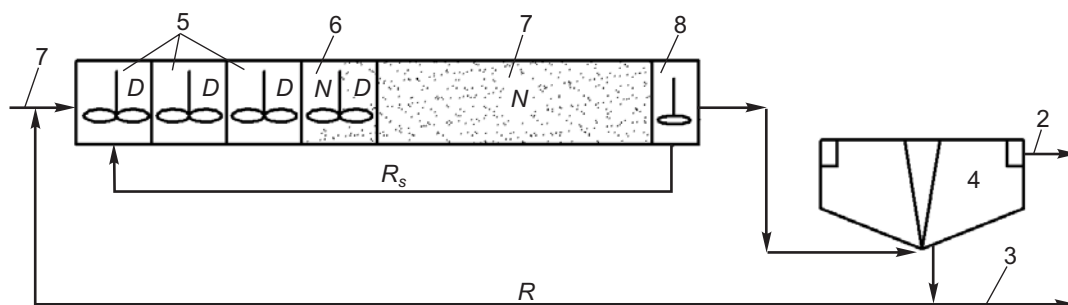
6.3.6.2 При предварительной денитрификации без применения дополнительной обработки рециркулирующей иловой смеси содержание кислорода в нитрификаторе не должно превышать 2 мг/л для снижения выноса кислорода при рециркуляции иловой смеси в денитрификатор и предотвращения ингибирования реакций удаления азота.

Значение внутренней рециркуляции иловой смеси должно быть не более необходимого для достижения требуемой степени денитрификации, во избежание увеличения выноса растворенного кислорода и снижения расхода электроэнергии на перекачку иловой смеси.

6.3.6.3 Технологические емкости для денитрификации и нитрификации могут выполняться секционированными. При выполнении денитрификатора в виде секций емкостей, для повышения гибкости очистки один или два последних отсека по направлению движения потока очищаемых сточных вод следует оснащать как устройствами для перемешивания, так и аэрационными системами. Указанные отсеки следует использовать для увеличения объема нитрификатора и предотвращения снижения интенсивности нитрификации при снижении температуры иловой смеси в холодный период года в соответствии с требованиями СНБ 2.04.02 и [3].

Количество секций следует принимать в зависимости от неравномерности поступления сточных вод на очистные сооружения и интервала колебаний соотношения концентраций азота и БПК₅ в исходных сточных водах.

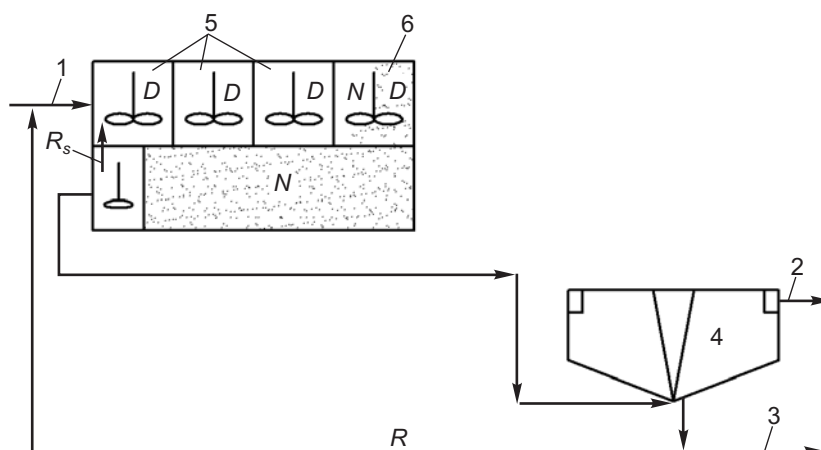
Конфигурация технологических емкостей при предварительной денитрификации может выполняться прямолинейной (рисунок 6.7) или П-образной (рисунок 6.8). При использовании П-образной конфигурации сооружений подача иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор осуществляется через отверстие или патрубок в разделительной стенке между коридорами без устройства дополнительных трубопроводов для внутренней рециркуляции. При использовании коридорных конструкций сооружений биологической очистки для размещения системы предварительной денитрификации рециркуляция иловой смеси может быть организована подачей по трубопроводам, соединяющим смежные коридоры, или подачей через коридор (рисунок 6.9).



R_s — рециркуляция иловой смеси; R — рециркуляция активного ила;
 D — денитрификатор; N — нитрификатор

- 1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник;
 5 — денитрификаторы; 6 — комбинированная секция «нитрификатор — денитрификатор»;
 7 — нитрификатор; 8 — секция для удаления кислорода из иловой смеси

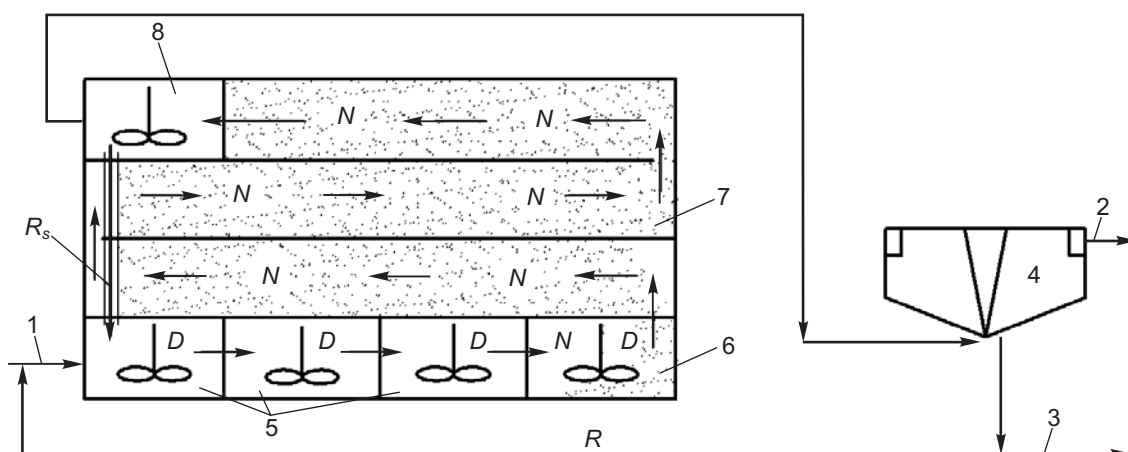
Рисунок 6.7 — Схема предварительной денитрификации с секционированным денитрификатором линейной формы



R_s — рециркуляция иловой смеси; R — рециркуляция активного ила;
 D — денитрификатор; N — нитрификатор

1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник;
 5 — денитрификаторы; 6 — комбинированная секция «нитрификатор — денитрификатор»;
 7 — нитрификатор; 8 — секция для удаления кислорода из иловой смеси

Рисунок 6.8 — Схема предварительной денитрификации с секционированными денитрификаторами П-образной формы



R_s — рециркуляция иловой смеси; R — рециркуляция активного ила;
 D — денитрификатор; N — нитрификатор

1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник;
 5 — денитрификаторы; 6 — комбинированная секция «нитрификатор — денитрификатор»;
 7 — нитрификатор; 8 — секция для удаления кислорода из иловой смеси

Рисунок 6.9 — Схема предварительной денитрификации с секционированными денитрификаторами в сооружениях коридорного типа

Для снижения содержания растворенного кислорода в циркуляционном потоке иловой смеси, подаваемой в денитрификатор, в конце нитрификатора по направлению движения иловой смеси следует устраивать емкости с перемешивающими устройствами без аэрации для поглощения растворенного кислорода (см. рисунки 6.7 – 6.9).

Пример расчета технологических сооружений с предварительной денитрификацией приведен в приложении Р.

6.3.7 Каскадная денитрификация

6.3.7.1 При каскадной денитрификации следует предусматривать две или более ступеней технологических емкостей с активным илом, работающих по принципу предварительной или параллельной денитрификации, через которые последовательно должны проходить очищаемые сточные воды.

6.3.7.2 Поток исходных сточных вод следует разделить и подавать только в денитрификаторы.

6.3.7.3 При проектировании каскадных систем денитрификации следует учитывать, что на каждой последующей ступени требуется денитрифицировать большее количество образующегося нитрата с уменьшающимся притоком органического углерода.

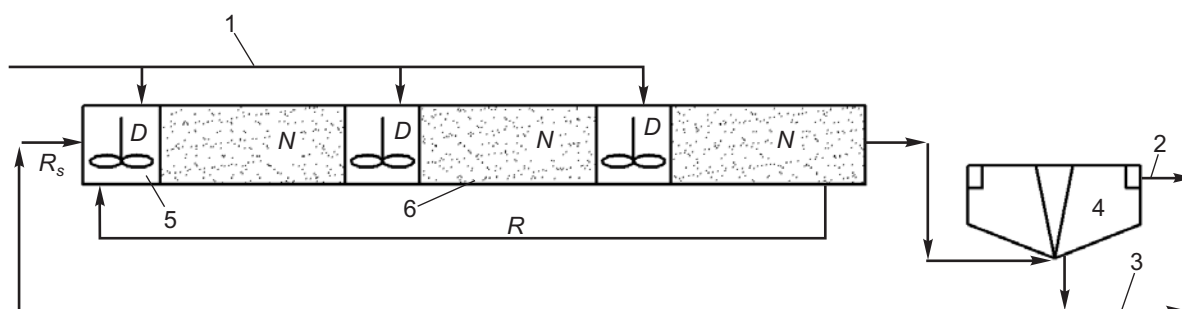
При распределении потока исходных сточных вод по ступеням очистки следует учитывать снижение дозы ила на последующих ступенях очистки. При одинаковых объемах технологических емкостей на всех ступенях и при равномерном распределении расходов исходных сточных вод по ступеням получается различный уровень нагрузки на ил на ступенях технологических емкостей.

Для получения одинакового уровня нагрузки на ил следует предусматривать технологические емкости различных объемов, при одинаковых объемах емкостей следует регулировать распределение исходных сточных вод по денитрификаторам.

При использовании технологических емкостей одинаковых объемов регулирование распределения расхода исходных сточных вод между денитрификаторами должно обеспечивать равномерную нагрузку на ил на отдельных ступенях и одинаковый потенциал нитрификации на всех ступенях. Рекомендуется соотношения между дозами ила на ступенях очистки поддерживать соответственно равными соотношениям между расходами исходных сточных вод, подаваемых в денитрификаторы.

При отсутствии перепадов отметок между ступенями емкостей и при одинаковых отметках дна емкостей для обеспечения требуемого гидравлического уклона рекомендуется предусматривать уменьшение объема емкостей от ступени к ступени.

6.3.7.4 При использовании схемы каскадной денитрификации в условиях высоких концентраций соединений азота в исходных сточных водах следует предусматривать дополнительную рециркуляцию иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор (рисунок 6.10).



R — рециркуляция иловой смеси; R_s — рециркуляция активного ила;
 D — денитрификатор; N — нитрификатор

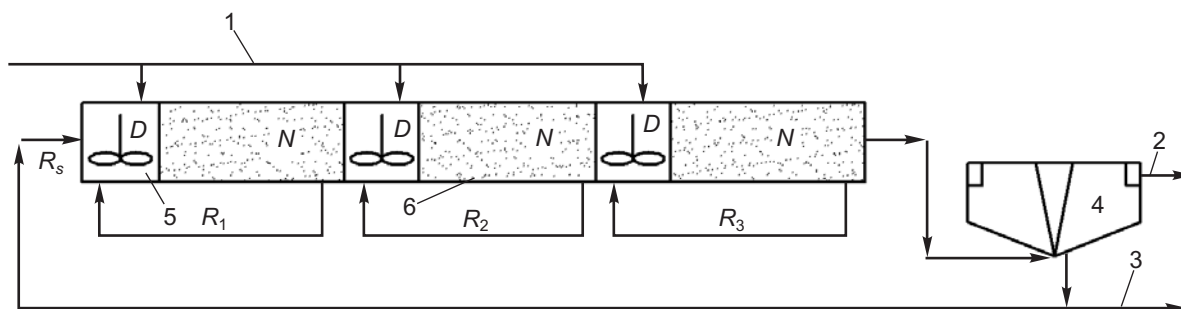
1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;

3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник;

5 — денитрификатор; 6 — нитрификатор

Рисунок 6.10 — Схема каскадной денитрификации с рециркуляцией иловой смеси из последней ступени (нитрификатор) в первую ступень (денитрификатор)

При подаче иловой смеси из нитрификатора последней ступени в денитрификатор первой ступени следует учитывать снижение дозы ила в нем вследствие поступления иловой смеси с меньшим содержанием активного ила, а также изменения соотношения доз ила по ступеням очистки. Для сохранения на ступенях очистки указанных соотношений доз ила внутреннюю рециркуляцию рекомендуется предусматривать между нитрификатором и денитрификатором каждой ступени (рисунок 6.11).



R_s — рециркуляция активного ила; R_1, R_2, R_3 — рециркуляция иловой смеси;
 D — денитрификатор; N — нитрификатор

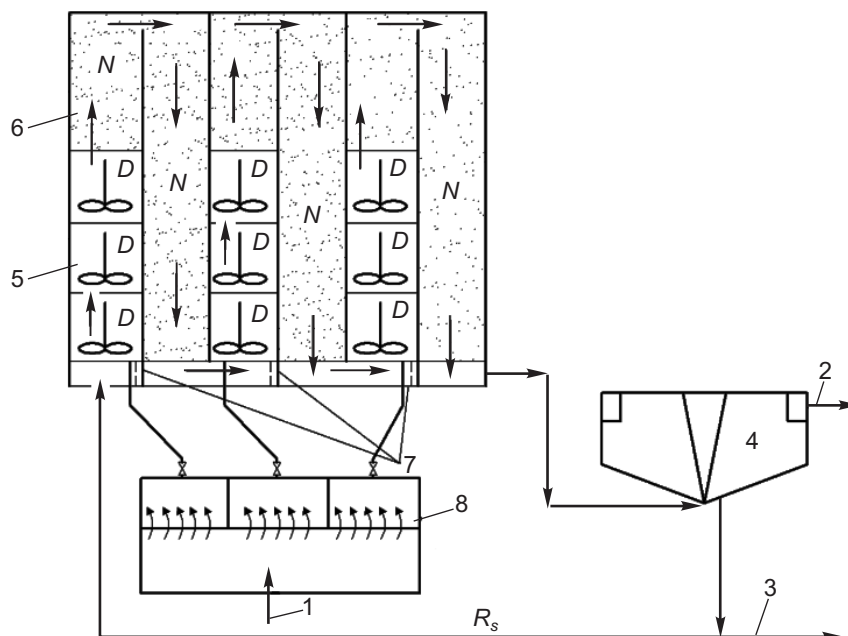
1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник;
 5 — денитрификатор; 6 — нитрификатор

Рисунок 6.11 — Схема каскадной денитрификации с рециркуляцией иловой смеси на каждой ступени

6.3.7.5 Схема каскадной денитрификации с распределением исходных сточных вод может выполняться прямолинейной или П-образной. П-образная схема более технологична для эксплуатации в части обеспечения возможности отключения отдельных ступеней очистки при необходимости проведения регламентных и ремонтных работ.

При дугообразном движении сточных вод по секциям сооружение должно быть оснащено в передней части поперечным желобом с задвижками или шандорными щитами для регулирования поступления сточных вод в секции (рисунок 6.12).

Пример расчета сооружений каскадной денитрификации приведен в приложении С.



R_s — рециркуляция активного ила; D — денитрификатор; N — нитрификатор

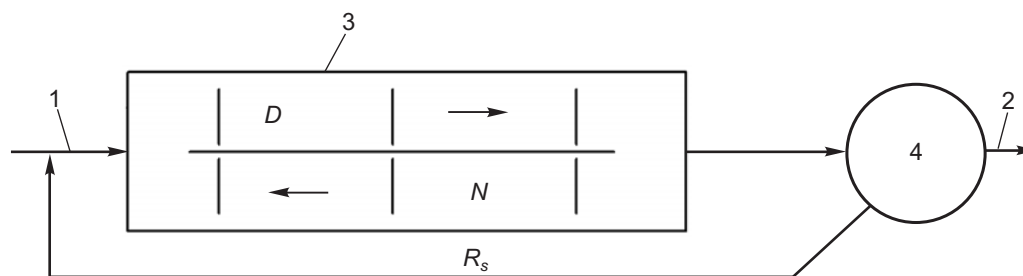
1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник; 5 — денитрификатор;
 6 — нитрификатор; 7 — регулирующие щиты; 8 — распределительная камера

Рисунок 6.12 — Схема каскадной денитрификации с рециркуляцией иловой смеси на каждой ступени сооружений

6.3.8 Параллельная денитрификация

6.3.8.1 При параллельной денитрификации следует предусматривать обработку сточных вод при ее циркуляции через аноксичные и аэробные зоны в циркуляционных окислительных каналах или циркуляционных емкостях круглой или кольцевой формы. Схема организации очистки в циркуляционном канале приведена на рисунке 6.13.

6.3.8.2 Для достижения устойчивого режима очистки при параллельной денитрификации следует предусматривать возможность регулирования интенсивности аэрации в зависимости от изменения концентрации нитрата, аммония, кислорода в иловой смеси или окислительно-восстановительного потенциала.



R_s — рециркуляция активного ила; D — денитрификатор; N — нитрификатор

1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение очищенных сточных вод;

3 — циркуляционный окислительный канал; 4 — вторичный отстойник

**Рисунок 6.13 — Схема параллельной денитрификации
в циркуляционном окислительном канале**

6.3.8.3 При использовании циркуляционных окислительных каналов для параллельной денитрификации с целью организации циркуляции иловой смеси и аэрации допускается использовать щеточные, поверхностные механические аэраторы либо лопастные погружные мешалки в комплексе с пневматическими аэраторами.

6.3.8.4 Конструкция циркуляционных окислительных каналов может быть в плане прямоугольной, прямоугольной с закруглениями, многокоридорной, а также с перегородками и без них.

6.3.8.5 Для снижения гидравлических потерь при циркуляции иловой смеси каналы следует оснащать струенаправляющими перегородками.

6.3.8.6 При использовании для параллельной денитрификации емкостей круглого или кольцевого сечения следует предусматривать ее циркуляцию через аноксичные и аэробные зоны посредством установки с них погружных мешалок и устройства зон аэрации на части площади технологической емкости. Для аэрации следует предусматривать пневматические аэраторы.

6.3.8.7 При оснащении циркуляционных окислительных каналов погружными мешалками для создания циркуляции иловой смеси следует:

- мешалки размещать вне зон аэрации;

- расстояние до зон размещения аэраторов по направлению нагнетания мешалки и в противоположном направлении принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее трехкратного диаметра пропеллера мешалки;

- мешалки размещать вне поворотов каналов, вне площадок размещения струенаправляющих стенок и вне перегородок, вне погружных перегородок и других устройств, создающих гидравлические сопротивления потоку иловой смеси, генерируемому мешалкой;

- расстояние от мешалки до задней стенки циркуляционного канала принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее двукратного диаметра пропеллера мешалки;

- расстояние от плоскости вращения пропеллера мешалки до стенок канала, струенаправляющих перегородок по направлению движения генерируемого потока иловой смеси принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее пятикратного диаметра пропеллера мешалки;

— расстояние от крайней точки пропеллера мешалки до дна циркуляционного канала принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее 0,5 м;

— расстояние от крайней точки пропеллера мешалки до боковых стенок циркуляционного канала принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее 0,5 диаметра пропеллера мешалки;

— расстояние от верхней точки пропеллера мешалки до уровня иловой смеси в циркуляционном канале принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать равными 0,75 диаметра пропеллера мешалки, но не менее 0,8 м;

— при параллельном монтаже двух мешалок в циркуляционном канале минимальное расстояние между крайними точками пропеллеров в плоскостях их вращения и точками вращения принимать по рекомендациям предприятий-изготовителей мешалок. При отсутствии таких сведений указанные расстояния допускается принимать не менее диаметра пропеллера мешалки. В данном случае рекомендуется устанавливать мешалки одинаковой марки, монтаж мешалок осуществлять таким образом, чтобы траектории вращения пропеллеров мешалок располагались в одной плоскости, если другое не предусмотрено рекомендациями предприятий-изготовителей мешалок;

— для монтажа и демонтажа мешалок предусматривать грузоподъемные механизмы с ручным приводом со стационарным их размещением у мест монтажа мешалок. Допускается предусматривать монтаж и демонтаж мешалок мобильными грузоподъемными механизмами.

6.3.8.8 Для перемешивания в анаэробных и аноксичных технологических емкостях следует предусматривать перемешивающие устройства. Перемешивающие устройства должны удовлетворять требованиям ТКП 45-4.01-202 в части достижения необходимых скоростей, предотвращающих осаждение активного ила.

В качестве перемешивающих устройств могут быть использованы мешалки различных типов и, при соответствующем обосновании, другие типы устройств. Возможные схемы размещения различных типов мешалок приведены на рисунке 6.14.

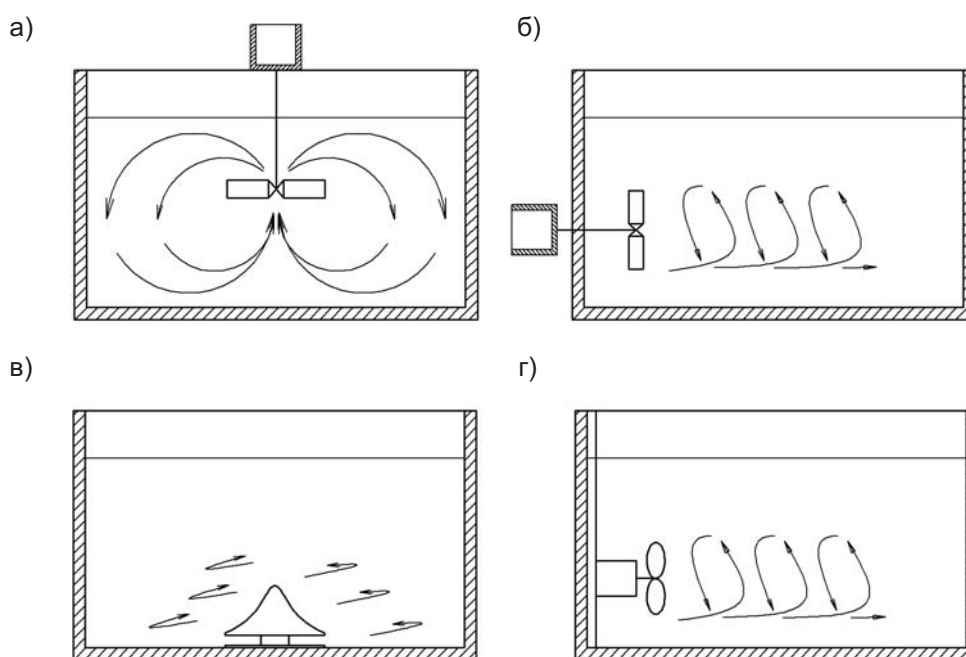


Рисунок 6.14 — Схемы монтажа различных типов мешалок в емкостях:

- а** — лопастная мешалка с вертикальным трансмиссионным валом;
- б** — лопастная мешалка с горизонтальным трансмиссионным валом;
- в** — гиперболическая погружная мешалка;
- г** — лопастная погружная мешалка

При выборе перемешивающих устройств следует учитывать, что перемешивание иловой смеси в анаэробных и аноксичных технологических емкостях не должно приводить к интенсивному поступлению кислорода воздуха в иловую смесь. Перемешивание иловой смеси в циркуляционных каналах следует предусматривать в соответствии с 6.3.5.17 и 6.3.5.21.

6.3.8.9 Погружные мешалки оснащают герметичными двигателями, предназначенными для длительной эксплуатации в среде иловой смеси.

По конструкции погружные мешалки подразделяются на безредукторные (высокоскоростные) и редукторные (низкоскоростные).

Безредукторные погружные мешалки предусматривают прямую передачу крутящего момента с электродвигателя на пропеллер. Мешалки такого типа комплектуют, как правило, двигателями с частотой вращения ротора 1450, 960 и 725 с⁻¹. Мешалки такого типа предусматривают для монтажа в емкостях небольших размеров, имеющих сложные формы, с различными устройствами, смонтированными во внутреннем пространстве емкости.

Редукторные погружные мешалки предусматривают передачу крутящего момента с электродвигателя на пропеллер с использованием понижающего редуктора.

Для снижения частоты вращения пропеллера погружные мешалки оснащают, как правило, простыми или планетарными механическими редукторами.

При выборе мешалок следует учитывать, что при аналогичном перемешивающем воздействии на иловую смесь энергопотребление редукторных мешалок ниже, чем у безредукторных. Как правило, удельное энергопотребление ниже у мешалок с большими диаметрами пропеллеров при прочих равных условиях.

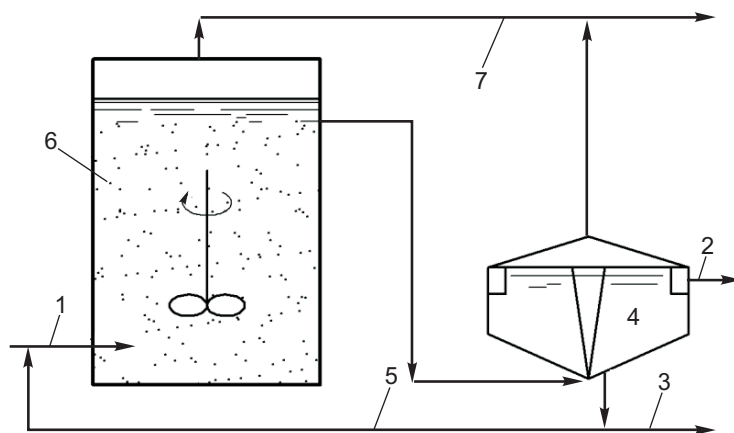
Гиперболические мешалки следует размещать на дне сооружения, как правило, в один ряд. Размещение гиперболических мешалок в два ряда допускается при обосновании и по согласованию с изготовителем.

7 Анаэробная биологическая очистка сточных вод

7.1 Анаэробную биологическую очистку следует предусматривать для обработки сточных вод с высокой концентрацией биологически разлагаемых веществ, а также сточных вод, имеющих повышенную температуру. Способ анаэробной очистки сточных вод следует выбирать в зависимости от состава сточных вод, цели очистки, условий обработки осадка и возможностей утилизации газа, получаемого при сбраживании.

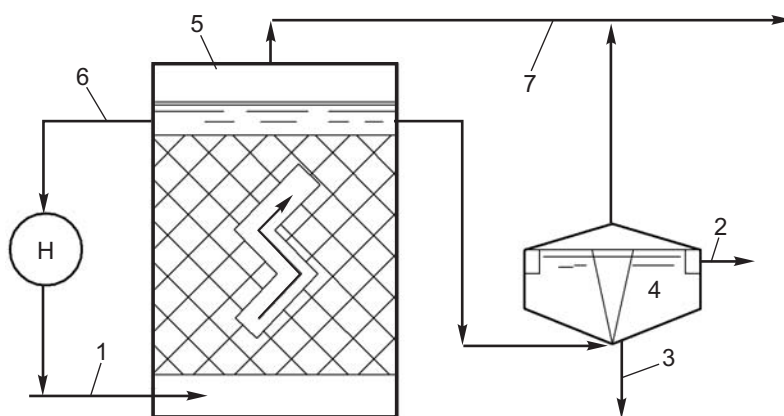
7.2 При проектировании установок анаэробного сбраживания сточных вод следует предусматривать емкости для предварительной обработки исходных вод и для усреднения, а также предусматривать организацию рециркуляции активного ила, проведение гидролиза органических веществ, содержащихся в исходных сточных водах.

7.3 Возможные технологические схемы с использованием различных типов анаэробных реакторов приведены на рисунках 7.1 – 7.4.



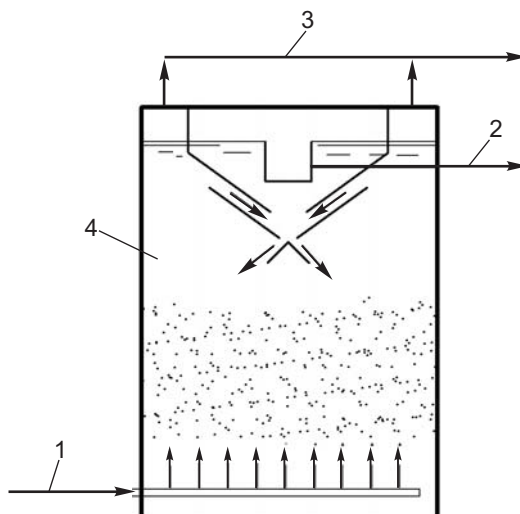
1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение обработанных сточных вод;
3 — отведение избыточного активного ила; 4 — отстойник; 5 — возврат анаэробного активного ила в реактор; 6 — анаэробный контактный реактор; 7 — отведение газа

Рисунок 7.1 — Схема анаэробной очистки сточных вод с использованием контактного реактора



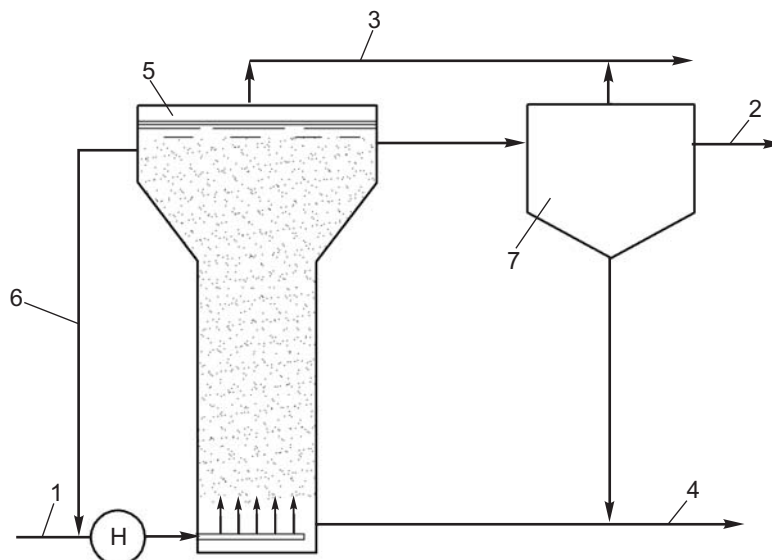
1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение обработанных сточных вод;
3 — отведение избыточного активного ила; 4 — отстойник;
5 — анаэробный биологический фильтр; 6 — рециркуляция; 7 — отведение газа

Рисунок 7.2 — Схема анаэробной очистки сточных вод с использованием биологических фильтров



1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение обработанных сточных вод;
3 — отведение газа; 4 — реактор-отстойник

Рисунок 7.3 — Схема анаэробной очистки сточных вод с использованием реакторов с гранулированной биомассой



1 — подача исходных сточных вод; 2 — отведение обработанных сточных вод;
3 — отведение газа; 4 — отведение избыточного активного ила;
5 — анаэробный реактор; 6 — рециркуляция; 7 — отделение носителя от биомассы

Рисунок 7.4 — Схема анаэробной очистки сточных вод с использованием реакторов с псевдоожиженным слоем ила

При проектировании установок анаэробного сбраживания сточных вод объемную нагрузку по биологически разлагаемым веществам, кг ХПК/(м³·сут), следует определять на основании технологических изысканий и исследований. При отсутствии таких данных объемную нагрузку допускается принимать по таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Рекомендуемые значения объемной нагрузки, кг ХПК/(м³·сут), при анаэробной очистке сточных вод

Тип анаэробного реактора	Объемная нагрузка, кг ХПК/(м ³ ·сут), при температуре сточных вод, °С		
	15–25	30–35	50–60
Контактный реактор	0,5–2,0	2,0–6,0	3,0–9,0
Реактор с гранулированной биомассой	1,0–3,0	3,0–10,0	5,0–15,0
Биологический фильтр с неподвижной загрузкой	1,0–3,0	3,0–10,0	5,0–15,0
Реактор с псевдоожиженным слоем ила	1,0–4,0	4,0–12,0	6,0–18,0

7.4 При использовании анаэробных контактных реакторов обработку сточных вод следует предусматривать в герметичных резервуарах, оборудованных перемешивающими устройствами иловой смеси (см. рисунок 7.1). Высоту реакторов следует принимать от 5 до 10 м, диаметр — от 10 до 40 м, кратность рециркуляции — от 0,5 до 2,0.

Дозу биомассы следует принимать в пределах от 3 до 10 г/дм³. Концентрацию ила, выносимого с обработанными сточными водами, следует принимать в пределах от 20 до 100 мг/дм³. Расход электроэнергии на подачу воды на реактор принимают от 10 до 30 Вт·ч/м³, затраты энергии на перемешивание иловой смеси — от 5 до 15 Вт·ч/м³.

Отводимую в отстойники иловую смесь после реактора, при необходимости, следует подвергать дегазации в вакуумных дегазаторах.

7.5 Очистку сточных вод на анаэробных биологических фильтрах следует производить в сооружениях с погруженной в сточные воды минеральной или пластмассовой загрузкой пористостью от 50 % до 98 % и удельной поверхностью от 60 до 200 м²/м³. Высоту реакторов следует принимать от 4 до 8 м, диаметр — от 6 до 8 м.

Дозу биомассы следует принимать в пределах от 5 до 15 г/дм³. Допускается подача исходных сточных вод как в верхнюю, так и в нижнюю части биологического фильтра (см. рисунок 7.2). Концентрацию ила и биопленки, выносимых с обработанными сточными водами, принимают в пределах от 20 до 300 мг/дм³. Расход электроэнергии на подачу воды на фильтр принимают от 20 до 40 Вт·ч/м³.

7.6 Очистку сточных вод на анаэробных реакторах с гранулированной биомассой следует производить в сооружениях высотой от 2 до 4 м и диаметром от 10 до 40 м, с подачей исходных сточных вод в нижнюю часть реактора. Отведение обработанных сточных вод производят лотками, расположенными в верхней части сооружения и огражденными устройствами, предотвращающими вынос ила с обработанными водами (см. рисунок 7.3). Дозу биомассы следует принимать в пределах от 5 до 20 г/дм³. Концентрацию ила, выносимого с обработанными сточными водами, принимают в пределах от 20 до 100 мг/дм³. Скорость восходящего потока сточных вод принимают от 0,01 до 0,15 м/ч. Расход электроэнергии на подачу воды на реактор принимают от 15 до 30 Вт·ч/м³.

7.7 Очистку сточных вод на анаэробных реакторах с псевдоожиженным слоем ила производят в сооружениях с загрузкой из песка или активированного угля с диаметром зерен от 0,1 до 1,0 мм, с удельной поверхностью от 60 до 200 м²/м³ (см. рисунок 7.4).

Высоту реакторов принимают от 3 до 6 м, диаметр — от 10 до 40 м, кратность рециркуляции — от 5 до 500. Скорость восходящего потока сточных вод принимают от 4 до 8 м/ч.

Площадь сечения верхней расширенной части реактора принимают исходя из гидравлической нагрузки от 0,5 до 1,0 м³/(м²·ч). Дозу биомассы принимают в пределах от 10 до 30 г/дм³.

Концентрацию ила, выносимого с обработанными сточными водами, принимают в пределах от 20 до 100 мг/дм³. Расход электроэнергии на подачу воды на реактор принимают в пределах от 15 до 30 Вт·ч/м³. Расход электроэнергии на рециркуляцию — в пределах от 75 до 3000 Вт·ч/м³.

7.8 При анаэробной очистке сточных вод следует предусматривать поддержание стабильной температуры иловой смеси за счет использования подогревателей. Температуру иловой смеси при мезофильном режиме сбраживания следует поддерживать в пределах (32±2) °С. Режим подогрева следует выбирать в зависимости от времени пребывания сточных вод в анаэробном биологическом реакторе. При кратковременном нахождении сточных вод в реакторе следует подогревать входящий в реактор поток сточных вод. При длительном процессе обработки следует предусматривать подогрев содержимого реактора.

7.9 При проектировании сооружений анаэробной очистки сточных вод следует предусматривать поддержание pH иловой смеси в пределах от 6,8 до 7,2 за счет дозирования в иловую смесь извести при сбраживании сточных вод или кальцинированной соли и гидроксида натрия при обработке сточных вод в реакторах с псевдоожиженным слоем загрузки или гранулированной биомассой.

8 Удаление фосфора

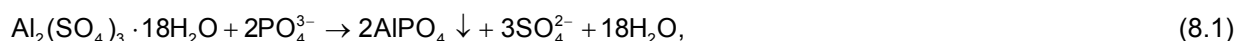
8.1 Реагентное осаждение фосфора

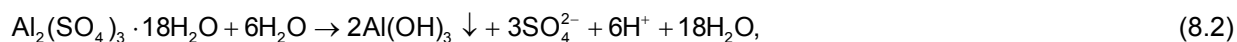
8.1.1 Выбор метода удаления фосфора следует производить с учетом:

- требований к содержанию соединений фосфора в очищенных водах;
- используемой технологии очистки от других биогенных загрязняющих веществ;
- технологии обработки осадка сточных вод;
- технико-экономических требований.

8.1.2 Реагентная обработка основана на снижении содержания растворимых соединений фосфора в результате химических реакций реагента с ионами фосфатов с образованием нерастворимых соединений и перевода их в осадок, а также в результате сорбции соединений фосфора хлопьями гидроксидов металлов. Для осаждения фосфора в качестве реагентов могут быть использованы известь, соли железа и алюминия, а также другие минеральные коагулянты. Для реагентной обработки допускается использование отходов производств, шламов, содержащих соли железа и алюминия, которые не оказывают токсикологического воздействия на процесс биологической очистки и не приводят к поступлению в очищаемые воды дополнительных загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих допустимые [3] по условиям отведения сточных вод в природные водные объекты согласно [3].

8.1.3 При использовании в качестве реагента сульфата алюминия (Al₂(SO₄)₃ · 18H₂O) происходят следующие химические реакции:

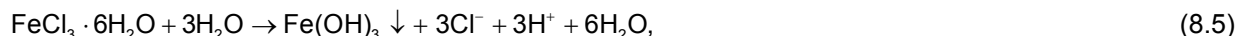




При приготовлении указанного реагента pH рабочего раствора следует поддерживать в пределах от 5,0 до 7,5. Применение реагента допускается при предварительном, параллельном и последующем осаждении фосфора.

8.1.4 Для осаждения фосфора применяют соединения железа в виде солей двухвалентного железа: сульфата (FeSO_4), хлорида (FeCl_2); солей трехвалентного железа: сульфата ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), хлорида (FeCl_3); комплексной соли (FeClSO_4).

При дозировании железа в виде трехвалентного иона происходят следующие химические реакции:



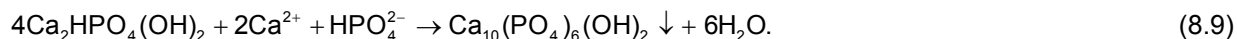
При приготовлении рабочего раствора FeSO_4 показатель pH следует поддерживать в пределах от 3,5 до 6,5.

При использовании двухвалентных солей железа следует предусматривать:

- аэрацию рабочего раствора реагента для окисления двухвалентных соединений железа до трехвалентных форм;
- дозирование реагента в емкости, где аэрация предусмотрена обработкой сточных вод (аэротенки, преаэраторы, усреднители с барботажным перемешиванием);
- дозирование совместно с известью.

Применение солей трехвалентного железа допускается при предварительном, параллельном и последующем осаждении фосфора. Применение солей двухвалентного железа рекомендуется при параллельном осаждении, а также при предварительном осаждении в случае использования преаэраторов.

8.1.5 Осаждение фосфора ионами кальция производят при дозировании раствора извести с образованием малорастворимых соединений в результате следующих реакций:



При приготовлении рабочего раствора извести показатель pH следует поддерживать в пределах от 10 до 12. Применение извести допускается при предварительном последующем осаждении.

8.1.6 Прямое осаждение фосфора применяют при очистке сточных вод физико-химическими методами без использования биологической очистки. Схема приведена на рисунке 8.1.

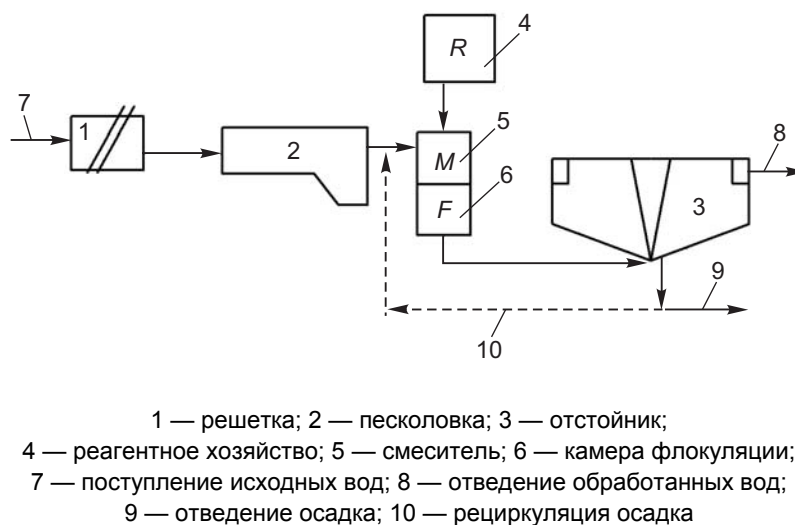


Рисунок 8.1 — Схема прямого осаждения соединений фосфора

Дозирование реагентов производят с учетом осаждения, кроме фосфорных соединений, других загрязняющих веществ. В качестве реагентов применяют коагулянты на основе двухвалентного железа (Fe^{2+}) совместно с известью ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Дозы реагентов устанавливают на основании данных исследований осаждения на конкретных сточных водах. Перед дозированием реагентов допускается установка дополнительного отстойника для снижения их расхода. Длительность нахождения сточных вод в камере флокуляции следует принимать в пределах от 15 до 20 мин.

При использовании данного метода происходит снижение содержания взвешенных веществ до 90 %, органических веществ, оцениваемых по БПК₅, — до 75 %, общего фосфора — до 90 %; общего азота — до 25 %.

8.1.7 Предварительное осаждение фосфора осуществляют при дозировании реагентов в поток сточных вод, поступающих на первичный отстойник, или на песколовку. Допускается также дозирование реагентов в песколовку (рисунок 8.2).

Длительность нахождения сточных вод в первичном отстойнике принимают в пределах от 1,5 до 2,0 ч при гидравлической нагрузке не более $1,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Дозирование следует производить таким образом, чтобы показатель pH сточных вод находился в пределах от 6 до 9.

При предварительном осаждении достигается снижение содержания общего фосфора до 70 %, содержание органических веществ, оцениваемых по БПК₅, в воде, отводимой после первичных отстойников, уменьшается на 50 % – 60 %. Дополнительный объем осадка, образующийся при предварительном осаждении, составляет от 20 % до 50 %.

В случае использования предварительного осаждения следует учитывать снижение содержания взвешенных веществ и БПК₅ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, и назначать размеры и параметры сооружений биологической очистки с учетом уменьшения концентраций загрязняющих веществ. Дозы реагентов при предварительном осаждении фосфора следует принимать в соответствии с требованиями 8.1.10.

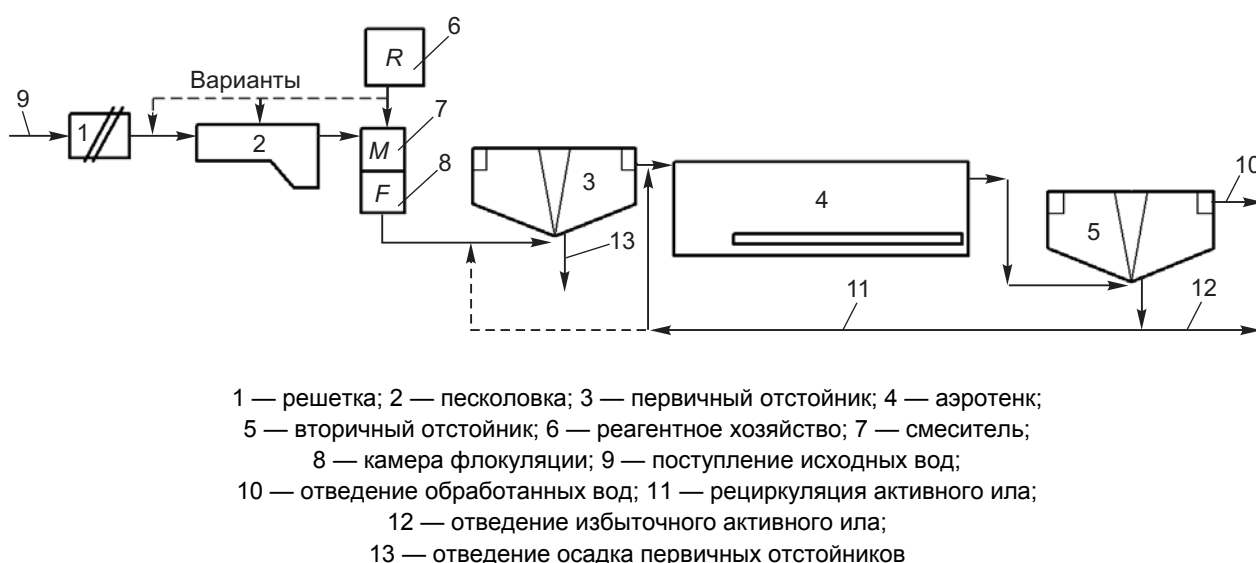
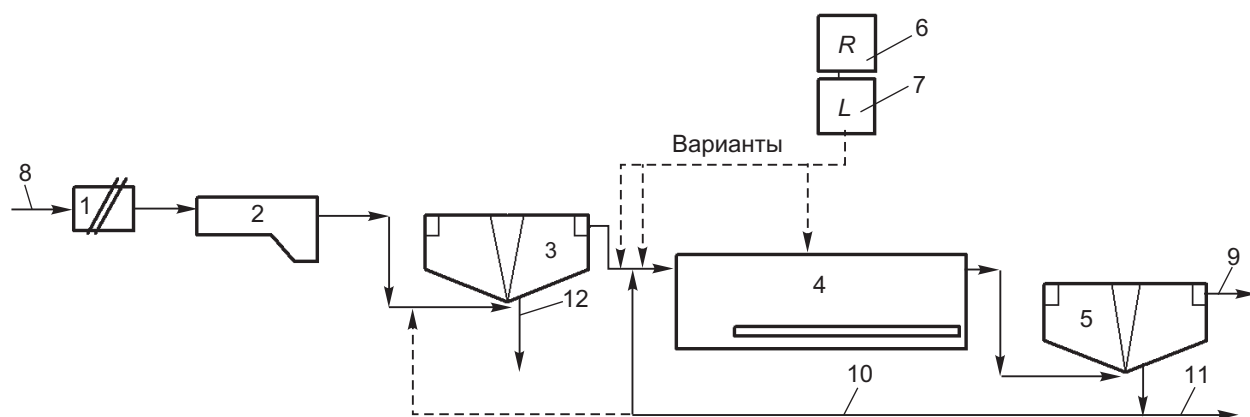


Рисунок 8.2 — Схема предварительного осаждения соединений фосфора

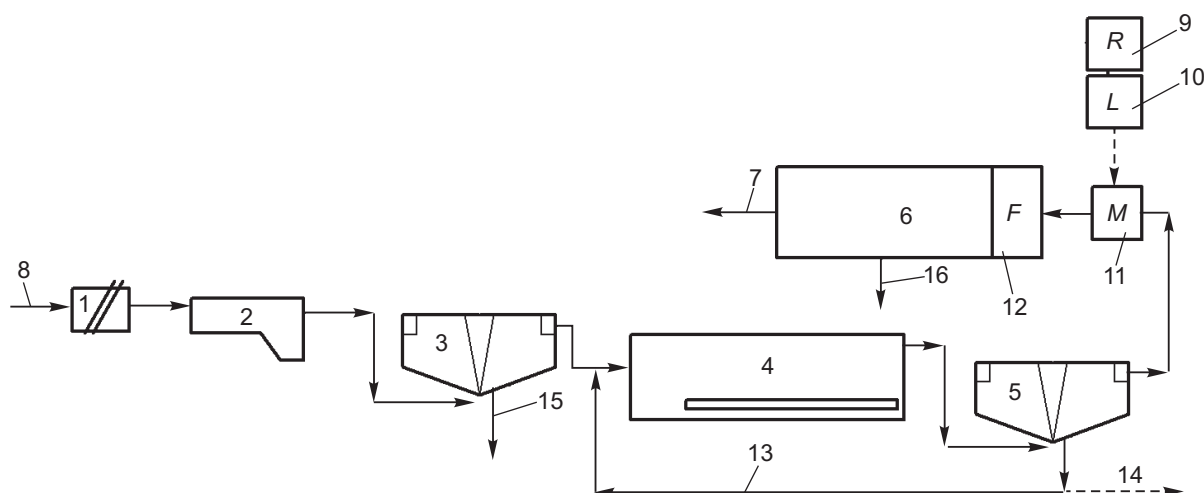
8.1.8 Параллельное осаждение фосфора производят дозированием реагентов непосредственно в аэротенки или в поток сточных вод, поступающих в аэротенки (рисунок 8.3). Длительность нахождения сточных вод в аэротенке при параллельном осаждении фосфора следует устанавливать не менее 4 ч, для очищенных сточных вод во вторичных отстойниках — не менее 3 ч при гидравлической нагрузке, не превышающей $1,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Дополнительный объем осадка, образующийся при параллельном осаждении, не должен превышать 40 %.



- 1 — решетка; 2 — песколовка; 3 — первичный отстойник; 4 — аэротенк;
 5 — вторичный отстойник; 6 — реагентное хозяйство; 7 — накопитель для раствора реагента;
 8 — поступление исходных вод; 9 — отведение обработанных вод;
 10 — рециркуляция активного ила; 11 — отведение избыточного активного ила;
 12 — отведение осадка первичных отстойников

Рисунок 8.3 — Схема параллельного осаждения соединений фосфора

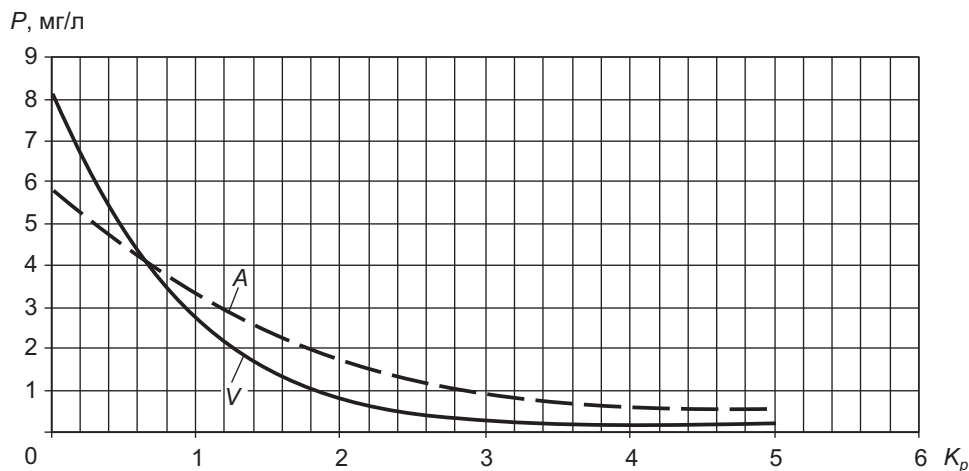
8.1.9 Последующее осаждение фосфора осуществляют обработкой сточных вод реагентами с их дозированием в поток, отводимый от вторичных отстойников (рисунок 8.4). Длительность нахождения сточных вод в смесителе и камере флокуляции следует принимать 0,5 ч. Длительность пребывания сточных вод в отстойнике для выделения осадка принимают от 2,0 до 2,5 ч, при гидравлической нагрузке — от 0,7 до 1,0 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Дополнительный объем осадка, образующийся при последующем осаждении, составляет от 20 % до 50 %. При использовании флотации длительность нахождения сточных вод во флотаторе принимают от 0,6 до 0,8 ч, при гидравлической нагрузке — от 3,0 до 6,0 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.



- 1 — решетка; 2 — песколовка; 3 — первичный отстойник; 4 — аэротенк;
 5 — вторичный отстойник; 6 — отстойник для осаждения фосфорных соединений;
 7 — отведение обработанных вод; 8 — поступление исходных вод; 9 — реагентное хозяйство;
 10 — накопитель для раствора реагента; 11 — смеситель; 12 — камера флокуляции;
 13 — рециркуляция активного ила; 14 — отведение избыточного активного ила;
 15 — отведение осадка первичных отстойников;
 16 — отведение осадка, полученного реагентным осаждением

Рисунок 8.4 — Схема последующего осаждения соединений фосфора

8.1.10 Дозы реагентов при предварительном, параллельном и последующем осаждении фосфора следует принимать на основании данных технологических изысканий, результатов научных исследований, включая результаты, полученные при очистке сточных вод на экспериментальных и опытных установках. При отсутствии указанных выше данных дозы реагентов допускается принимать по графикам зависимости коэффициента K_p от концентрации общего фосфора в очищенных сточных водах, приведенным на рисунке 8.5.



A — предварительное и параллельное осаждение; V — последующее осаждение

Рисунок 8.5 — Графики для определения коэффициента K_p в зависимости от концентрации общего фосфора в очищенных сточных водах

Значение коэффициента рассчитывают как отношение стехиометрических коэффициентов химических реакций осаждения по формуле

$$K_p = \frac{Me}{P}, \quad (8.10)$$

где Me — количество металла (Fe или Al), расходуемого на химическое осаждение фосфора, моль;
 P — количество фосфора, осаждаемого при проведении реакции, моль.

8.1.11 Для предотвращения угнетающего воздействия реагентов на микроорганизмы активного ила при параллельном осаждении фосфора их дозы не должны превышать значения, приведенные в ТКП 45-4.01-202 (7.6.18.5).

8.1.12 Осаждение соединений фосфора фильтрованием с флокуляцией следует предусматривать при высоких требованиях к концентрации фосфора (от 0,3 до 0,5 мг/дм³) в очищенных водах. Указанные концентрации достижимы при проведении параллельного или последующего осаждения и дополнительной последующей обработке фильтрованием с флокуляцией.

При дополнительной обработке фильтрованием с флокуляцией следует предусматривать дозирование солей трехвалентного железа в сочетании с полиэлектролитными флокулянтами. При обработке сточных вод следует предусматривать их интенсивное перемешивание с реагентами в течение от 0,1 до 1,0 с, далее — выдерживание в течение от 10 до 30 мин для образования флоккул. При фильтровании предусматривают двухслойные фильтры с зернистой загрузкой.

Расчет конструктивных элементов фильтров следует производить согласно ТКП 45-4.01-202 (раздел 9) с учетом нижеследующих требований: верхний слой следует принимать высотой 1,5 м из дробленого антрацита с диаметром зерен от 1,6 до 2,5 мм, нижний — высотой 0,4 м из кварцевого песка с диаметром зерен от 0,7 до 1,2 мм. Скорость фильтрования принимают в пределах от 4 до 6 м/ч. Промывку предусматривают водовоздушную.

8.2 Биологическое удаление фосфора

8.2.1 Биологическое удаление фосфора основано на выдерживании микроорганизмов активного ила со сточными водами в анаэробных условиях, в которых происходит выделение фосфора из клеток микроорганизмов в сточные воды, с последующей обработкой иловой смеси в аэробных условиях при интенсивном поглощении фосфора микроорганизмами из сточных вод и с последующим частичным удалением соединений фосфора с избыточным активным илом.

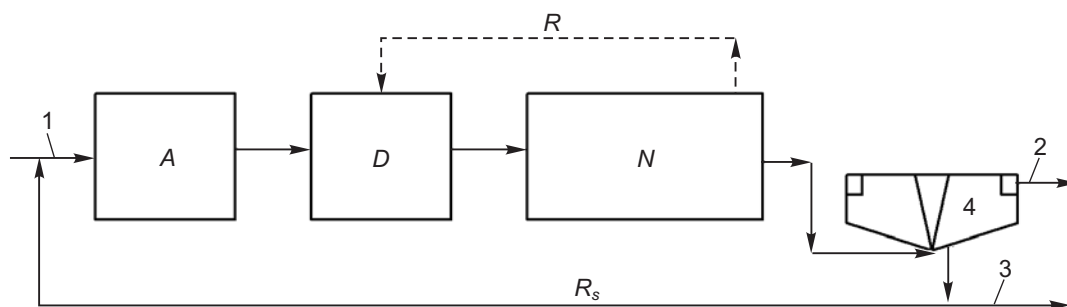
8.2.2 Биологическое удаление фосфора из сточных вод может осуществляться с параллельным удалением азота денитрификацией или без денитрификации.

При проектировании сооружений с биологическим удалением фосфора следует избегать поступления растворенного кислорода и нитратов в потоках поступающих на очистку сточных вод и рециркуляционного активного ила, направляемого в анаэробную емкость.

При проектировании сооружений с биологическим удалением фосфора и денитрификацией следует предусматривать такую конфигурацию сооружений, при которой технологическая емкость с аэробными условиями (аэротенк, нитрификатор) находится на завершающей ступени биологической очистки перед вторичным отстойником.

8.2.3 Для снижения концентрации нитрата, поступающего в анаэробную емкость, следует:

— устраивать емкость в начале технологической схемы биологической очистки (рисунок 8.6);

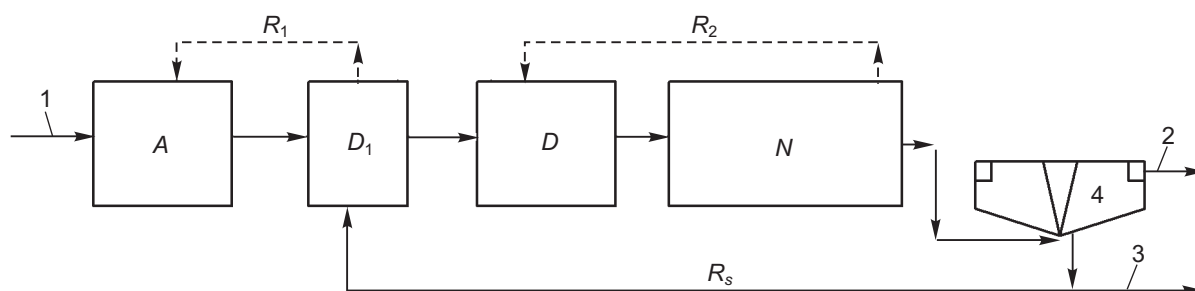


A — анаэробная технологическая емкость; D — денитрификатор; N — нитрификатор;
 R — рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор; R_s — рециркуляция активного ила

1 — поступление исходных вод; 2 — отведение обработанных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник

Рисунок 8.6 — Схема биологического удаления соединений фосфора подачей сточных вод и рециркуляционного активного ила в анаэробную емкость

— направлять поток циркуляционного активного ила в промежуточную емкость с анаэробными условиями для удаления нитрата с организацией дополнительного циркуляционного потока иловой смеси из указанной емкости в анаэробную (рисунок 8.7), с расположением дополнительной анаэробной емкости в схеме очистки сточных вод между анаэробной емкостью и денитрификатором;

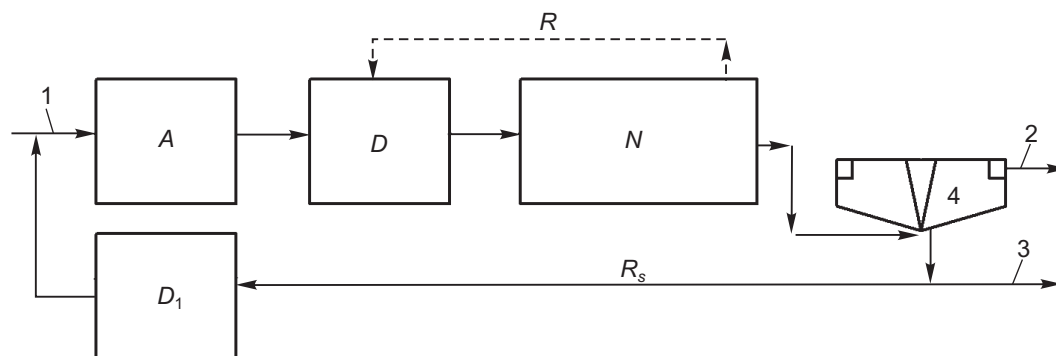


A — анаэробная технологическая емкость; D — денитрификатор;
 D_1 — денитрификатор для рециркуляционного активного ила; N — нитрификатор;
 R_1 — рециркуляция иловой смеси из денитрификатора D_1 в анаэробную емкость;
 R_2 — рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор; R_s — рециркуляция активного ила

1 — поступление исходных вод; 2 — отведение обработанных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник

Рисунок 8.7 — Схема биологического удаления соединений фосфора с предварительной обработкой рециркуляционного активного ила со сточными водами в денитрификаторе (технологическая схема «УСТ»)

— направлять поток циркуляционного активного ила перед его поступлением в анаэробную емкость для удаления нитрата в отдельную емкость с аноксичными условиями (рисунок 8.8), которую устраивают вне схемы очистки сточных вод;

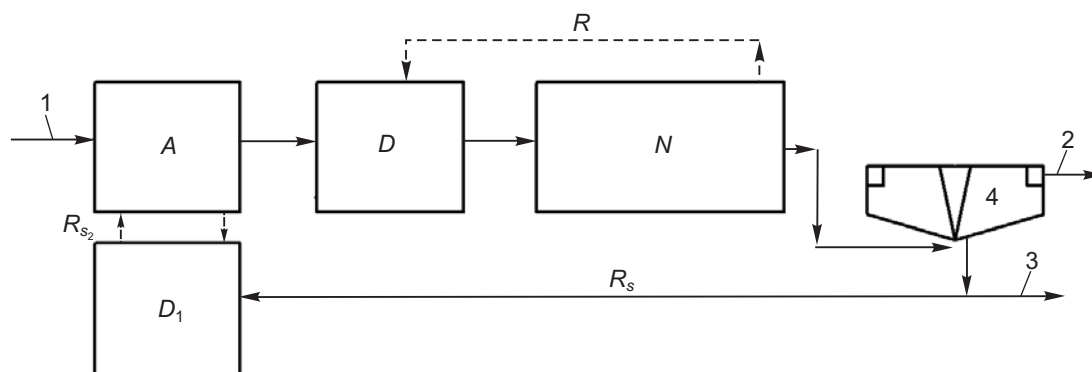


A — анаэробная технологическая емкость; *D* — денитрификатор;
*D*₁ — денитрификатор для рециркуляционного активного ила; *N* — нитрификатор;
R — рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор;
*R*_s — рециркуляция активного ила

1 — поступление исходных вод; 2 — отведение обработанных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник

Рисунок 8.8 — Схема биологического удаления соединений фосфора с предварительной обработкой рециркуляционного активного ила в отдельном денитрификаторе (технологическая схема «JHB»)

— направлять поток циркуляционного активного ила для удаления нитрата в отдельную дополнительную емкость с аноксичными условиями (рисунок 8.9), устраиваемую параллельно анаэробной, с организацией циркуляции иловой смеси между ними.



A — анаэробная технологическая емкость; *D* — денитрификатор;
*D*₁ — денитрификатор для рециркуляционного активного ила; *N* — нитрификатор;
R — рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор;
*R*_s — рециркуляция активного ила;
*R*_{s2} — рециркуляция иловой смеси между денитрификатором *D*₁ и анаэробной емкостью

1 — поступление исходных вод; 2 — отведение обработанных вод;
 3 — отведение избыточного активного ила; 4 — вторичный отстойник

Рисунок 8.9 — Схема биологического удаления соединений фосфора с предварительной обработкой рециркуляционного активного ила в денитрификаторе с устройством рециркуляции иловой смеси между денитрификатором и анаэробной емкостью (технологическая схема «ISAH»)

8.2.4 Для достижения высокой степени удаления соединений фосфора биологическим способом в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, следует поддерживать отношение концентрации общего фосфора к значению БПК₅ (Р/БПК₅) в пределах от 0,01 до 0,03, отношение концентрации азота общего к значению БПК₅ (N/БПК₅) — не более 0,25. Для увеличения содержания легкоокисляемых органических соединений в сточных водах, поступающих в анаэробную емкость, допускается производить частичное сбраживание осадка первичных отстойников. С указанной целью допускается подача части расхода избыточного активного ила в первичные отстойники для сбраживания вместе с осадком.

Для снижения концентрации соединений фосфора в возвратных сточных водах, образующихся при обработке осадка (фугаты, иловая вода), следует предусматривать механическое уплотнение избыточного активного ила, механическое обезвоживание или обработку иловой воды осаждением фосфора.

9 Биологическая очистка с разделением иловой смеси мембранными фильтрами

9.1 Биологическую очистку с разделением иловой смеси и очищенных вод мембранными фильтрами вместо вторичного отстаивания следует предусматривать при повышенных требованиях к степени очистки по содержанию взвешенных веществ (менее 1,0 мг/дм³) и микроорганизмов, в том числе при необходимости повторного использования очищенных сточных вод.

9.2 Разделение иловой смеси следует предусматривать путем подачи иловой смеси на мембранные фильтры, смонтированные в аэрируемых частях технологических емкостей с активным илом или отдельных емкостях, предназначенных для размещения мембранных фильтров. При размещении мембранных фильтров в отдельных емкостях подачу иловой смеси в них следует предусматривать с использованием насосов. Допускается подача иловой смеси на мембранные фильтры путем создания пониженного давления в линии отведения фильтрата или перепада давления с использованием вакуум-насосов.

9.3 При биологической очистке с разделением иловой смеси на мембранных фильтрах следует предусматривать механическую очистку сточных вод, включающую процеживание на решетках с прозорами не более 3 мм, а также очистку на песколовках. При использовании мембранных капиллярных фильтров после песколовок следует предусматривать обработку сточных вод на ситах или барабанных сетках с размерами отверстий не более 0,5 мм.

9.4 Дозу ила в сооружениях биологической очистки при биологической очистке с разделением иловой смеси на мембранных фильтрах следует принимать в пределах от 8 до 15 г/дм³. Возраст ила следует принимать по ТКП 45-4.01-202 (7.6.17.3) в зависимости от цели обработки. При расчетах и выборе аэраторов и для оснащения технологических сооружений иловой смесью следует учитывать дополнительный расход воздуха на перемешивание и снижение степени использования кислорода воздуха из-за увеличения вязкости и плотности иловой смеси.

При увеличении дозы ила от 2,5 г/дм³ до 8,0 г/дм³ степень использования кислорода воздуха снижается в 1,5 раза, до 10 г/дм³ — в 1,8 раза, при дозе ила 15 г/дм³ — в 2,7 раза.

При расчетах и выборе перемешивающего оборудования для оснащения технологических сооружений иловой смесью следует учитывать увеличение требуемой мощности на перемешивание вследствие увеличения вязкости и плотности иловой смеси.

9.5 При размещении мембранных фильтров в отдельной емкости, их следует оснащать системами мелкопузырчатой аэрации с размещением аэраторов под блоками мембранных фильтров для снижения интенсивности кольматации пор фильтров примесями и предотвращения их обрастания активным илом. Интенсивность аэрации и расстояние от аэраторов до мембранных фильтров следует принимать по рекомендациям производителей мембранных фильтров.

10 Сооружения для очистки сточных вод малой производительности

10.1 Общие положения

10.1.1 Для очистки сточных вод небольших поселков, отдельно стоящих предприятий, зон отдыха, фермерских хозяйств, массивов малоэтажной застройки и т. п. рекомендуется применение компактных установок заводского изготовления в соответствии с требованиями ТКП 17.14-01, СТБ 17.17.07-01, СТБ EN 12566-1, СТБ EN 12566-3, СТБ EN 12566-4.

10.1.2 Применение сооружений биологической очистки сточных вод в условиях, близких к естественным (полей фильтрации, полей подземной фильтрации, вентилируемых площадок подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей, биологических прудов, грунтово-растительных биофильтров), следует согласно требованиям ТКП 45-4.01-202.

10.1.3 Проектирование полей подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей следует выполнять в соответствии с ТКП 45-4.01-51. Проектирование полей орошения следует выполнять в соответствии с ТКП 45-3.04-178.

10.2 Вентилируемые площадки подземной фильтрации

10.2.1 Вентилируемые площадки подземной фильтрации предназначены для очистки предварительно осветленных в септиках сточных вод путем фильтрования в слое фильтрующей загрузки и грунте.

10.2.2 Вентилируемые площадки подземной фильтрации следует устраивать в песчаных, супесчаных и суглинистых грунтах, при расположении отметки подошвы фильтрующего основания выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1 м.

Вентилируемые площадки подземной фильтрации следует устраивать в грунте на искусственном фильтрующем основании с толщиной слоя от 400 до 500 мм.

В качестве материала фильтрующей загрузки следует принимать гравий, шлак, щебень с крупностью зерен от 10 до 15 мм.

Над слоем фильтрующей загрузки следует предусматривать вентилируемую полость путем устройства перекрытий из П-образных железобетонных плит или лотков. Высоту воздушного слоя над фильтрующей загрузкой следует принимать не менее 0,4 м.

10.2.3 Распределение сточных вод по поверхности фильтрующей загрузки следует предусматривать с помощью лотков из труб круглого сечения с диаметром не менее 150 мм.

При ширине площадки более 1,5 м следует назначать несколько распределительных лотков, укладываемых параллельно. При этом расстояние между лотками, при их параллельном монтаже, принимают не более 1 м.

10.2.4 Для притока воздуха в вентилируемую полость площадки подземной фильтрации следует предусматривать вентиляционные стояки из труб диаметром не менее 100 мм, размещаемые по краям площадки.

Полость площадки подземной фильтрации над слоем фильтрующей загрузки должна вентилироваться через стояки, вытяжная часть которых выводится через плиту перекрытия на высоту не менее 0,5 м над уровнем земли.

10.2.5 Площадь вентилируемых площадок подземной фильтрации следует принимать в зависимости от гидравлической нагрузки q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, указанной в таблице 10.1.

При среднесуточной норме водоотведения более $150 \text{ дм}^3/(\text{чел} \cdot \text{сут})$, а также для объектов сезонной эксплуатации допустимую гидравлическую нагрузку q , указанную в таблице 10.1, допускается увеличивать на 20 %.

Таблица 10.1 — Допустимая гидравлическая нагрузка q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$

Грунт	Расстояние от отметки подошвы фильтрующей площадки до отметки максимального уровня грунтовых вод, м			
	от 1,0 до 1,5 включ.	св. 1,5 до 2,0 включ.	св. 2,0 до 3,0 включ.	св. 3,0
Пески	0,110	0,130	0,150	0,180
Супеси	0,040	0,050	0,060	0,070
Легкие суглинки	0,015	0,020	0,025	0,030

Пример расчета вентилируемых площадок подземной фильтрации приведен в приложении Т.

10.3 Грунтовые фильтрационные площадки для доочистки сточных вод

10.3.1 Грунтовые фильтрационные площадки следует предусматривать для доочистки сточных вод или очистки малозагрязненных сточных вод фильтрованием через слой основания земляных сооружений из естественного или искусственного (насыпного) грунта.

10.3.2 Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на грунтовые фильтрационные площадки для очистки, определяются в соответствии с природоохранными требованиями [3] с учетом эффективности очистки и данных, приведенных в таблице 10.2.

Таблица 10.2 — Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на грунтовые фильтрационные площадки

Наименование	Требование
Плавающие примеси и организмы, определяемые визуально	Не предъявляется
Взвешенные вещества	Не более 20 мг/дм ³ в среднем за инфильтрационный цикл; не более 50 мг/дм ³ в поступающих сточных водах в течение периода, не превышающего 3 сут
БПК ₅	Не более 20 мг/дм ³
рН	От 6,5 до 8,5
Железо общее	Не более 3,0 мг/дм ³
Растворенный кислород, мг/дм ³	90 % от полного насыщения
Жесткость, минерализация, содержание химических веществ	По природоохранным нормативам согласно [3], [4] с учетом условий смешения с водой природных водных объектов — приемников очищенных сточных вод

При содержании в исходных сточных водах токсичных веществ требования к их концентрациям устанавливают в каждом конкретном случае в зависимости от условий отведения сточных вод в природные водные объекты или требований к качеству очищенных сточных вод при их повторном использовании.

За эффективность очистки сточных вод на грунтовых фильтрационных площадках следует принимать:

- снижение содержания органических веществ по БПК₅ до 85 % – 90 %;
- снижение концентрации взвешенных веществ до 3 мг/дм³;
- снижение содержания поверхностно-активных веществ (далее — ПАВ) до 60 %;
- снижение содержания нефтепродуктов до 90 %.

Остаточную концентрацию растворенного кислорода в очищенных водах следует принимать в теплый период — 3 мг/дм³, в холодный период — 4 мг/дм³.

10.3.3 Отведение очищенных сточных вод после грунтовых фильтрационных площадок должно регламентироваться в соответствии с природоохранными требованиями [3]. По согласованию с органами государственного санитарного надзора допускается не предусматривать обеззараживание очищенных сточных вод. При необходимости обеззараживание следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (раздел 8).

10.3.4 Параметры грунтовых фильтрационных площадок следует принимать исходя из:

- гидрогеологических условий площадки строительства сооружений и свойств грунтов или материалов, используемых для фильтрующего основания (гранулометрический состав грунтов, эквивалентный диаметр, коэффициент фильтрации, механическая прочность и химическая стойкость);
- суточного расхода очищаемых сточных вод, м³/сут;
- показателей качества сточных вод, поступающих на грунтовые фильтрационные площадки сточных вод (содержание взвешенных веществ, БПК₅, рН, содержание растворенного кислорода, температура, общее микробное число, количество колиформных бактерий).

10.3.5 Грунтовые фильтрационные площадки следует проектировать в виде прямоугольных в плане земляных карт трапецеидального сечения с водонепроницаемыми откосами. Фильтрующее основание карт грунтовых фильтрационных площадок, как правило, оснащают дренажной системой.

При наличии грунтовых вод на глубине более 6 м, при залегании в основании проницаемых грунтов большой мощности с коэффициентом фильтрации не менее 3 м/сут, допускается, при соответствующем обосновании, не предусматривать устройство дренажной системы.

При залегании грунтовых вод на глубине менее 1,5 м от поверхности земли карты грунтовых фильтрационных площадок устраивают на насыпном основании таким образом, чтобы дно карты было выше уровня грунтовых вод более чем на 1,5 м.

10.3.6 Глубина карт не должна превышать 1,5 м и должна приниматься в зависимости от геологических, топографических и климатических условий. Превышение верха откоса над максимальным уровнем воды на карте следует принимать в пределах от 0,3 до 0,5 м.

Обвалование карт допускается производить грунтом, извлекаемым из выемки при строительстве, с проведением мероприятий по предотвращению водопроницаемости откосов. Укрепление откосов карт следует предусматривать в зависимости от фильтрационных свойств грунтов (бетонными, железобетонными плитами, посевом трав), с предварительным уплотнением грунта.

10.3.7 Полезная площадь грунтовых фильтрационных площадок должна определяться по суточному расходу очищаемых сточных вод $Q_{\text{расч}}$, м³/сут, и гидравлической нагрузке q_r , м³/(м²·сут), по формуле

$$F = K \cdot \frac{Q_{\text{расч}}}{q_r}, \quad (10.1)$$

где K — коэффициент резервирования; следует принимать равным:

1,3 — при гидравлической нагрузке q_r , м³/(м²·сут) менее 0,10;

1,2 — то же более 0,10;

q_r — гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут).

Гидравлическую нагрузку с учетом зимнего намораживания следует принимать на основании фильтрационных исследований грунтов оснований. Допускается принимать гидравлическую нагрузку по таблице 10.3.

Таблица 10.3 — Допустимая гидравлическая нагрузка грунтовых фильтрационных площадок в зависимости от коэффициента фильтрации

Коэффициент фильтрации, м/сут	Гидравлическая нагрузка, м ³ /(м ² ·сут)
От 0,2 до 0,3 включ.	0,08
Св. 0,3 “ 0,4 “	Св. 0,08 до 0,10 включ.
“ 0,4 “ 0,5 “	“ 0,10 “ 0,12 “
“ 0,5 “ 0,6 “	“ 0,12 “ 0,15 “
“ 0,6 “ 0,8 “	“ 0,15 “ 0,20 “
“ 0,8 “ 1,0 “	“ 0,20 “ 0,25 “
“ 1,0 “ 2,0 “	“ 0,25 “ 0,30 “
“ 2,0	“ 0,30 “ 0,35 “
<i>Примечания</i> 1 При значениях коэффициента фильтрации менее 0,2 м/сут целесообразность устройства грунтовых фильтрационных площадок следует обосновывать технико-экономическими расчетами. 2 Гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут), применительно к климатическим условиям областей не должна превышать: Минской и Могилевской — 0,30; Витебской — 0,32; Гомельской — 0,34; Брестской и Гродненской — 0,35.	

10.3.8 Количество карт грунтовых фильтрационных площадок должно быть не менее двух при гидравлической нагрузке до 0,10 м³/(м²·сут) и не менее трех — при большей гидравлической нагрузке.

10.3.9 Дренаж для сбора и отведения очищенных сточных вод от карт высоконагружаемых полей фильтрации устраивают из керамических, полиэтиленовых или асбестоцементных труб с перфорацией в верхней части. Уклон дрен следует назначать от 0,002 до 0,005, незаиляющую скорость течения воды в дренах следует принимать не менее 0,25 м/с при расчетном наполнении 0,8 диаметра дрена.

10.3.10 Расчетный расход одной дрены $q_{др}$, м³/с, определяют по формуле

$$q_{др} = \frac{q_r n W_{др}}{86\,400}, \quad (10.2)$$

где q_r — гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут);

n — коэффициент неравномерности поступления сточных вод в дренажную сеть; принимают равным 1,5;

$W_{др}$ — площадь участка карты, обслуживаемого одной дренажной, м²; вычисляют по формуле

$$W_{др} = bl \cdot 10^{-4}, \quad (10.3)$$

здесь b — длина дрены, м; назначают конструктивно, исходя из размеров карты;

l — расстояние между дренажами, м; вычисляют по формуле

$$l = 300 \cdot \sqrt{\frac{k_{ср}}{q_r}}, \quad (10.4)$$

$k_{ср}$ — коэффициент фильтрации материала (грунта) фильтрующего основания, м/сут.

10.3.11 Дрены следует располагать перпендикулярно к направлению напуска сточных вод на карты. Количество дрен на карте должно приниматься не менее двух.

Пропускную способность дрен следует определять по паспортным данным предприятий-изготовителей перфорированных труб или гидравлическим расчетом. При перфорации труб размеры отверстий и расстояния между ними следует определять гидравлическим расчетом.

В начале каждой дрены для вентиляции и промывки должны устраиваться ламповые колодцы.

Напуск сточных вод на карты грунтовых фильтрационных площадок должен производиться, как правило, по двум водовыпускам, размещаемым в продольном или в торцевых откосах карт. При соответствующем обосновании допускается устраивать один водовыпуск. Водовыпуски следует оснащать устройствами для регулирования расхода сточных вод.

Конструкция водовыпусков должна обеспечивать подачу воды без размыва дна карты.

10.3.12 Для защиты от затопления дождевыми водами и для понижения уровня грунтовых вод при высоком их стоянии по периметру грунтовых фильтрационных площадок устанавливают перехватывающие каналы с выводом в общую отводящую канаву.

Для защиты от затопления дождевыми водами и для понижения уровня грунтовых вод при высоком их стоянии по периметру грунтовых фильтрационных площадок следует предусматривать устройство нагорных и (или) ловчих каналов, проектируемых в соответствии с ТКП 45-2.03-224 и ТКП 45-3.04-8.

11 Сооружения по обработке осадка сточных вод

11.1 При проектировании сооружений очистки сточных вод следует учитывать дополнительные нагрузки от сточных вод, возвращаемых от сооружений по обработке осадков (надосадочные воды илоуплотнителей и метантенков, фильтрат вакуум-фильтров и фильтр-прессов, фугат центрифуг и т. д.).

Содержание загрязняющих веществ в сточных водах, образующихся при обработке осадков, следует принимать на основании данных технологических изысканий и исследований или данных, полученных при эксплуатации действующих очистных сооружений, которые характеризуются аналогичными условиями эксплуатации. При отсутствии указанных данных допускается использовать данные, приведенные в таблице 11.1. Расходы сточных вод, образующихся в технологических процессах обезвоживания осадков, следует определять расчетом в зависимости от используемых способов обработки осадка.

Таблица 11.1 — Показатели сточных вод, отводимых от сооружений обработки осадка

В миллиграммах на дециметр кубический

Показатель	Надосадочные воды илоуплотнителей	Надосадочные воды метантенков	Сточные воды от установок обезвоживания ила	Сточные воды от промывки фильтров установок
Взвешенные вещества	1000	10000	1000	1500
БПК ₅	1000	4000	1500	400
ХПК	2500	9000	4000	1500
Азот общий	300	800	500	100
Азот аммонийный	60	500	450	10
Фосфор общий	25	300	20	50
Фосфор фосфатов	10	20	5	5

При отсутствии данных по расходам сточных вод, образующихся в технологических процессах обезвоживания осадков, и о содержании загрязняющих веществ в них для предварительных технико-экономических расчетов допускается принимать увеличение нагрузки на очистные сооружения по загрязняющим веществам до 20 %.

11.2 Метантенки следует применять для анаэробного сбраживания осадков городских сточных вод с целью их стабилизации и получения биогаза с содержанием метана от 55 % до 75 %. При этом необходимо учитывать состав осадка, наличие веществ, тормозящих процесс сбраживания и влияющих на выход газа.

11.3 Проектирование метантенков следует производить в соответствии требованиями ТКП 45-4.01-202 (12.6).

При проектировании метантенков следует предусматривать возможность исполнения конструкции их резервуаров из железобетонных конструкций или элементов, выполненных из оцинкованной стали с внутренним антикоррозийным покрытием.

Состав бетона назначают с учетом требований СТБ 1182, СТБ 4.212 и СТБ 1112.

При проектировании железобетонных конструкций метантенков следует учитывать возможность микробиологической коррозии вследствие образования агрессивных по отношению к бетону продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, содержащихся в метантенках при сбраживании осадка, согласно данным таблицы 11.2.

Таблица 11.2 — Конечные продукты разложения некоторых органических веществ осадка сточных вод

Исходное вещество	Конечный продукт разложения
Белки	CO ₂ , NH ₄ ⁺ , NCO ₃ ⁻ , H ₂ S, CH ₄
Углеводы	CO ₂ , NH ₄ ⁺ , CH ₄ , H ⁺
Жиры, спирты, ПАВ, фенолы	CO ₂ , H ⁺
Ацетаты, пропионаты, лактаты, бензоаты, пируваты	CO ₂ , NCO ₃ ⁻ , H ⁺
Цианиды	CO ₂ , NO ₃ ⁻
Производные бензола	CO ₂

11.4 Территории размещения метантенков следует ограждать. Ограждение предусматривают на расстоянии не менее 10 м при расположении метантенков на территории очистных сооружений и не менее 20 м — при их расположении вне территории очистных сооружений.

11.5 При проектировании метантенков следует учитывать показатели химического состава осадка и избыточного активного ила, влияющие на выход биогаза и процессы ферментации (таблица 11.3).

Таблица 11.3

Показатель		Предельно допустимая концентрация
Сухое вещество:	жиры; углеводы; белки; зольность	7 %
Соединения азота		Общая концентрация азота (N) — 0,3 кг/м ³ на каждый 1 кг/м ³ БПК ₅
рН		9
Минерализация		1000 мг/дм ³
ПАВ		0,03 кг/м ³
Фенолы		0,3 г/м ³
Нефтепродукты		0,025 кг/м ³
Фосфор общий		0,007 кг/м ³ на каждый 1 кг/м ³ БПК ₅
Железо		0,005 кг/м ³
Кадмий		0,002 кг/м ³
Медь		0,001 кг/м ³
Никель		0,002 кг/м ³
Олово		0,009 кг/м ³
Свинец		0,007 кг/м ³
Цинк		0,005 кг/м ³
Хром		0,01 кг/м ³
Формальдегиды		0,1 кг/м ³
Сульфаты*		1,0 кг/м ³
* На процессы ферментации концентрация сульфатов не оказывает существенного влияния. Повышенные концентрации сульфатов приводят к интенсификации процессов разрушения бетонных и железобетонных конструкций.		

Совместно с осадками сточных вод допускается подача в метантенки других сбраживаемых органических отходов после их дробления и, при необходимости, термической обработки (таблица 11.4).

Таблица 11.4

Вид отходов	Категория отходов	Особое требование
Отходы сельского хозяйства, садоводства, лесного и прудового хозяйств, хозяйства охоты и рыболовства	Шелуха, мякина и зерновая пыль, фуражные отходы	—
	Навоз и моча (с соломой и без), помет птиц клеточного содержания, содержимое желудка и кишок, каныга	
	Молоко и молозиво, не пригодное для дальнейшей переработки, без возбудителей болезни	
Отходы от переработки и приготовления мяса, рыбы и других продуктов питания	Флотационные реагенты и жиरोотделители	—
	Части туш, пригодные в пищу, однако по коммерческим причинам не предназначенные для употребления человеком	После дробления до размеров не более 50 мм и термической обработки при $t = 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30–40 мин
	Части туш, не пригодные в пищу, но без признаков заболеваний, передающихся людям или животным	
	Шкуры, копыта, рога, свиная щетина и пух, которые после осмотра забойного животного на скотобойне были признаны годными к применению человеком	
	Побочные продукты, полученные при производстве необходимых для употребления человеком продуктов, включая кости и жир	—
	Бывшие продукты животного происхождения или продукты, содержащие компоненты животного происхождения (за исключением кухонных и пищевых отходов), которые по коммерческим причинам или из-за производственных проблем, изъянов упаковки и прочих дефектов, не представляющих угрозы для здоровья человека или животных, не годятся для использования в пищу	После дробления до размеров не более 50 мм и термической обработки при $t = 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30–40 мин
	Кровь животных (за исключением жвачных), которые после осмотра на скотобойне были признаны годными для употребления человеком	—
	Рыба и морские животные, утратившие потребительские свойства, отходы переработки	После дробления до размеров не более 50 мм и термической обработки при $t = 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30–40 мин

Продолжение таблицы 11.4

Вид отходов	Категория отходов	Особое требование
Отходы от переработки и приготовления мяса, рыбы и других продуктов питания	Отходы переработки рыбной продукции от предприятий, изготавливающих рыбопродукты для употребления в пищу человеком	После дробления до размеров не более 50 мм и термической обработки при $t = 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30–40 мин
	Флотационные реагенты и жиροотделители Осадок после очистки заводских сточных вод	—
Отходы от переработки и приготовления овощей, фруктов, зерновых, растительных масел, какао, кофе, чая, табака, от производства консервов, дрожжей и дрожжевого экстракта, а также приготовления и ферментирования кормовой патоки	Осадок от процессов промывки, очистки, отшелушивания, центрифугирования и отделения Потребление и переработка непригодных веществ Продукция, которая по коммерческим причинам или из-за производственных проблем, изъянов упаковки и прочих дефектов, не представляющих угрозы для здоровья человека или животных, не годятся для использования в пищу Осадок после очистки сточных вод	—
Отходы сахарного производства	Осадок после очистки заводских сточных вод Отходы после промывки, очистки и механического измельчения сырья	—
Отходы хлебобулочного производства	Продукция, которая по коммерческим причинам или из-за производственных проблем, изъянов упаковки и прочих дефектов, не представляющих угрозы для здоровья человека или животных, не пригодны для использования в пищу Осадок после очистки заводских сточных вод	—
Отходы производства алкогольных и безалкогольных напитков	Отходы после промывки, очистки и механического измельчения сырья Отходы после дистилляции алкоголя Переработка непригодных к использованию веществ Осадок после очистки заводских сточных вод Прочие отходы	—

Окончание таблицы 11.4

Вид отходов	Категория отходов	Особое требование
Отходы производства, изготовления, распространения и использования фармацевтических препаратов	Жмых лекарственных растений, мицелий, выжимки дрожжевого субстрата	—
Садово-парковые отходы	Биологически разлагаемые отходы	—
Прочие бытовые отходы	Смешанные бытовые отходы (только накапливаемые отдельно биологические фракции) Пищевые отходы предприятий общественного питания Рыночные отходы	—

11.6 Для сбраживания осадков или совместного сбраживания осадков с отходами, указанными в таблице 11.4, в метантенках принимают режимы в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (12.6.2).

11.7 Определение вместимости метантенков W_{mt} , м³, следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 (12.6.5) по формуле

$$W_{mt} = \frac{W_{об} \cdot 100}{D_{mt}}, \quad (11.1)$$

где D_{mt} — суточная доза загружаемого осадка, %; принимают по ТКП 45-4.01-202 (таблица 12.2) с учетом требований ТКП 45-4.01-202 (12.6.6);

$W_{об}$ — общий суточный объем осадка и избыточного активного ила, подаваемых в метантенк, м³/сут; определяют по формуле

$$W_{об} = W_{ос} + W_{ил} + W_{от}, \quad (11.2)$$

здесь $W_{ос}$ — объем сырого осадка первичных отстойников, м³/сут;

$W_{ил}$ — объем избыточного активного ила, м³/сут;

$W_{от}$ — объем других отходов, допущенных для обработки в метантенках, м³/сут.

11.8 Для поддержания требуемого температурного режима сбраживания следует предусматривать обогрев метантенков:

— через систему теплообменников (в виде труб с циркулирующей горячей водой), расположенных внутри метантенка;

— за счет подогрева осадка, подаваемого в метантенк, а также последующей циркуляции осадка через теплообменные аппараты;

— за счет подогрева газа, образующегося в теплообменном аппарате, и последующей подачи его через аэрационные системы в метантенк для обеспечения циркуляции осадка.

Необходимое количество теплоты следует определять с учетом теплотерь метантенков в окружающую среду.

11.9 Суточный объем сырого осадка первичных отстойников $W_{ос}$, м³/сут, определяют по формуле

$$W_{ос} = \frac{C_{en} Q \mathcal{E} K_{ос}}{1000 \cdot (100 - p) \cdot \rho}, \quad (11.3)$$

где C_{en} — концентрация взвешенных веществ в сточных водах до отстаивания, г/м³;

Q — расчетный расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, м³/сут;

$\mathcal{E}$ — эффект задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках, %;

$K_{ос}$ — коэффициент, учитывающий увеличение количества осадка за счет крупных фракций взвеси, не улавливаемых при отборе проб для анализа; принимают в пределах от 1,1 до 1,2;

p — влажность осадка первичных отстойников, %;

ρ — плотность осадков первичных отстойников, кг/м³.

11.10 Суточный объем избыточного активного ила $W_{ос}$, м³/сут, определяют по формуле

$$W_{ос} = \frac{[C_{en} \cdot (100 - \mathcal{E}) \cdot n' - 100b'] \cdot Q}{1000 \cdot (100 - p') \cdot \rho'}, \quad (11.4)$$

где p' — влажность избыточного активного ила, %;

n' — коэффициент, учитывающий увеличение и неравномерность прироста активного ила в процессе очистки; принимают в пределах от 1,15 до 1,25;

b' — вынос активного ила из илоуплотнителей, мг/дм³.

ρ' — плотность избыточного активного ила, кг/м³.

11.11 Распад беззольного вещества загружаемого осадка, максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка в зависимости от дозы загрузки следует определять по ТКП 45-4.01-202 (12.6.7 и 12.6.8).

11.12 Масса и состав газа, выделяющегося при анаэробном сбраживании углеводов, жиров и белков, приведены в таблице 11.5.

Таблица 11.5

Компонент осадка	Удельный выход газа, дм ³ /кг	Состав газа, %		Плотность газа, кг/м ³ , при нормальных условиях	Масса газа, кг, получаемого с 1 кг распавшегося вещества
		CH ₄	CO ₂ и другие сопутствующие газы		
Углеводы	790	50	50	1,25	0,985
Жиры	1250	68	32	1,05	1,310
Белки	704	71	29	1,01	0,710

11.13 При отсутствии данных о содержании жиров, белков, углеводов в осадке и избыточном активном иле, массу газа, получаемого при сбраживании, следует принимать по ТКП 45-4.01-202 (12.6.9). При наличии данных о содержании метана в биогазе допускается теплотворную способность биогаза $Q_{\text{бр}}$ определять по формуле

$$Q_{\text{бр}} = AK, \quad (11.5)$$

где A — теплотворная способность метана, равная 35 865 кДж/м³;

K — содержание метана в биогазе, в долях единицы.

11.14 Проектирование газового хозяйства метантенков (газосборных пунктов, газовой сети, газгольдеров, систем очистки биогаза от сероводорода) следует осуществлять в соответствии с ТКП 45-4.03-267 и [6].

Приложение А (рекомендуемое)

Примеры расчета решеток

А.1 Пример расчета решеток с ручной очисткой

А.1.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q_{\text{рас}} = 5000 \text{ м}^3/\text{сут}$, максимальный расход $q_{\text{max}} = 0,098 \text{ м}^3/\text{с}$, норма водоотведения $q_n = 140 \text{ л}/(\text{чел.} \cdot \text{сут})$, эквивалентное количество жителей $N_{\text{эвб}} = 35\,714 \text{ чел.}$

Рассчитать решетки с ручной очисткой.

А.1.2 По формуле (5.1) определяем площадь живого сечения решеток ω_r , м^2 , принимая ширину прозоров решетки 16 мм и скорость движения сточных вод в прозорах решетки $V_r = 0,8 \text{ м/с}$:

$$\omega_r = \frac{q_{\text{max}}}{V_r} = \frac{0,098}{0,8} = 0,1225.$$

А.1.3 Принимаем площадь прохода одной решетки f , м^2 , по данным производителей в зависимости от ее пропускной способности или по [7] равной $f = 0,3$.

Количество рабочих решеток n_r , шт., определяем по формуле (5.7):

$$n_r = \frac{\omega_r}{f} = \frac{0,1225}{0,3} = 0,4.$$

Принимаем к установке одну рабочую и одну резервную решетку.

А.1.4 Ширину подводящего канала перед решеткой $B_{kr} = 0,4 \text{ м}$, его уклон перед решеткой $i_k = 0,001$ и глубину воды в нем перед решеткой $h_{k \text{ max}} = 0,41 \text{ м}$ с учетом расхода сточных вод $q_{\text{max}} = 0,098 \text{ м}^3/\text{с}$ и их скорости в канале перед решеткой $V_k = 0,6 \text{ м/с}$ принимаем по таблицам гидравлического расчета каналов прямоугольного сечения согласно [8].

А.1.5 Согласно ТКП 45-4.01-202 (6.2.9) для определения необходимого количества прозоров в решетке принимаем: коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями, $k_{sti} = 1,05$; ширину прозоров решетки $b_r = 0,016 \text{ м}$; скорость движения сточных вод в прозорах решетки $V_r = 0,8 \text{ м/с}$.

Вычисляем необходимое количество прозоров в решетке n_{pr} , шт.:

$$n_{pr} = \frac{q_{\text{max}} k_{sti}}{b_r h_r V_r} = \frac{0,098 \cdot 1,05}{0,016 \cdot 0,41 \cdot 0,8} = 19,6.$$

Принимаем $n_{pr} = 20$ шт.

А.1.6 По ТКП 45-4.01-202 (6.2.10) определяем общую ширину решеток B_r , м, при толщине стержней $S_s = 0,01 \text{ м}$:

$$B_r = S_s \cdot (n_{pr} - 1) + b_r n_{pr} = 0,01 \cdot (20 - 1) + 0,016 \cdot 20 = 0,51.$$

А.1.7 Принимаем количество рабочих решеток $n_r = 1$ и одну резервную решетку и рассчитываем ширину решетки B_{r1} , м, по формуле (5.3):

$$B_{r1} = \frac{B_r}{n_r} = \frac{0,51}{1} = 0,51.$$

Угол наклона решетки к горизонту $\alpha = 60^\circ$.

А.1.8 По формуле (5.2) определяем фактическую скорость движения сточных вод в прозорах решетки V_r^f , м/с:

$$V_r^f = \frac{k_{sti} q_{\text{max}}}{h_{k \text{ max}} n_{pr1} b_r n_r} = \frac{1 \cdot 0,098}{0,41 \cdot 20 \cdot 0,016 \cdot 1} = 0,8.$$

А.1.9 Определяем геометрические параметры камеры одной решетки, указанные на рисунке 5.1.

Рассчитываем размеры входной части канала l_{r1} , м, и выходной камеры l_{r2} , м, по ТКП 45-4.01-202 (формулы (6.4) и (6.5)):

$$l_{r1} = 1,37 \cdot (B_{r1} - B_{kr}) = 1,37 \cdot (0,48 - 0,4) = 0,11;$$

$$l_{r2} = 0,5l_{r1} = 0,685 \cdot (B_{r1} - B_{kr}) = 0,055.$$

А.1.10 Определяем длину расширенной части канала l_{r3} , м, по формуле (5.10):

$$l_{r3} = 1,8B_{kr} + \frac{h_k}{\operatorname{tg}\alpha} = 1,8 \cdot 0,4 + \frac{0,41}{1,732} = 0,96.$$

А.1.11 Находим общую строительную длину камеры решетки L_r , м, по формуле (5.8):

$$L_r = l_{r1} + l_{r2} + l_{r3} = 0,11 + 0,055 + 0,96 = 1,125.$$

А.1.12 По формуле (5.4) определяем потери напора в решетке h_r , м, предварительно вычисляя по формуле (5.5) коэффициент местного сопротивления ζ и принимая $\beta_r = 1,83$:

$$\zeta = \beta_r \cdot \left(\frac{S_s}{b_r} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin\alpha = 1,83 \cdot \left(\frac{0,01}{0,016} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot 0,866 = 1,12,$$

$$h_r = K\zeta \cdot \frac{V_k^2}{2g} = 3 \cdot 1,12 \cdot \frac{0,6^2}{2 \cdot 9,81} = 0,06.$$

А.1.13 По формуле (5.11) определяем суточный расход отбросов, снимаемых с решеток, W_{ot} , м³/сут:

$$W_{ot} = \frac{q_{ot} N_{эКВ}}{1000 \cdot 365} = \frac{8 \cdot 35\,714}{365\,000} = 0,783.$$

А.1.14 По формуле (5.12) определяем массу отбросов, снимаемых с решеток за сутки, P_{r1} , т/сут:

$$P_{r1} = \frac{W_{ot} \rho_{ot}}{1000} = \frac{0,783 \cdot 750}{1000} = 0,59.$$

А.1.15 По формуле (5.13) определяем массу отбросов, снимаемых с решетки за час, P_{r2} , кг/ч:

$$P_{r2} = \frac{P_{r1} \cdot 1000}{24} \cdot K_{ot} = \frac{0,59 \cdot 1000}{24} \cdot 2 = 48,9.$$

А.2 Расчет решеток с механизированной очисткой

А.2.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q_{pac} = 90\,000$ м³/сут, максимальный расход $q_{max} = 1,65$ м³/с, норма водоотведения $q_n = 180$ л/(чел.·сут), эквивалентное количество жителей $N_{эК} = 500\,000$ чел.

Рассчитать решетки с механизированной очисткой.

А.2.2 По формуле (5.1) определяем площадь живого сечения решеток ω_r , м², принимая ширину прозоров $\beta_r = 16$ мм и скорость движения сточных вод в прозорах решетки $V_r = 0,8$ м/с:

$$\omega_r = \frac{q_{max}}{V_r} = \frac{1,65}{0,8} = 2,06.$$

А.2.3 Принимаем площадь прохода одной решетки f , м², по данным производителей в зависимости от ее пропускной способности или по [7] равной 0,74 м².

Количество рабочих решеток n_r , шт., определяем по формуле (5.7):

$$n_r = \frac{\omega_r}{f} = \frac{2,06}{0,74} = 2,78.$$

Принимаем к установке три рабочие и одну резервную решетку.

Вычисляем расход на одну решетку q_{maxr1} , м³/с:

$$q_{maxr1} = \frac{q_{max}}{n_r} = \frac{1,65}{3} = 0,55.$$

A.2.4 По таблицам гидравлического расчета каналов прямоугольного сечения согласно [8] с учетом расходов сточных вод $q_{\max} = 0,55 \text{ м}^3/\text{с}$ и их скорости в канале перед решеткой $V_k = 0,92 \text{ м/с}$ принимаем ширину подводящего канала перед решеткой $B_{kr} = 0,8 \text{ м}$, его уклон перед решеткой $i_k = 0,001$ и глубину воды в нем перед решеткой $h_{k\max} = 0,74 \text{ м}$.

A.2.5 Определяем необходимое количество прозоров n_{pr} , м, в решетках по ТКП 45-4.01-202 (6.2.9):

$$n_{pr} = \frac{qk_{sti}}{b_r h_r V_r} = \frac{1,65 \cdot 1,05}{0,016 \cdot 0,74 \cdot 0,8} = 61.$$

A.2.6 По ТКП 45-4.01-202 (6.2.10) определяем общую ширину решетки B_r , м, при толщине стержней $S_s = 0,01 \text{ м}$:

$$B_r = S_s \cdot (n_{pr} - 1) + b_r n_{pr} = 0,01 \cdot (61 - 1) + 0,016 \cdot 61 = 1,58.$$

A.2.7 Определяем фактическую скорость движения сточных вод в прозорах решетки V_r^f , м/с, по формуле (5.2):

$$V_r^f = \frac{k_{sti} q_{\max}}{h_{k\max} n_{pr1} b_r n_r} = \frac{1,05 \cdot 1,65}{0,74 \cdot 61 \cdot 0,016 \cdot 3} = 0,8.$$

A.2.8 По формуле (5.4) определяем потери напора в решетке h_r , м, предварительно вычисляя по формуле (5.5) коэффициент местного сопротивления ζ и принимая $\beta_r = 1,83$:

$$\zeta = \beta_r \cdot \left(\frac{S_s}{b_r} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \alpha = 1,83 \cdot \left(\frac{0,01}{0,016} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot 0,866 = 1,12,$$

$$h_r = K \zeta \cdot \frac{V_k^2}{2g} = 3 \cdot 1,12 \cdot \frac{0,92^2}{2 \cdot 9,81} = 0,16.$$

A.2.9 По формуле (5.11) определяем суточный расход отбросов, снимаемых с решеток, W_{ot} , м³/сут:

$$W_{ot} = \frac{q_{ot} N_{\text{экр}}}{1000 \cdot 365} = \frac{8 \cdot 500\,000}{1000 \cdot 365} = 10,96.$$

A.2.10 По формуле (5.12) определяем массу отбросов, снимаемых с решеток за сутки, P_{r1} , т/сут:

$$P_{r1} = \frac{W_{ot} \rho_{ot}}{1000} = \frac{10,96 \cdot 750}{1000} = 8,22.$$

A.2.11 По формуле (5.13) определяем массу отбросов, снимаемых с решетки за час, P_{r2} , кг/ч:

$$P_{r2} = \frac{P_{r1} \cdot 1000}{24} \cdot K_{ot} = \frac{8,22 \cdot 1000}{24} \cdot 2 = 685.$$

A.3 Расчет решеток эскалаторного типа

A.3.1 Исходные данные: максимальный часовой расход сточных вод $Q = 3157,05 \text{ м}^3/\text{ч}$, максимальный расход $q_{\max} = 877 \text{ л/с}$, средний расход сточных вод $q_{\text{ср}} = 589 \text{ л/с}$, минимальный расход $q_{\min} = 406 \text{ л/с}$, норма водоотведения $q_n = 180 \text{ л/чел.}\cdot\text{сут}$, эквивалентное количество жителей $N_{\text{экр}} = 263\,836 \text{ чел}$.

Рассчитать решетки эскалаторного типа.

A.3.2 Расчет решеток производим по скорости 1,0–1,4 м/с.

A.3.3 По паспортным данным определяем площадь живого сечения решеток.

A.3.4 Количество рабочих решеток принимаем не менее двух. Исходя из максимального часового расхода сточных вод $Q = 3157,05 \text{ м}^3/\text{ч}$, ориентировочно принимаем количество рабочих решеток марки РС-1200К $n_r = 2$.

Ширина прозоров $b_r = 3 \text{ мм}$.

Ширина пластин $S_s = 3 \text{ мм}$.

Ширина фильтрующей части $B_{\phi} = 1005 \text{ мм}$.

А.3.5 Подбираем размеры подводящего канала. Наиболее близкой к ширине фильтрующей части решетки является ширина канала 1000 мм. При уклоне 0,001 канал будет пропускать полученный расход со скоростью 0,89 м/с при высоте наполнения 0,49 м.

Производим гидравлический расчет подводящего канала. Так как рабочих решеток две, то подводящий канал к каждой из них рассчитываем на половину расчетного расхода. Результаты расчета сводим в таблицу А.1.

Таблица А.1 — Гидравлический расчет подводящего канала

Расчетные данные	Расход, л/с		
	$q_{cp} = 294,5$	$q_{max} = 438,5$	$q_{min} = 203$
Уклон i_k	0,001	0,001	0,001
Ширина канала перед решеткой B_{kr} , м	1,0	1,0	1,0
Глубина воды в канале перед решеткой h_k , м	0,378	0,49	0,286
Скорость V , м/с	0,78	0,89	0,71

А.3.6 При определении размеров сечения канала следует учитывать, что наиболее выгодным является прямоугольное сечение, у которого отношение ширины B_{kr} , м, к глубине воды в канале перед решеткой h_k , м, равно двум. Скорость в уширенной части канала перед решеткой при минимальном притоке сточных вод V_k , м/с, которая должна быть не менее 0,4 м/с для предотвращения заиливания канала, вычисляем по формуле (5.6):

$$V_k = \frac{q_{min}}{B_{kr} h_{min}} = \frac{0,20322}{1,0 \cdot 0,286} = 0,71.$$

Условие незаиливания подводящего канала выполнено.

А.3.7 По формуле (5.4) определяем потери напора в решетке h_r , м, предварительно вычисляя по формуле (5.5) коэффициент местного сопротивления ζ и принимая $\beta_r = 1,83$:

$$\zeta = \beta_r \cdot \left(\frac{S_s}{b_r} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \alpha = 1,83 \cdot \left(\frac{0,003}{0,003} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot 0,866 = 1,58;$$

$$h_r = K \zeta \cdot \frac{V_k^2}{2g} = 3 \cdot 1,58 \cdot \frac{0,71^2}{2 \cdot 9,81} = 0,12.$$

А.3.8 По формуле (5.11) определяем суточный расход отбросов, снимаемых с решеток, W_{ot} , м³/сут:

$$W_{ot} = \frac{q_{ot} N_{э\kappa\beta}}{1000 \cdot 365} = \frac{22 \cdot 263 \cdot 836}{1000 \cdot 365} = 15,9.$$

А.3.9 По формуле (5.12) определяем массу отбросов, снимаемых с решеток за сутки, P_{r1} , т/сут:

$$P_{r1} = \frac{W_{ot} \rho_{ot}}{1000} = \frac{15,9 \cdot 750}{1000} = 11,9.$$

А.3.10 По формуле (5.13) определяем массу отбросов, снимаемых с решетки за час, P_{r2} , кг/ч:

$$P_{r2} = \frac{P_{r1} \cdot 1000}{24} \cdot K_{ot} = \frac{11,9 \cdot 1000}{24} \cdot 2 = 991,7.$$

Предусматриваем вывоз данных отбросов на выделенную площадку для их складирования и утилизации.

Приложение Б (рекомендуемое)

Примеры расчета песколовок

Б.1 Расчет горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды

Б.1.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q = 75\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$, максимальный расход $q_{\max} = 1,41 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный расход $q_{\min} = 0,72 \text{ м}^3/\text{с}$, норма водоотведения $q_n = 250 \text{ л}/(\text{чел.}\cdot\text{сут})$, эквивалентное количество жителей $N_{\text{экв}} = 357\,143 \text{ чел.}$

Рассчитать горизонтальную песколовку с прямолинейным движением воды.

Б.1.2 Принимаем два отделения в песколовке ($n_p = 2$). По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) выбираем скорость движения сточных вод в песколовке при максимальном притоке $V_s = 0,3 \text{ м/с}$.

По формуле (5.14) рассчитываем необходимую площадь живого сечения одного отделения песколовки ω_{p1} , м^2 :

$$\omega_{p1} = \frac{q_{\max}}{n_p V_s} = \frac{1,41}{2 \cdot 0,3} = 2,35.$$

Б.1.3 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) выбираем расчетную глубину песколовки $H_s = 0,8 \text{ м}$, по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.3) принимаем гидравлическую крупность песка $u_0 = 0,0187 \text{ м/с}$ и продольную скорость движения сточных вод $V_0 = 0,2 \text{ м/с}$.

Используя формулы (6.6) и (6.7) ТКП 45-4.01-202, вычисляем коэффициент K_s по формуле

$$K_s = \frac{u_0}{\sqrt{u_0^2 - 0,0025 V_0^2}} = \frac{0,0187}{\sqrt{0,0187^2 - 0,0025 \cdot 0,2^2}} = 1,18.$$

Б.1.4 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.6)) определяем длину песколовки L_s , м :

$$L_s = \frac{K_s H_s V_s}{u_0} = \frac{1,18 \cdot 0,8 \cdot 0,3}{0,0187} = 15.$$

Б.1.5 По формуле (5.15) рассчитываем ширину одного отделения песколовки b_{p1} , м :

$$b_{p1} = \frac{\omega_{p1}}{H_s} = \frac{2,35}{0,8} = 2,94.$$

Полученную ширину b_{p1} округляем до ближайшего целого числа. Принимаем ширину песколовки $b_{p1} = 3 \text{ м}$.

Б.1.6 По формуле (5.16) определяем скорость движения сточных вод в песколовке при максимальном притоке сточных вод $V_{p \max}$, м/с :

$$V_{p \max} = \frac{q_{\max}}{b_{p1} n_p H_s} = \frac{1,41}{3 \cdot 2 \cdot 0,8} = 0,29.$$

По формуле (5.17) определяем скорость движения сточных вод в песколовке при минимальном притоке сточных вод $V_{p \min}$, м/с :

$$V_{p \min} = \frac{q_{\min}}{b_{p1} n_p H_s} = \frac{0,72}{3 \cdot 2 \cdot 0,8} = 0,15.$$

Б.1.7 По формуле (5.18) находим продолжительность пребывания сточных вод в песколовке T_p , с , при максимальном притоке сточных вод $V_{p \max}$, м/с :

$$T_p = \frac{L_s}{V_{p \max}} = \frac{15}{0,29} = 51,7.$$

Б.1.8 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) принимаем количество задерживаемого песка $q_{oc} = 0,02$ г/(чел.·сут). Годовой объем песка, задерживаемого в песколовках, $W_{год}$, м³/год, определяем по формуле (5.33):

$$W_{год} = \frac{365 N_{э\text{кв}} q_{oc}}{1000} = \frac{365 \cdot 357 \cdot 143 \cdot 0,02}{1000} = 2607.$$

Суточный объем песка, задерживаемого в песколовках, W_n , м³/сут, определяем по формуле

$$W_n = \frac{W_{год}}{365} = \frac{2607}{365} = 7,14.$$

Б.1.9 Принимаем период времени между выгрузками осадка из песколовки $T_{oc} = 2$ сут и по формуле (5.19) рассчитываем объем бункера одного отделения песколовки W_{b1} , м³:

$$W_{b1} = \frac{W_n T_{oc}}{n_p} = \frac{7,14 \cdot 2}{2} = 7,14.$$

Б.1.10 По формуле (5.20) определяем глубину бункера песколовки h_b , м:

$$h_b = \frac{W_{b1}}{b_{p1}^2} = \frac{7,14}{3^2} = 0,79.$$

Б.1.11 По формуле (5.21) находим высоту слоя осадка на дне песколовки h_{os} , м:

$$h_{os} = \frac{K_{os} W_n}{b_{p1} n_p L_s} = \frac{3 \cdot 7,14}{3 \cdot 2 \cdot 15} = 0,238.$$

Б.1.12 По формуле (5.22) рассчитываем полную строительную высоту песколовки H_{str} , м:

$$H_{str} = H_s + h_{os} + 0,5 = 0,8 + 0,238 + 0,5 = 1,54.$$

Принимаем горизонтальную песколовку с основными размерами $B \times H \times L = 3 \times 1,54 \times 15$ м.

Б.2 Расчет горизонтальной песколовки с круговым движением воды

Б.2.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q = 25\,000$ м³/сут, максимальный расход $q_{max} = 0,45$ м³/с, эквивалентное количество жителей $N_{э\text{кв}} = 138\,889$ чел., норма водоотведения $q_n = 180$ л/(чел.·сут).

Рассчитать горизонтальную песколовку с круговым движением воды.

Б.2.2 Принимаем два отделения в песколовке ($n_p = 2$). По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) выбираем скорость движения сточных вод в песколовке при максимальном притоке $V_s = 0,3$ м/с.

Б.2.3 По формуле (5.14) определяем необходимую площадь живого сечения одного отделения песколовки ω_{p1} , м²:

$$\omega_{p1} = \frac{q_{max}}{n_p V_s} = \frac{0,45}{2 \cdot 0,3} = 0,75.$$

Б.2.4 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) выбираем расчетную глубину песколовки $H_s = 0,5$ м, по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.3) принимаем гидравлическую крупность песка $u_0 = 0,0187$ м/с и продольную скорость движения воды $V_0 = 0,2$ м/с.

Используя формулы (6.6) и (6.7) по ТКП 45-4.01-202, определяем коэффициент K_s по формуле

$$K_s = \frac{u_0}{\sqrt{(u_0^2 - 0,0025 V_0^2)}} = \frac{0,0187}{\sqrt{(0,0187^2 - 0,0025 \cdot 0,2^2)}} = 1,18.$$

Б.2.5 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.6)) определяем длину окружности песколовки по средней линии L_s^{ok} , м:

$$L_s^{ok} = \frac{K_s H_s V_s}{u_0} = \frac{1,18 \cdot 0,5 \cdot 0,3}{0,0187} = 9,5.$$

Б.2.6 По формуле (5.23) определяем средний диаметр горизонтальной песколовки $D_{ок}$, м:

$$D_{ок} = \frac{L_s^{ок}}{\pi} = \frac{9,5}{3,1416} = 3.$$

Б.2.7 По формуле (5.24) определяем продолжительность движения сточных вод в песколовке T_{pk} , с:

$$T_{pk} = \frac{\pi D_{ок}}{V_s} = \frac{3,1416 \cdot 3}{0,3} = 31,4.$$

Рассчитанная продолжительность движения сточных вод более 30 с.

Б.2.8 По таблице 5.1 при общей пропускной способности двух отделений 450 л/с принимаем ширину кольцевого желоба песколовки $B_g = 1,5$ м.

Б.2.9 По формуле (5.25) находим наружный диаметр песколовки D_{nk} , м:

$$D_{nk} = D_{ок} + B_g = 3 + 1,5 = 4,5.$$

Б.2.10 Принимаем проектное значение диаметра песколовки $D_{nk} = 4$ м.

Б.2.11 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) принимаем количество задерживаемого песка $q_{ос} = 0,02$ г/(чел.·сут). Годовой объем песка, задерживаемого в песколовках, $W_{год}$, м³/год, определяем по формуле (5.33):

$$W_{год} = \frac{365 N_{эвб} q_{ос}}{1000} = \frac{365 \cdot 138\,889 \cdot 0,02}{1000} = 1014.$$

Суточный объем песка, задерживаемого в песколовках, W_n , м³/сут, определяем по формуле

$$W_n = \frac{W_{год}}{365} = \frac{1014}{365} = 2,78.$$

Б.2.12 Принимаем период времени между выгрузками осадка из песколовки $T_{ос} = 2$ сут и по формуле (5.19) рассчитываем объем бункера одного отделения песколовки W_{b1} , м³:

$$W_{b1} = \frac{W_n T_{ос}}{n_p} = \frac{2,78 \cdot 2}{2} = 2,78.$$

Б.2.13 По формуле (5.26) определяем высоту конической части бункера песколовки h_k , м:

$$h_k = \frac{12 W_{b1}}{\pi \cdot (D_{ок}^2 + d_n^2 + D_{ок} d_n)} = \frac{12 \cdot 2,78}{3,1416 \cdot (3^2 + 0,4^2 + 3 \cdot 0,4)} = 1,03.$$

Б.2.14 По формуле (5.27) рассчитываем строительную высоту песколовки H_{str} , м:

$$H_{str} = H_s + h_k + 0,5 = 0,5 + 1,03 + 0,5 = 2,03.$$

Б.3 Расчет вертикальной песколовки

Б.3.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q = 8500$ м³/сут, максимальный расход $q_{max} = 0,16$ м³/с, норма водоотведения $q_n = 210$ л/(чел.·сут).

Рассчитать вертикальную песколовку.

Б.3.2 Принимаем два отделения в песколовке ($n_{vp} = 2$) и продолжительность пребывания сточных вод в песколовке $t = 140$ с. По ТКП 45-4.01-202 (6.3.4) для диаметра задерживаемых частиц песка 0,2 мм выбираем гидравлическую крупность песка $u_0 = 0,0187$ м/с. Принимаем скорость движения сточных вод: $V_0 = u_0 = 0,0187$ м/с.

Б.3.3 Нагрузку на песколовку по воде при максимальном притоке принимаем равной $q_0 = 80$ м³/(м²·ч). По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.14)) определяем площадь каждого отделения песколовки F_{vp} , м²:

$$F_{vp} = \frac{q_{max}}{u_0 n_{vp}} = \frac{0,16}{0,0187 \cdot 2} = 4,3.$$

Б.3.4 По формуле (5.28) рассчитываем диаметр каждого отделения песколовки D_{vp} , м:

$$D_{vp} = \sqrt{\frac{4 F_{vp}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,3}{3,1416}} = 2,34.$$

Принимаем диаметр песколовки $D_{vp} = 2$ м.

Б.3.5 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.15)) определяем высоту цилиндрической части песколовки h_{vp} , м:

$$h_{vp} = tu_0 = 140 \cdot 0,0187 = 2,6.$$

По формуле (5.32) определяем высоту конической части песколовки h_{kvp} , м:

$$h_{kvp} = 0,87D_{vp} = 0,87 \cdot 2 = 1,74.$$

Б.3.6 Рассчитываем строительную высоту песколовки H_{str} , м:

$$H_{str} = h_{vp} + h_{kvp} + 0,5 = 2,6 + 1,74 + 0,5 = 4,84.$$

Б.4 Расчет аэрируемой песколовки

Б.4.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q = 157\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$, максимальный расход $q_{\max} = 2,65 \text{ м}^3/\text{с}$, норма водоотведения $q_n = 250 \text{ л}/(\text{чел.} \cdot \text{сут})$, эквивалентное количество жителей $N_{\text{экв}} = 628\,000 \text{ чел.}$

Рассчитать аэрируемую песколовку.

Б.4.2 Принимаем четыре отделения в песколовке ($n_p = 4$). По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) выбираем скорость движения сточных вод в песколовке при максимальном притоке $V_s = 0,12 \text{ м/с}$.

Б.4.3 По формуле (5.14) рассчитываем необходимую площадь живого сечения одного отделения песколовки ω_{p1} , м^2 :

$$\omega_{p1} = \frac{q_{\max}}{n_p V_s} = \frac{2,65}{4 \cdot 0,12} = 7,36.$$

Б.4.4 Принимаем отношение ширины B и глубины H отделения песколовки равным 1,25. $B = 1,25H$;

$$\omega_{p1} = BH = 1,25H^2.$$

Определяем глубину песколовки H , м, по формуле

$$H = \sqrt{\frac{\omega_{p1}}{1,25}} = \sqrt{\frac{7,36}{1,25}} = 2,43.$$

Определяем ширину песколовки B , м, по формуле

$$B = 1,25H = 1,25 \cdot 2,43 = 3,04.$$

Принимаем ширину песколовки $B = 3 \text{ м}$.

Принимаем расчетную глубину песколовки: $H_s = H/2 = 1,215 \text{ м}$.

По ТКП 45-4.01-202 (таблицы 6.3 и 6.4) принимаем гидравлическую крупность песка $u_0 = 0,0187 \text{ м/с}$ и получаем интерполяцией коэффициент $K_s = 3,51$.

Б.4.5 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.6)) рассчитываем длину песколовки L_s , м:

$$L_s = \frac{K_s H_s V_s}{u_0} = \frac{3,51 \cdot 1,215 \cdot 0,12}{0,0187} = 27,4.$$

Б.4.6 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.2) принимаем удельное количество песка $0,03 \text{ г}/(\text{чел.} \cdot \text{сут})$. Годовой объем песка, задерживаемого в песколовках, $W_{\text{год}}$, $\text{м}^3/\text{год}$, вычисляем по формуле (5.33):

$$W_{\text{год}} = \frac{365 N_{\text{экв}} q_{\text{ос}}}{1000} = \frac{365 \cdot 628000 \cdot 0,03}{1000} = 6877.$$

Суточный объем песка, задерживаемого в песколовках, W_n , $\text{м}^3/\text{сут}$, определяем по формуле

$$W_n = \frac{W_{\text{год}}}{365} = \frac{6877}{365} = 18,84.$$

Б.4.7 Принимаем период времени между выгрузками осадка из песколовки $T_{\text{ос}} = 2 \text{ сут}$ и по формуле (5.19) рассчитываем объем бункера одного отделения песколовки W_{b1} , м^3 :

$$W_{b1} = \frac{W_n T_{\text{ос}}}{n_p} = \frac{18,84 \cdot 2}{4} = 9,42.$$

Б.4.8 Принимая $b_{p1} = B = 3$, по формуле (5.20) определяем глубину бункера песколовки h_b , м:

$$h_b = \frac{W_{b1}}{b_{p1}} = \frac{9,42}{3} = 1,05.$$

Б.4.9 Рассчитываем длину пескового лотка: $l_{sc} = L_s - B = 27,4 - 3 = 24,4$ м, затем по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.16)) находим расход промывных вод при гидромеханическом удалении песка q_h , м³/с:

$$q_h = V_h l_{sc} b_{sc} = 0,0065 \cdot 24,4 \cdot 0,5 = 0,08.$$

Б.4.10 Принимаем максимальную высоту слоя песка в начале пескового лотка $h_0 = 0,3$ м и скорость в спрыске $V_c = 5$ м/с. По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.18)) определяем напор в начале смывного трубопровода H_0 , м:

$$H_0 = 5,6h_0 + \frac{5,4V_c^2}{2g} = 5,6 \cdot 0,3 + \frac{5,4 \cdot 5^2}{2 \cdot 9,81} = 8,56.$$

Б.4.11 Принимаем интенсивность аэрации $I = 3$ м³/(м²·ч). По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.12)) рассчитываем общий расход воздуха q_{air} , м³/ч, для аэрирования песколовок:

$$q_{air} = IF = 3 \cdot 3 \cdot 34,2 \cdot 4 = 1231,2.$$

Приложение В (рекомендуемое)

Примеры расчета первичных отстойников

В.1 Расчет горизонтального отстойника

В.1.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 36\,500 \text{ м}^3/\text{сут}$; максимальный расход $q_{\max} = 0,65 \text{ м}^3/\text{с}$; максимальный часовой расход $q_w = 2340 \text{ м}^3/\text{ч}$; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 210 \text{ мг/дм}^3$; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 100 \text{ мг/дм}^3$.

Рассчитать первичный горизонтальный отстойник.

В.1.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{210 - 100}{210} = 52,4.$$

В.1.3 Принимаем глубину проточной части в отстойнике $H_{set} = 4 \text{ м}$, коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{set} = 0,5$, скорость рабочего потока $V_w = 5 \text{ мм/с}$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 939 \text{ с}$ при эффекте осветления $\Theta = 52,4 \text{ \%}$.

В.1.4 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,3$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 4 \cdot 0,5}{939 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 4}{0,5} \right)^{0,3}} = 1,4.$$

В.1.5 По формуле (5.40) рассчитываем суммарную ширину всех отделений отстойника B_{go} , м:

$$B_{go} = \frac{1000 q_{\max}}{V_w H_{set}} = \frac{1000 \cdot 0,65}{5 \cdot 4} = 32,5.$$

Принимаем ширину одного отделения отстойника $B_{set} = 6 \text{ м}$. Определяем количество отделений отстойника по формуле (5.41):

$$n_{got} = \frac{B_{go}}{B_{set}} = \frac{32,5}{6} = 5,41.$$

Принимаем пять отделений отстойника.

В.1.6 По формуле (5.42) определяем фактическую скорость рабочего потока V'_w , мм/с:

$$V'_w = \frac{1000 q_{\max}}{H_{set} B_{set} n_{got}} = \frac{1000 \cdot 0,65}{4 \cdot 6 \cdot 5} = 5,42.$$

Рассчитанная скорость находится в табличных пределах 5–10 мм/с. Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.9) находим скорость турбулентной составляющей $V_{tb} = 0,004 \text{ мм/с}$.

В.1.7 По формуле (5.43) определяем длину отстойника $L_{g\,set}$, м:

$$L_{g\,set} = \frac{V'_w H_{set}}{K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})} = \frac{5,42 \cdot 4}{0,5 \cdot (1,4 - 0,004)} = 31.$$

В.1.8 По формуле (5.44) определяем полную строительную высоту отстойника на выходе H , м:

$$H = H_{set} + H_1 + H_2 = 4 + 0,5 + 0,3 = 4,8.$$

В.1.9 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за час, Q_{mud} , м³/ч:

$$Q_{mud} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{2340 \cdot (210 - 100)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 5,15.$$

Определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{36\,500 \cdot (210 - 100)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 80,3.$$

В.1.10 По формуле (5.45) рассчитываем вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud1} , м³:

$$W_{mud1} = \frac{1}{6} \cdot (B_{set} - 0,5) \cdot (B_{set}^2 + 0,5B_{set} + 0,25) \cdot \operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{6} \cdot (6 - 0,5) \cdot (6^2 + 0,5 \cdot 6 + 0,25) \cdot \operatorname{tg} 50^\circ = 42,88.$$

В.1.11 По формуле (5.46) определяем период времени между выгрузками осадка из отстойника T_{os} , ч:

$$T_{os} = \frac{24n_{got}W_{mud1}}{Q'_{mud}} = \frac{24 \cdot 5 \cdot 42,88}{80,3} = 64.$$

Принимаем удаление осадка под гидростатическим давлением через каждые 48 ч.

В.2 Расчет вертикального отстойника

В.2.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 6000$ м³/сут; максимальный расход $q_{max} = 0,12$ м³/с; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 240$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 150$ мг/дм³.

Рассчитать первичный вертикальный отстойник.

В.2.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления сточных вод в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{240 - 150}{240} = 37,5.$$

Принимаем глубину проточной части в отстойнике $H_{set} = 3,5$ м, коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{set} = 0,35$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 540,5$ с при эффекте осветления $\Theta = 37,5$ %.

В.2.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,26$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000H_{set}K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set}H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 3,5 \cdot 0,35}{540,5 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 3,5}{0,5} \right)^{0,26}} = 1,5.$$

В.2.4 Принимаем количество отделений отстойника $n_{vot} = 4$. Принимаем скорость движения рабочего потока в центральной трубе $V_{en} = 0,03$ м/с и рассчитываем диаметр центральной трубы d_{en} , м, по формуле (5.48):

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{max}}{\pi n_{vot} V_{en}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,12}{3,1416 \cdot 4 \cdot 0,03}} = 1,12.$$

Округляем диаметр d_{en} до сортаментного значения 1200 мм. По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.9) при скорости $V_{en} = 30$ мм/с находим скорость турбулентной составляющей $V_{tb} = 0,1$ мм/с.

В.2.5 По формуле (5.49) определяем диаметр отстойника $D_{v\,set}$, м:

$$D_{v\,set} = \sqrt{\frac{4000q_{max}}{\pi n_{vot} K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})}} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 0,12}{3,1416 \cdot 4 \cdot 0,35 \cdot (1,5 - 0,1)}} = 8,83.$$

По рассчитанному диаметру принимаем типовой отстойник или проектируем индивидуально. Принимаем типовой диаметр одного отделения отстойника $D_{set} = 9$ м.

В.2.6 По формуле (5.50) рассчитываем диаметр раструба d_p , м, и по формуле (5.51) — диаметр отражательного щита $d_{щ}$, м:

$$d_p = 1,35d_{en} = 1,35 \cdot 1,2 = 1,62,$$

$$d_{щ} = 1,3d_p = 1,3 \cdot 1,62 = 2,11.$$

В.2.7 По формуле (5.52) определяем высоту щели между низом центральной трубы и поверхностью отражательного щита, м:

$$H_{щ} = \frac{q_{max}}{\pi n_{vot} d_p V_{щ}} = \frac{0,12}{3,1416 \cdot 4 \cdot 1,62 \cdot 0,02} = 0,3.$$

В.2.8 По формуле (5.53) рассчитываем общую высоту цилиндрической части отстойника $H_{ц}$, м:

$$H_{ц} = H_{set} + H_{щ} + H_2 + H_3 = 3,5 + 0,3 + 0,3 + 0,5 = 4,6.$$

В.2.9 По формуле (5.54) определяем высоту конической части отстойника H_k , м (при угле наклона конического днища $\alpha = 50^\circ - 60^\circ$):

$$H_k = 0,5D_{vset} \operatorname{tg} \alpha = 0,5 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg} 50^\circ = 3,58.$$

В.2.10 По формуле (5.55) определяем общую высоту отстойника H_{vot} , м:

$$H_{vot} = H_{ц} + H_k = 4,6 + 3,58 = 8,18.$$

В.2.11 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{6000 \cdot (240 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 10,8.$$

В.3 Расчет вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком

В.3.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 12\,000$ м³/сут; максимальный часовой расход $q_w = 790$ м³/ч; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 280$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 140$ мг/дм³.

Рассчитать первичный вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим потоком.

В.3.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{280 - 140}{280} = 50.$$

В.3.3 Принимаем глубину проточной части в отстойнике $H_{set} = 3,5$ м, коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{set} = 0,65$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 692$ с при эффекте осветления $\Theta = 50$ %.

В.3.4 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,23$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 3,5 \cdot 0,65}{692 \cdot \left(\frac{0,65 \cdot 3,5}{0,5} \right)^{0,23}} = 2,32.$$

В.3.5 Принимаем стандартный диаметр одного отстойника $D_{set} = 9$ м и рассчитываем количество отделений отстойника n_{ot1} , шт., по формуле (5.56):

$$n_{ot1} = \frac{q_w}{1,41 K_{set} D_{set}^2 u_0} = \frac{790}{1,41 \cdot 0,65 \cdot 9^2 \cdot 2,32} = 4,6.$$

Принимаем пять отделений отстойника.

В.3.6 По формуле (5.57) определяем диаметр D_{kp} , м, и по формуле (5.58) высоту кольцевой перегородки H_{kp} , м:

$$D_{kp} = D_{set1} \cdot \sqrt{0,5} = 9 \cdot \sqrt{0,5} = 6,36,$$

$$H_{kp} = \frac{2H_{set}}{3} = \frac{2 \cdot 3,5}{3} = 2,33.$$

В.3.7 По формуле (5.59) находим общую высоту цилиндрической части отстойника $H_{ц}$, м:

$$H_{ц} = H_{set} + H_2 + H_3 = 3,5 + 0,3 + 0,5 = 4,3.$$

В.3.8 По формуле (5.54) определяем высоту конической части отстойника H_k , м (при угле наклона конического днища $\alpha = 50^\circ$):

$$H_k = 0,5D_{vset} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,5 \cdot 9 \cdot \operatorname{tg} 50^\circ = 5,36.$$

В.3.9 По формуле (5.55) находим общую высоту отстойника H_{vot} , м:

$$H_{vot} = H_{ц} + H_k = 4,3 + 5,36 = 9,66.$$

В.3.10 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{12\,000 \cdot (280 - 140)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 33,6.$$

В.4 Расчет радиального отстойника

В.4.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 89\,000$ м³/сут; максимальный расход $q_{max} = 1,51$ м³/с; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 310$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 150$ мг/дм³.

Рассчитать первичный радиальный отстойник.

В.4.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{310 - 150}{310} = 51,6.$$

Принимаем глубину проточной части в отстойнике $H_{set} = 3$ м, коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{set} = 0,45$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 703$ с при эффекте осветления $\Theta = 51,6$ %.

В.4.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,2$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000H_{set}K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set}H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 0,45}{703 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3}{0,5} \right)^{0,2}} = 1,52.$$

В.4.4 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.9) при скорости рабочего потока $V_w = 5$ мм/с принимаем скорость турбулентной составляющей $V_{tb} = 0$ мм/с.

Принимаем четыре отделения отстойника и по формуле (5.61) определяем диаметр отделения отстойника D_{setr} , м:

$$D_{setr} = \sqrt{\frac{4000q_{max}}{\pi n_{rot} K_{set} \cdot (u_0 - V_{tb})}} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 1,51}{3,1416 \cdot 4 \cdot 0,45 \cdot (1,52 - 0)}} = 26,5.$$

Принимаем стандартный диаметр отделения $D_{set} = 30$ м.

В.4.5 По формуле (5.62) рассчитываем скорость рабочего потока на середине радиуса отстойника V_r , м/с:

$$V_r = \frac{2q_{\max}}{\pi n_{\text{rot}} D_{\text{set}} H_{\text{set}}} = \frac{2 \cdot 1,51}{3,1416 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 3} = 0,003.$$

Скорость рабочего потока на середине радиуса $V_r = 3$ мм/с находится в допустимых пределах, указанных для V_w в ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8).

В.4.6 По формуле (5.44) определяем общую высоту отстойника H , м:

$$H = H_{\text{set}} + H_1 + H_2 = 3 + 0,5 + 0,3 = 3,8.$$

В.4.7 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{\text{mud}} = \frac{Q \cdot (C_{\text{en}} - C_{\text{ex}})}{(100 - p_{\text{mud}}) \cdot \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4} = \frac{89\,000 \cdot (310 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 284,8.$$

В.5 Расчет отстойника с вращающимся сборно-распределительным устройством

В.5.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 39\,000$ м³/сут; максимальный расход $q_{\max} = 0,68$ м³/с; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{\text{en}} = 360$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{\text{ex}} = 150$ мг/дм³.

Рассчитать первичный отстойник с вращающимся сборно-распределительным устройством.

В.5.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{\text{en}} - C_{\text{ex}}}{C_{\text{en}}} = 100 \cdot \frac{360 - 150}{360} = 58,3.$$

В.5.3 Принимаем глубину проточной части в отстойнике $H_{\text{set}} = 1$ м, коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{\text{set}} = 0,85$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{\text{set}} = 832$ с при эффекте осветления $\Theta = 58,3$ %.

В.5.4 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,23$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{\text{set}} K_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \cdot \left(\frac{K_{\text{set}} H_{\text{set}}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0,85}{832 \cdot \left(\frac{0,85 \cdot 1}{0,5} \right)^{0,23}} = 1,02.$$

В.5.5 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) скорость рабочего потока $V_w = 0$ мм/с и, соответственно, по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.9) скорость турбулентной составляющей $V_{\text{tb}} = 0$ мм/с.

В.5.6 Принимаем три отделения отстойника и по формуле (5.61) определяем диаметр отстойника $D_{\text{set } r}$, м:

$$D_{\text{set } r} = \sqrt{\frac{4000 q_{\max}}{\pi n_{\text{rot}} K_{\text{set}} (u_0 - V_{\text{tb}})}} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 0,68}{3,1416 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot (1,02 - 0)}} = 18,2.$$

Принимаем стандартный диаметр отделений $D_{\text{set}} = 18$ м.

В.5.7 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.41)) рассчитываем производительность одного отделения отстойника q_{set} , м³/ч:

$$q_{\text{set}} = 2,8 K_{\text{set}} \cdot (D_{\text{set}}^2 - d_{\text{en}}^2) \cdot (u_0 - V_{\text{tb}}) = 2,8 \cdot 0,85 \cdot (18^2 - 1^2) \cdot (1,02 - 0) = 784,1.$$

В.5.8 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.49)) определяем период вращения водораспределительного устройства T , с:

$$T = \frac{1000 H_{\text{set}} K_{\text{set}}}{u_0} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0,85}{1,02} = 833.$$

В.5.9 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.46)) рассчитываем радиус водораспределительного лотка R_n , м

$$R_n = 0,5D_{set} - b_s = 0,5 \cdot 18 - 0,15 = 8,85.$$

В.5.10 По ТКП 45-4.01-202 (формулы (6.45) и (6.48)) рассчитываем ширину водораспределительного лотка B_p , м, и высоту водослива $h_{сб}$, м, принимая удаление расчетного створа лотка l_n через 1 м. Результаты расчета сводим в таблицу В.1.

Таблица В.1

В метрах

l_n	0	1	2	3	4	5	6	7
B_p	1,238	1,235	1,226	1,211	1,192	1,165	1,132	1,091
$h_{сб}$	0	0,022	0,035	0,045	0,055	0,064	0,072	0,080
l_n	8	9	10	11	12	13	14	14,85
B_p	1,043	0,984	0,915	0,831	0,729	0,598	0,413	0
$h_{сб}$	0,087	0,095	0,101	0,108	0,115	0,121	0,127	0,132

В.5.11 По формуле (5.44) определяем общую высоту отстойника H , м:

$$H = H_{set} + H_1 + H_2 = 1 + 0,5 + 0,3 = 1,8.$$

В.5.12 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{39\,000 \cdot (360 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 163,8.$$

В.6 Расчет тонкослойного отстойника с перекрестной схемой работы

В.6.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 8900$ м³/сут; максимальный часовой расход $q_w = 590$ м³/ч; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 255$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 150$ мг/дм³.

Рассчитать тонкослойный отстойник с перекрестной схемой работы (см. рисунок 5.3).

В.6.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{255 - 150}{255} = 41,2.$$

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем высоту яруса (глубину отстойной части) $H_{set} = 0,1$ м, коэффициент использования объема $K_{set} = 0,8$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 566$ с при эффекте осветления $\Theta = 41,2$ %.

В.6.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,25$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) настоящего технического кодекса определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 0,8}{566 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 0,1}{0,5} \right)^{0,25}} = 0,22.$$

В.6.4 Принимаем шесть отделений отстойника.

В.6.5 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем скорость рабочего потока $V_w = 7$ мм/с, а также принимаем плоские пластины, для которых по формуле (5.63) настоящего стандарта коэффициент $K_{dis} = 1,2$.

В.6.6 По формуле (5.63) находим длину яруса тонкослойного блока L_{bl} , м:

$$L_{bl} = \frac{V_w h_{ti} K_{dis}}{u_0} = \frac{7 \cdot 0,1 \cdot 1,2}{0,22} = 3,82.$$

В.6.7 Принимаем четыре блока длиной по 0,8 м, общей длиной $L_{bl} = 3,8$ м.

В.6.8 По формуле (5.64) рассчитываем высоту тонкослойного блока H_{bl} , м:

$$H_{bl} = \frac{q_w K_{dis} h_{ti}}{7,2 n_{to} K_{set} L_{bl} u_0} = \frac{590 \cdot 1,2 \cdot 0,1}{7,2 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 0,22} = 2,45.$$

В.6.9 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем ширину отстойника $B_{set} = 1,5$ м.

По формуле (5.65) определяем ширину тонкослойного блока B_{bl} , м:

$$B_{bl} = \frac{B_{set}}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75.$$

По формуле (5.66) определяем строительную ширину отстойника $B_{стр}$, м:

$$B_{стр} = 2B_{bl} + b_1 + 2b_2 = 2 \cdot 0,75 + 0,25 + 2 \cdot 0,05 = 1,85.$$

В.6.10 Принимаем угол наклона пластин к горизонту $\alpha = 45^\circ$ и по формуле (5.67) определяем максимальную ширину пластин блока $B_{пл}$, м:

$$B_{пл} = \frac{B_{bl}}{\cos \alpha} = \frac{0,75}{\cos 45^\circ} = 1,06.$$

В.6.11 По формуле (5.68) определяем длину зоны выделения крупных примесей l_1 , м:

$$l_1 = \frac{q_w t}{60 n_{to} H_{bl} K_{set} B_{стр}} = \frac{590 \cdot 2}{60 \cdot 6 \cdot 2,42 \cdot 0,8 \cdot 1,85} = 0,92.$$

В.6.12 По формуле (5.69) находим строительную длину секции отстойника $L_{стр}$, м:

$$L_{стр} = L_{bl} + l_1 + l_2 + 2l_3 + l_4 = 3,18 + 0,92 + 0 + 2 \cdot 0,2 + 0,2 = 4,4.$$

В.6.13 По формуле (5.70) определяем строительную высоту отстойника $H_{стр}$, м:

$$H_{стр} = H_{bl} + h_3 + h_m + 0,3 = 2,42 + 0,3 + 0,1 + 0,3 = 3,12.$$

В.6.14 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{8900 \cdot (255 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 18,7.$$

В.7 Расчет тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 1

В.7.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 25\,600$ м³/сут; максимальный часовой расход $q_w = 1650$ м³/ч; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 220$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 130$ мг/дм³.

Рассчитать тонкослойный отстойник с противоточной схемой работы № 1 (см. рисунок 5.4).

В.7.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{220 - 130}{220} = 40,9.$$

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем высоту яруса (глубину отстойной части) $H_{set} = 0,1$ м, коэффициент использования объема $K_{set} = 0,7$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 613$ с при эффекте осветления $\Theta = 40,9$ %.

В.7.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,3$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 0,7}{613 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 0,1}{0,5} \right)^{0,3}} = 0,21.$$

В.7.4 Принимаем 10 отделений отстойника.

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем скорость рабочего потока $V_w = 6$ мм/с, а также принимаем плоские пластины, для которых по формуле (5.63) настоящего технического кодекса коэффициент $K_{dis} = 1,2$.

В.7.5 По формуле (5.63) определяем длину яруса тонкослойного блока L_{bl} , м:

$$L_{bl} = \frac{V_w h_{ij} K_{dis}}{u_0} = \frac{6 \cdot 0,1 \cdot 1,2}{0,21} = 3,43.$$

В.7.6 По формуле (5.72) рассчитываем расстояние между пластинами $b_{пл}$, м, при угле наклона $\alpha = 50^\circ$:

$$b_{пл} = h_{ij} \sin \alpha = 0,1 \sin 50^\circ = 0,08.$$

В.7.7 Принимаем количество ярусов в блоке $n_{ij} = 25$ шт.

По формуле (5.73) определяем высоту H_{bl} , м:

$$H_{bl} = b_{пл} n_{ij} = 0,08 \cdot 25 = 2.$$

По формуле (5.74) определяем ширину тонкослойного блока B_{bl} , м:

$$B_{bl} = \frac{q_w}{3,6 n_{to} H_{bl} K_{set} V_w} = \frac{1650}{3,6 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 6} = 5,46.$$

Ширина B_{bl} находится в пределах от 2 до 6 м по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8).

В.7.8 Строительную длину секции отстойника $L_{стр}$, м, рассчитываем по формуле (5.75):

$$L_{стр} = L_{bl} \cos \alpha + H_{bl} \sin \alpha + 1 = 3,43 \cos 50^\circ + 2 \sin 50^\circ = 3,74.$$

Строительную высоту отстойника $H_{стр}$, м, рассчитываем по формуле (5.76):

$$H_{стр} = L_{bl} \sin \alpha + H_{bl} \cos \alpha + 1 = 3,43 \sin 50^\circ + 2 \cos 50^\circ = 3,91.$$

В.7.9 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{25 \cdot 600 \cdot (220 - 130)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 46,08.$$

В.8 Расчет тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 2

В.8.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 15200$ м³/сут; максимальный часовой расход $q_w = 990$ м³/ч; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{en} = 310$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{ex} = 150$ мг/дм³.

Рассчитать тонкослойный отстойник с противоточной схемой работы № 2 (см. рисунок 5.5).

В.8.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойнике Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} = 100 \cdot \frac{310 - 150}{310} = 51,6.$$

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем высоту яруса (глубину отстойной части) $H_{set} = 0,1$ м, коэффициент использования объема $K_{set} = 0,7$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{set} = 630$ с при эффекте осветления $\Theta = 51,6$ %.

В.8.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,195$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,1 \cdot 0,7}{630 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 0,1}{0,5} \right)^{0,195}} = 0,16.$$

В.8.4 Принимаем шесть отделений отстойника.

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.8) принимаем скорость рабочего потока $V_w = 5$ мм/с, а также принимаем плоские пластины (коэффициент $K_{dis} = 1,2$).

В.8.5 По формуле (5.71) находим длину яруса тонкослойного блока L_{bl} , м:

$$L_{bl} = \frac{V_w h_{ij}}{u_0} = \frac{5 \cdot 0,1}{0,16} = 3,12.$$

В.8.6 Задаем ширину секции отстойника: $B_{bl} = B_{set} = 6$ м.

В.8.7 По формуле (5.77) определяем длину зоны тонкослойного отстаивания l_b , м:

$$l_b = \frac{q_w}{3,6 n_{to} B_{bl} K_{set} V_w} = \frac{990}{3,6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot 5} = 2,18.$$

В.8.8 По формуле (5.79) определяем l_2 , м, при угле наклона пластин $\alpha = 45^\circ$:

$$l_2 = L_{bl} \sin(90^\circ - \alpha) = 3,12 \sin(90^\circ - 45^\circ) = 2,21.$$

Строительную длину секции отстойника $L_{стр}$, м, определяем по формуле (5.78):

$$L_{стр} = l_1 + l_b + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = 1,5 + 2,18 + 2,21 + 0,3 + 0,1 + 0,5 = 6,79.$$

В.8.9 По формуле (5.81) определяем h_2 , м, при угле наклона пластин $\alpha = 45^\circ$:

$$h_2 = L_{bl} \sin \alpha = 3,12 \sin 45^\circ = 2,21.$$

Строительную высоту отстойника $H_{стр}$, м, определяем по формуле (5.80):

$$H_{стр} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0,6 + 2,21 + 0,5 + 0,5 = 3,81.$$

В.8.10 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{15\,200 \cdot (310 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 48,64.$$

Приложение Г (рекомендуемое)

Примеры расчета двухъярусных отстойников, осветлителей-перегивателей и усреднителей

Г.1 Расчет двухъярусных отстойников

Г.1.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 5500 \text{ м}^3/\text{сут}$; максимальный расход $q_{\max} = 0,105 \text{ м}^3/\text{с}$; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{\text{en}} = 210 \text{ мг/дм}^3$; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{\text{ex}} = 120 \text{ мг/дм}^3$; норма водоотведения $q_n = 180 \text{ л/чел.сут}$; средняя температура сточных вод в холодный период года 13°C , эквивалентное количество жителей 30 500 чел.

Рассчитать двухъярусные отстойники.

Г.1.2 Принимаем глубину отстойной части $H_{\text{set}} = 2 \text{ м}$, продолжительность отстаивания $t_{\text{set}} = 5400 \text{ с}$, коэффициент использования объема $K_{\text{set}} = 0,5$, скорость рабочего потока $V_w = 3 \text{ мм/с}$.

Г.1.3 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,3$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{\text{set}} K_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \cdot \left(\frac{K_{\text{set}} H_{\text{set}}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 0,5}{5400 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 2}{0,5} \right)^{0,3}} = 1,5.$$

По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойниках Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{\text{en}} - C_{\text{ex}}}{C_{\text{en}}} = 100 \cdot \frac{210 - 120}{210} = 42,9.$$

Г.1.4 Принимаем четыре двухъярусных отстойника по два желоба в каждом: $n_{\text{до}} = 4$, $n_{\text{ж}} = 2$.

Г.1.5 По формуле (5.82) рассчитываем ширину одного желоба отстойника $B_{\text{до}}$, м:

$$B_{\text{до}} = \frac{1000 q_{\max}}{n_{\text{ж}} V_w H_{\text{set}} n_{\text{до}}} = \frac{1000 \cdot 0,105}{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4} = 2,19.$$

Г.1.6 Принимаем длину осадочных желобов $L_{\text{ж}} = 12 \text{ м}$, диаметр $D_{\text{до}} = 12 \text{ м}$. По формуле (5.83) рассчитываем долю поверхности двухъярусных отстойников, свободную от желобов, $F_{\text{св}}$, %:

$$F_{\text{св}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{4 n_{\text{ж}} B_{\text{до}}}{\pi D_{\text{до}}} \right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot 2 \cdot 2,19}{3,1416 \cdot 12} \right) = 53,6.$$

Г.1.7 Проверка условия $F_{\text{св}} \geq 20 \%$ показала, что диаметр и количество двухъярусных отстойников выбраны правильно.

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.10) находим вместимость септической камеры при температуре 13°C : $w_{\text{ил}} = 46,7 \text{ л/чел.год}$.

Г.1.8 По формуле (5.84) определяем объем септической (иловой) камеры двухъярусного отстойника $W_{\text{ил}}$, м^3 :

$$W_{\text{ил}} = \frac{N_{\text{экв}} w_{\text{ил}}}{1000 n_{\text{до}}} = \frac{30\,500 \cdot 46,7}{1000 \cdot 4} = 355,8.$$

Г.1.9 По формуле (5.85) рассчитываем высоту конической части отстойника $H_{\text{кон}}$, м:

$$H_{\text{кон}} = \frac{\text{tg} \alpha \cdot D_{\text{до}}}{2} = \frac{\text{tg} 30^\circ \cdot 12}{2} = 3,46.$$

Г.1.10 По формуле (5.86) рассчитываем объем конической части отстойника $W_{\text{кон}}$, м^3 :

$$W_{\text{кон}} = \frac{\pi D_{\text{до}}^2 H_{\text{кон}}}{12} = \frac{3,1416 \cdot 12^2 \cdot 3,46}{12} = 130,6.$$

Г.1.11 По формуле (5.87) рассчитываем высоту септической камеры в цилиндрической части двухъярусного отстойника $H_{\text{цил}}$, м:

$$H_{\text{цил}} = 4 \cdot \frac{W_{\text{ил}} - W_{\text{кон}}}{\pi D_{\text{до}}^2} = 4 \cdot \frac{355,8 - 130,6}{3,1416 \cdot 12^2} = 1,99.$$

Принимаем высоту септической камеры в цилиндрической части двухъярусного отстойника равной 2 м.

Г.1.12 По формуле (5.88) находим высоту двухъярусного отстойника $H_{\text{до}}$, м:

$$H_{\text{до}} = H_{\text{сет}} + H_{\text{кон}} + H_{\text{цил}} + H_1 + H_2 = 2 + 3,46 + 2 + 0,3 + 0,5 = 8,26.$$

Г.1.13 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, $Q'_{\text{муд}}$, м³/сут:

$$Q'_{\text{муд}} = \frac{Q \cdot (C_{\text{ен}} - C_{\text{ex}})}{(100 - p_{\text{муд}}) \cdot \gamma_{\text{муд}} \cdot 10^4} = \frac{5500 \cdot (210 - 120)}{(100 - 90) \cdot 1 \cdot 10^4} = 4,95.$$

Г.2 Расчет осветлителей-перегнивателей

Г.2.1 Исходные данные: суточный расход городских сточных вод $Q = 8300$ м³/сут; максимальный расход $q_{\text{max}} = 0,16$ м³/с; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{\text{ен}} = 240$ мг/дм³; допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах $C_{\text{ex}} = 150$ мг/дм³; средняя температура сточных вод в холодный период года 18 °С.

Рассчитать осветлители-перегниватели.

Г.2.2 По формуле (5.39) рассчитываем необходимый эффект осветления в отстойниках Θ , %:

$$\Theta = \frac{C_{\text{ен}} - C_{\text{ex}}}{C_{\text{ен}}} = 100 \cdot \frac{240 - 150}{240} = 37,5.$$

Г.2.3 Принимаем глубину проточной части в осветлителе $H_{\text{сет}} = 4$ м, коэффициент использования объема проточной части $K_{\text{сет}} = 0,35$.

Методом интерполяции по ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.6) определяем продолжительность отстаивания $t_{\text{сет}} = 540,5$ с при эффекте осветления $\Theta = 37,5$ %.

Г.2.4 По ТКП 45-4.01-202 (рисунок 6.1) находим показатель степени $n_2 = 0,26$ и по ТКП 45-4.01-202 (формула (6.37)) определяем значение гидравлической крупности u_0 , мм/с:

$$u_0 = \frac{1000 H_{\text{сет}} K_{\text{сет}}}{t_{\text{сет}} \cdot \left(\frac{K_{\text{сет}} H_{\text{сет}}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 4 \cdot 0,35}{540,5 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 4}{0,5} \right)^{0,26}} = 1,98.$$

Г.2.5 Назначаем количество осветлителей-перегнивателей $n_{\text{ос}} = 10$. Принимаем скорость движения в центральной трубе $V_{\text{ен}} = 0,7$ м/с и по формуле (5.48) рассчитываем диаметр центральной трубы $d_{\text{ен}}$, м:

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 q_{\text{max}}}{\pi n_{\text{ос}} V_{\text{ен}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,16}{3,1416 \cdot 10 \cdot 0,7}} = 0,17.$$

Округляем диаметр $d_{\text{ен}}$ до сортаментного значения 200 мм.

Г.2.6 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.9) при скорости рабочего потока $V_w = 7$ мм/с находим скорость турбулентной составляющей $V_{\text{tb}} = 0,1$ мм/с.

По формуле (5.49) определяем диаметр отстойника $D_{\text{v сет}}$, м:

$$D_{\text{v сет}} = \sqrt{\frac{4000 q_{\text{max}}}{\pi n_{\text{ос}} K_{\text{сет}} \cdot (u_0 - V_{\text{tb}})}} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 0,16}{3,1416 \cdot 10 \cdot 0,35 \cdot (1,98 - 0,1)}} = 5,56.$$

Принимаем диаметр осветлителя $D_{\text{сет}} = 6$ м.

Г.2.7 По формуле (5.50) рассчитываем диаметр раструба d_p , м:

$$d_p = 1,35d_{en} = 1,35 \cdot 0,17 = 0,23.$$

Г.2.8 Принимаем продолжительность флокуляции $t_{fl} = 15$ мин и по формуле (5.89) находим диаметр камеры флокуляции D_{fl} , м:

$$D_{fl} = \sqrt{\frac{240q_{\max}t_{fl}}{\pi n_{os}H_{set}}} = \sqrt{\frac{240 \cdot 0,16 \cdot 15}{3,1416 \cdot 10 \cdot 4}} = 4,58.$$

Г.2.9 По формуле (5.90) определяем высоту конусной части осветлителя H_{koh}^{os} , м:

$$H_{koh}^{os} = 0,5D_{set} \operatorname{tg} \alpha = 0,5 \cdot 6 \operatorname{tg} 50^\circ = 3,58.$$

Г.2.10 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.50)) определяем количество осадка, задерживаемого отстойником за сутки, Q'_{mud} , м³/сут:

$$Q'_{mud} = \frac{Q \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{8300 \cdot (240 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 14,94.$$

Г.2.11 По ТКП 45-4.01-202 (таблица 6.11) методом интерполяции определяем суточную дозу загрузки осадка при температуре 18 °С: $D = 4,02$ %.

По формуле (5.91) определяем вместимость одного перегнивателя W_{mud1}^{pr} , м³:

$$W_{mud1}^{pr} = \frac{100Q'_{mud}}{n_{os}D_{сут}} = \frac{100 \cdot 14,94}{10 \cdot 4,02} = 37,09.$$

Г.2.12 По формуле (5.92) рассчитываем высоту перегнивателя H_{mud} , м:

$$H_{mud} = H_{set} + \frac{H_{koh}^{os}}{2} + H_1 = 4 + \frac{3,58}{2} + 0,6 = 6,39.$$

Г.2.13 По формуле (5.93) рассчитываем диаметр перегнивателя D_{mud} , м:

$$D_{mud} = \sqrt{\frac{4W_{mud1}^{pr}}{\pi H_{mud}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 37,09}{3,1416 \cdot 6,39}} = 2,72.$$

Так как получившийся диаметр меньше диаметра осветлителя, принимаем $D_{mud} = 12$ м.

Г.2.14 По формуле (5.90) рассчитываем высоту конусной части осветлителя H_{koh}^{os} , м:

$$H_{koh}^{os} = 0,5D_{set} \operatorname{tg} \alpha = 0,5 \cdot 12 \operatorname{tg} 30^\circ = 3,46.$$

Г.2.15 По формуле (5.94) определяем высоту осветлителя-перегнивателя H_{op} , м:

$$H_{op} = H_{mud} + H_{koh}^{os} + H_2 = 6,39 + 3,46 + 0,5 = 10,35.$$

Г.3 Расчет усреднителя барботажного типа

Г.3.1 Исходные данные: расход производственных сточных вод $q_w = 380$ м³/ч; режим поступления сточных вод — циклические изменения концентрации загрязняющих веществ с периодом колебаний $t_{cir} = 3$ ч и максимальной концентрацией загрязняющих веществ $C_{\max} = 500$ мг/дм³; средняя концентрация загрязняющих веществ в сточных водах $C_{mid} = 130$ мг/дм³; концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений, $C_{adm} = 260$ мг/дм³; содержание взвешенных веществ в сточных водах $C_{en} = 110$ мг/дм³ с гидравлической крупностью $u_0 = 9$ мм/с.

Выбрать тип усреднителя, рассчитать объем и конструктивные характеристики.

Г.3.2 По таблице 5.3 выбираем усреднитель барботажного типа.

Г.3.3 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.26)) определяем требуемый коэффициент усреднения K_{av} :

$$K_{av} = \frac{C_{\max} - C_{mid}}{C_{adm} - C_{mid}} = \frac{500 - 130}{260 - 130} = 2,846.$$

Г.3.4 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.27)) определяем объем усреднителя W_{cir} , м², при $K_{av} < 5$:

$$W_{cir} = 0,21q_w t_{cir} \cdot \sqrt{K_{av}^2 - 1} = 0,21 \cdot 380 \cdot 3 \cdot \sqrt{2,846^2 - 1} = 637,89.$$

Г.3.5 Принимаем глубину усреднителя $H = 3$ м, количество секций $n = 2$, затем по формуле (5.104) определяем площадь каждой секции усреднителя F , м²:

$$F = \frac{W_{cir}}{nH} = \frac{637,89}{2 \cdot 3} = 106,31.$$

Г.3.6 Назначаем ширину секции $B = 12$ м и по формуле (5.105) рассчитываем длину секции усреднителя L , м:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{106,31}{12} = 8,86.$$

Принимаем длину секции $L = 9$ м.

Г.3.7 По формуле (5.106) определяем площадь поперечного сечения секции усреднителя F_s , м²:

$$F_s = BH = 12 \cdot 3 = 36.$$

Г.3.8 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.30)) определяем максимальную скорость проточного течения жидкости u_c , м/с:

$$u_c = \frac{q_w}{nF_s \cdot 3600} = \frac{380}{2 \cdot 36 \cdot 3600} = 0,00147.$$

Рассчитанная скорость меньше максимального значения, равного 0,0025 м/с.

Г.3.9 Проектируем трубы-барботеры на глубине $H_b = 3$ м — два пристенных барботера на расстоянии от стены усреднителя $B_b = 3$ м и один промежуточный барботер, расположенный по оси секции.

Г.3.10 Принимаем интенсивность барботирования для пристенных барботеров $q_{air} = 12$ м/(ч·м), для промежуточных барботеров — $q'_{air} = 24$ м/(ч·м); по таблице Г.1 выбираем перфорированные трубы со следующими характеристиками:

— пристенный барботер: наружный диаметр трубы 63 мм, два ряда перфорационных отверстий диаметром 3 мм и с шагом между ними 160 мм, один стояк для подвода воздуха, располагаемый посередине барботера;

— промежуточный барботер: наружный диаметр трубы 63 мм, два ряда перфорационных отверстий диаметром 3 мм и с шагом между ними 80 мм, один стояк для подвода воздуха, располагаемый посередине барботера.

Г.3.11 По формуле (5.107) определяем общий расход воздуха для барботирования Q_{air} , м³/ч:

$$Q_{air} = (2q_{air} + n'_{air}q'_{air}) \cdot nL = (2 \cdot 12 + 1 \cdot 24) \cdot 2 \cdot 9 = 864.$$

Таблица Г.1 — Характеристики барботеров из полиэтиленовых труб

Наружный диаметр трубы, мм	Диаметр, мм		Количество рядов перфорационных отверстий	Интенсивность подачи воздуха, м³/ч	Перепад давлений на перфорационном отверстии, кПа	Шаг перфорационных отверстий, мм	Неравномерность подачи воздуха, %	Длина барботера, обслуживаемого одним стояком, м
	внутренний	перфорационных отверстий						
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
63	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	47,5
				24	1	80	20	33,5
75	71	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
Примечания								
1 Расчетную глубину погружения барботера принимают равной 4,3 м.								
2 Приведенные в таблице данные могут использоваться в диапазоне погружения от 3 до 5 м.								

Г.4 Расчет многоканального усреднителя с каналами различной ширины

Г.4.1 Исходные данные: расход производственных сточных вод $q_w = 450 \text{ м}^3/\text{ч}$; режим поступления сточных вод — залповые сбросы длительностью $t_z = 1,5 \text{ ч}$ с максимальной концентрацией загрязняющих веществ $C_{\max} = 500 \text{ мг/дм}^3$; средняя концентрация загрязняющих веществ в сточных водах $C_{\text{mid}} = 180 \text{ мг/дм}^3$; концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений, $C_{\text{adm}} = 250 \text{ мг/дм}^3$; начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих в отстойник, $C_{\text{en}} = 350 \text{ мг/дм}^3$ с гидравлической крупностью $u_0 = 2,5 \text{ мм/с}$.

Выбрать тип усреднителя, рассчитать объем и конструктивные характеристики.

Г.4.2 По таблице 5.3 выбираем многоканальный тип усреднителя с каналами различной ширины.

Г.4.3 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.26)) определяем требуемый коэффициент усреднения K_{av} :

$$K_{\text{av}} = \frac{C_{\max} - C_{\text{mid}}}{C_{\text{adm}} - C_{\text{mid}}} = \frac{500 - 180}{250 - 180} = 4,57.$$

Г.4.4 По формуле (5.95) рассчитываем объем усреднителя W_z , м^3 :

$$W_z = 0,5 q_w t_z K_{\text{av}} = 0,5 \cdot 450 \cdot 1,5 \cdot 4,57 = 1542,86.$$

Г.4.5 Принимаем глубину усреднителя $H = 2 \text{ м}$, количество секций $n = 4$, затем по формуле (5.104) находим площадь каждой секции усреднителя F , м^2 :

$$F = \frac{W_z}{nH} = \frac{1542,86}{4 \cdot 2} = 192,86.$$

Г.4.6 Назначаем ширину секции $B = 12 \text{ м}$ и по формуле (5.105) рассчитываем длину секции усреднителя L , м :

$$L = \frac{F}{B} = \frac{192,86}{12} = 16,1.$$

Принимаем длину секции $L' = 16 \text{ м}$. Назначаем количество каналов в каждой секции усреднителя $n_{\text{can}} = 3$.

Уточняем площадь каждой секции усреднителя F' , м^2 :

$$F' = L' B = 16 \cdot 12 = 192.$$

Г.4.7 По формуле (5.108) рассчитываем ширину каждого i -го канала b_i , м :

$$b_i = \frac{3 \cdot (i - 0,5)}{n_{\text{can}} \cdot (n_{\text{can}} - 1)} \cdot \left(\frac{2n_{\text{can}} - 1}{n_{\text{can}}} - \frac{2i}{n_{\text{can}} + 1} \right) \cdot B = \frac{3 \cdot (i - 0,5)}{3 \cdot (3 - 1)} \cdot \left(\frac{2 \cdot 3 - 1}{3} - \frac{2i}{3 + 1} \right) \cdot 12 = (i - 0,5) \cdot (10 - 3i).$$

Результаты расчета приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 — Результаты расчета ширины канала

Номер канала	1	2	3
Ширина канала b_i , м	3,5	6,0	2,5

Г.4.8 По формуле (5.109) рассчитываем расход воды в каждом i -том канале усреднителя q_i , $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_i = \left(\frac{2n_{\text{can}} - 1}{n_{\text{can}} \cdot (n_{\text{can}} - 1)} - \frac{2i}{n_{\text{can}}^2 - 1} \right) \cdot \frac{q_{\max}}{n} = \left(\frac{2 \cdot 3 - 1}{3 \cdot (3 - 1)} - \frac{2i}{3^2 - 1} \right) \cdot \frac{450}{3} = (20 - 6i) \cdot 6,25.$$

Результаты расчета приведены в таблице Г.3.

Таблица Г.3

Номер канала	1	2	3
Расход воды в i -том канале q_i , $\text{м}^3/\text{ч}$	118,75	50,00	12,50

Г.4.9 Принимаем скорость течения в распределительном лотке $V_l = 0,4$ м/с и по формуле (5.110) определяем площадь поперечного сечения лотка ω , м²:

$$\omega = \frac{q_{\max}}{3600nV_l} = \frac{450}{3600 \cdot 4 \cdot 0,4} = 0,078.$$

Подбираем лоток шириной $b_0 = 0,3$ м и глубиной $h_0 = 0,26$ м.

Г.4.10 По ТКП 45-4.01-202 (формула (6.29)) рассчитываем площадь бокового отверстия F_{ni}^6 , м², и донного отверстия F_{ni}^A , м², и их геометрические параметры в распределительном лотке:

$$F_{ni}^6 = \frac{q_i}{3600\mu \cdot \sqrt{2gh_0}} = \frac{q_i}{3600 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,26}} = 0,0001756q_i,$$

$$F_{ni}^A = \frac{q_i}{3600\mu \cdot \sqrt{2gh_0}} = \frac{q_i}{3600 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,26}} = 0,0001537q_i.$$

Результаты расчета приведены в таблице Г.4.

Таблица Г.4 — Значения геометрических параметров распределительного лотка усреднителя

Параметр	Номер канала		
	1	2	3
Расход в канале, м ³ /ч	118,75	50,00	12,50
Площадь отверстия, м ² :			
донного	0,02100	0,008782	0,002195
бокового	0,01825	0,007685	0,001921
Диаметр донного отверстия, см	16	10	5
Размеры бокового отверстия, см	14×14	9×9	5×5

Г.5 Расчет прямоугольного и круглого в плане многоканального усреднителя с каналами разной длины

Г.5.1 Исходные данные аналогичны приведенным в примере Г.4.

Рассчитать конструктивные параметры многоканального усреднителя с каналами различной длины (прямоугольных и круглых в плане).

Г.5.2 Из примера расчета Г.4 известен объем усреднителя $W_z = 2121,52$ м³.

Г.5.3 Принимаем количество секций $n = 2$, глубину усреднителя $H = 1,5$ м, затем по формуле (5.104) находим площадь каждой секции усреднителя F , м²:

$$F = \frac{W_z}{nH} = \frac{1542,86}{2 \cdot 1,5} = 514,29.$$

Г.5.4 Вариант 1 — прямоугольный в плане усреднитель

Г.5.4.1 Назначаем ширину секции $B = 12$ м и по формуле (5.105) рассчитываем длину секции усреднителя L , м:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{514,29}{12} = 42,86.$$

Принимаем длину секции $L = 43$ м.

Г.5.4.2 Назначаем количество каналов в каждой секции усреднителя $n_{can} = 4$. По формуле (5.113) рассчитываем ширину одного канала b_{can} , м:

$$b_{can} = \frac{B}{n_{can}} = \frac{12}{4} = 3.$$

Г.5.5 Вариант 2 — круглый в плане усреднитель

Г.5.5.1 По формуле (5.112) рассчитываем диаметр усреднителя D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 514,29}{3,14}} = 26.$$

Принимаем диаметр усреднителя $D = 30$ м.

Г.5.5.2 Назначаем количество каналов в каждой секции усреднителя $n_{can} = 5$ и по формуле (5.113) рассчитываем ширину одного канала b_{can} , м:

$$b_{can} = \frac{0,5D}{n_{can}} = \frac{0,5 \cdot 30}{5} = 3.$$

Г.6 Расчет объема усреднителя при произвольных колебаниях концентрации загрязнителя в сточных водах

Г.6.1 Исходные данные: расход производственных сточных вод $q_w = 530$ м³/ч является постоянным; режим поступления сточных вод — произвольные колебания; концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений, $C_{adm} = 800$ мг/дм³.

Рассчитать объем усреднителя при произвольных колебаниях концентрации загрязняющих веществ в сточных водах.

Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах C_{en} , мг/дм³, в зависимости от времени суток приведены в таблице Г.5.

Таблица Г.5 — Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах

Время суток, ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³	Время суток, ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³
0–1	210	12–13	810
1–2	430	13–14	510
2–3	620	14–15	290
3–4	680	15–16	150
4–5	500	16–17	150
5–6	720	17–18	190
6–7	990	18–19	220
7–8	1580	19–20	320
8–9	830	20–21	260
9–10	890	21–22	270
10–11	1150	22–23	250
11–12	980	23–24	230

Г.6.2 Превышение концентрации загрязняющих веществ над допустимым уровнем (800 мг/дм³) наблюдается во время суток с 6 до 13 ч. Период усреднения $t = 7$ ч.

Г.6.3 Определяем ориентировочный объем усреднителя W_{es} , м³, равный суммарному притоку в часы, указанные в Г.6.2:

$$W_{es} = q_w t = 530 \cdot 7 = 3710.$$

Для дальнейших расчетов принимаем объем усреднителя $W_{es} = 3800$ м³.

Г.6.4 По формуле (5.96) рассчитываем максимальный период времени Δt_{st} , ч, через который будут рассчитывать концентрации загрязняющих веществ на выходе:

$$\Delta t_{st} = \frac{W_{es}}{5q_{max}} = \frac{3800}{5 \cdot 530} = 1,43.$$

В данной формуле $q_{max} = q_w = 530 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Так как $\Delta t_{st} > 1$ ч, принимаем $\Delta t_{st} = 1$ ч.

Г.6.5 Наибольшая концентрация загрязняющих веществ (1580 мг/дм^3) наблюдается во время суток с 7 до 8 ч, следовательно, начинаем расчет с этого часа. Предполагаем, что в 8 ч после усреднения концентрация загрязняющих веществ будет равна допустимому значению — 800 мг/дм^3 .

Г.6.6 По формуле (5.97) рассчитываем приращение концентрации загрязняющих веществ на выходе из усреднителя за 1 ч ΔC_{ex} , мг/дм^3 :

$$\Delta C_{ex} = \frac{q_w \cdot (C_{en}^i - C_{ex}^{i-1}) \cdot \Delta t}{W_{es}} = \frac{530 \cdot (830 - 800) \cdot 1}{3800} = 4.$$

Г.6.7 По формуле (5.98) определяем концентрацию загрязняющих веществ на выходе из усреднителя за 9 ч C_{ex}^9 , мг/дм^3 :

$$C_{ex}^9 = C_{ex}^{i-1} + \Delta C_{ex} = 800 + 4 = 804.$$

Г.6.8 Аналогично рассчитываем приращение загрязняющих веществ ΔC_{ex} , мг/дм^3 , и их концентрацию на выходе за 10 ч C_{ex}^{10} , мг/дм^3 :

$$\Delta C_{ex} = \frac{q_w \cdot (C_{en}^i - C_{ex}^{i-1}) \cdot \Delta t}{W_{es}} = \frac{530 \cdot (890 - 804) \cdot 1}{3800} = 12.$$

$$C_{ex}^{10} = C_{ex}^{i-1} + \Delta C_{ex} = 804 + 12 = 816.$$

Результаты дальнейшего расчета приведены в таблице Г.6.

Таблица Г.6 — Результаты расчета усреднителя (вариант 1)

Исходные данные			Расчетные концентрации загрязняющих веществ, мг/дм^3 , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Подача в усреднитель q_i , $\text{м}^3/\text{ч}$	Концентрация C_{ex} , мг/дм^3	1-е сутки		2-е сутки		3-тьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
0–1	530	210	—	—	–22	347	–21	339
1–2		430	—	—	12	359	13	352
2–3		620	—	—	36	395	37	389
3–4		680	—	—	40	435	41	430
4–5		500	—	—	9	444	10	439
5–6		720	—	—	39	482	39	479
6–7		990	—	—	71	553	71	550
7–8		1580	—	800	143	696	144	694
8–9		830	4	804	19	715	19	713
9–10		890	12	816	24	739	25	737
10–11		1150	47	863	57	797	58	795
11–12		980	16	879	26	822	26	821

Окончание таблицы Г.6

Исходные данные			Расчетные концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³ , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Подача в усреднитель q_i , м ³ /ч	Концентрация C_{ex} , мг/дм ³	1-е сутки		2-е сутки		3-ьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
12–13	530	810	–10	869	–2	821	–1	819
13–14		510	–50	819	–43	777	–43	776
14–15		290	–74	745	–68	709	–68	708
15–16		150	–83	662	–78	631	–78	630
16–17		150	–71	591	–67	564	–67	563
17–18		190	–56	535	–52	512	–52	511
18–19		220	–44	491	–41	471	–41	471
19–20		320	–24	467	–21	450	–21	450
20–21		260	–29	438	–27	424	–26	423
21–22		270	–23	415	–21	402	–21	402
22–23		250	–23	392	–21	381	–21	381
23–24		230	–23	369	–21	360	–21	360

Как следует из таблицы Г.6, после трех суток работы усреднителя допустимая концентрация загрязняющих веществ не достигнута.

Г.6.9 Увеличиваем объем усреднителя W_{es} до значения 4200 м³ и повторяем расчет. Результаты расчета приведены в таблице Г.7.

Таблица Г.7 — Результаты расчета усреднителя (вариант 2)

Исходные данные			Расчетные концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³ , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Подача в усреднитель q_i , м ³ /ч	Концентрация C_{ex} , мг/дм ³	1-е сутки		2-е сутки		3-ьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
0–1	530	210	—	—	–23	368	–21	355
1–2		430	—	—	8	375	9	365
2–3		620	—	—	31	406	32	397
3–4		680	—	—	35	441	36	433
4–5		500	—	—	7	448	9	441
5–6		720	—	—	34	483	35	476
6–7		990	—	—	64	547	65	541
7–8		1580	—	800	130	677	131	672
8–9		830	4	804	19	696	20	692
9–10		890	11	815	24	721	25	717
10–11		1150	42	857	54	775	55	772

Окончание таблицы Г.7

Исходные данные			Расчетные концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³ , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Подача в усреднитель q_i , м ³ /ч	Концентрация C_{ex} , мг/дм ³	1-е сутки		2-е сутки		3-ьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
11–12	530	980	16	873	26	801	26	798
12–13		810	–8	865	1	802	2	800
13–14		510	–45	820	–37	765	–37	763
14–15		290	–67	753	–60	705	–60	703
15–16		150	–76	677	–70	635	–70	633
16–17		150	–66	610	–61	574	–61	572
17–18		190	–53	557	–48	525	–48	524
18–19		220	–43	515	–39	487	–38	486
19–20		320	–25	490	–21	466	–21	465
20–21		260	–29	461	–26	440	–26	439
21–22		270	–24	437	–21	418	–21	418
22–23		250	–24	413	–21	397	–21	397
23–24		230	–23	390	–21	376	–21	376

Допустимая концентрация загрязняющих веществ на выходе из усреднителя достигается в 13 ч на третьи сутки усреднения, следовательно, расчетный объем $W_{es} = 4200 \text{ м}^3$ определен правильно.

Г.7 Расчет объема усреднителя при произвольных колебаниях концентрации загрязнителя и расхода сточных вод

Г.7.1 Исходные данные: характер колебаний концентрации загрязняющих веществ в производственных сточных водах — произвольный; допустимая концентрация загрязняющих веществ после усреднения $C_{adm} = 800 \text{ мг/дм}^3$.

Рассчитать объем усреднителя при произвольных колебаниях концентраций загрязняющих веществ и расхода сточных вод.

Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах и их расходы приведены в таблице Г.8.

Таблица Г.8 — Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах и их расходы

Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³	Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³
0–1	150	210	7–8	250	1580
1–2	140	430	8–9	260	830
2–3	120	620	9–10	290	890
3–4	100	680	10–11	300	1150
4–5	100	500	11–12	310	980
5–6	180	720	12–13	290	810
6–7	190	990	13–14	290	510

Окончание таблицы Г.8

Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ $C_{еп}$, мг/дм ³	Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ $C_{еп}$, мг/дм ³
14–15	210	290	19–20	200	320
15–16	200	150	20–21	220	260
16–17	190	150	21–22	250	270
17–18	180	190	22–23	190	250
18–19	190	220	23–24	180	230

Г.7.2 По формуле (5.99) находим расход сточных вод после усреднения q_{ex} , м³/ч:

$$q_{ex} = \frac{\sum q_i}{24} = \frac{4980}{24} = 207,5.$$

Г.7.3 Определяем поступление сточных вод в усреднитель по всем часам времени суток Δq , м³/ч, результаты приведены в графах 4 и 5 таблицы Г.9. Например, для времени суток с 0 до 1 ч значение Δq_1 вычисляем следующим образом:

$$\Delta q_1 = 150 - 207,5 = -57,5.$$

Так как значение отрицательное, заносим его в графу 5. Аналогично рассчитываем другие значения и заносим в графы таблицы.

Г.7.4 Принимаем за час нулевого объема последний интервал времени с 22 до 7 ч, т. е. время суток с 6 до 7 ч.

Г.7.5 По формуле (5.101) последовательно, начиная с 6 до 7 ч, рассчитываем остатки воды в регулирующей емкости усреднителя ΔW_i , м³. Результаты заносим в таблицу Г.9. Например, для времени суток с 7 до 8 ч остаток воды ΔW_8 , м³, рассчитываем следующим образом:

$$\Delta W_8 = 0 + 42,95 = 42,95.$$

Г.7.6 По результатам расчета принимаем объем регулирующей емкости усреднителя, равный наибольшему значению остатка, который наблюдается с 14 до 15 ч, $W_{reg} = 540$ м³.

Г.7.7 Далее производим расчет объема усреднителя, необходимого для усреднения концентрации загрязняющих веществ. Превышение концентрации загрязняющих веществ над допустимым уровнем (800 мг/дм³) наблюдается с 6 до 13 ч. Период усреднения равен 7 ч.

Таблица Г.9 — Расчет регулирующего объема усреднителя

Время суток, ч	Подача в усреднитель, м ³ /ч	Расход после усреднителя, м ³ /ч	Поступление в емкость Δq_i , м ³	Расход из емкости Δq_i , м ³	Остаток в емкости ΔW , м ³
1	2	3	4	5	6
0–1	150	207,5	—	57,5	415,0
1–2	140	207,5	—	67,5	347,5
2–3	120	207,5	—	87,5	260,0
3–4	100	207,5	—	107,5	152,5
4–5	100	207,5	—	107,5	45,0
5–6	180	207,5	—	27,5	17,5
6–7	190	207,5	—	17,5	0
7–8	250	207,5	42,5	—	42,5

Окончание таблицы Г.9

Время суток, ч	Подача в усреднитель, м ³ /ч	Расход после усреднителя, м ³ /ч	Поступление в емкость Δq_i , м ³	Расход из емкости Δq_i , м ³	Остаток в емкости ΔW , м ³
1	2	3	4	5	6
8–9	260	207,5	52,5	—	95,0
9–10	290	207,5	82,5	—	177,5
10–11	300	207,5	92,5	—	270,0
11–12	310	207,5	102,5	—	372,5
12–13	290	207,5	82,5	—	455,0
13–14	290	207,5	82,5	—	537,5
14–15	210	207,5	2,5	—	540,0
15–16	200	207,5	—	7,5	532,5
16–17	190	207,5	—	17,5	515,0
17–18	180	207,5	—	27,5	487,5
18–19	190	207,5	—	17,5	470,0
19–20	200	207,5	—	7,5	462,5
20–21	220	207,5	12,5	—	475,0
21–22	250	207,5	42,5	—	517,5
22–23	190	207,5	—	17,5	500,0
23–24	180	207,5	—	27,5	472,5

Г.7.8 Ориентировочный объем усреднителя W_{es} , м³, равен суммарному притоку сточных вод в указанное в Г.7.7 время суток:

$$W_{es} = 190 + 250 + 260 + 290 + 300 + 310 + 290 = 1890.$$

Для дальнейших расчетов принимаем объем усреднителя $W_{es} = 1900$ м³.

Г.7.9 По формуле (5.96) рассчитываем максимальный период времени Δt_{st} , ч, через который будут рассчитываться концентрации загрязняющих веществ на выходе из усреднителя:

$$\Delta t_{st} = \frac{W_{es}}{5q_{max}} = \frac{1900}{5 \cdot 310} = 1,23.$$

В данной формуле $q_{max} = 310$ м³/ч. Так как $\Delta t_{st} > 1$ ч, принимаем $\Delta t_{st} = 1$ ч.

Г.7.10 Наибольшая концентрация 1580 мг/л наблюдается во время суток с 7 до 8 ч, следовательно, начинаем расчет с этого часа.

Предполагаем, что в 8 ч после усреднения концентрация загрязняющих веществ будет равна допустимому значению — 800 мг/дм³.

Г.7.11 По формуле (5.97) рассчитываем приращение концентрации загрязняющих веществ на выходе из усреднителя за 1 ч ΔC_{ex} , мг/дм³:

$$\Delta C_{ex} = \frac{q_{wh} \cdot (C_{en}^i - C_{ex}^{i-1}) \cdot \Delta t_{st}}{W_{es}} = \frac{250 \cdot (830 - 800) \cdot 1}{1900} = 4.$$

Г.7.12 По формуле (5.98) определяем концентрацию загрязняющих веществ на выходе из усреднителя за 9 ч C_{ex}^9 , мг/дм³:

$$C_{ex}^9 = C_{ex}^{i-1} + \Delta C_{ex} = 800 + 4 = 804.$$

Аналогично рассчитываем приращение и концентрацию загрязняющих веществ на выходе за 10 ч:

$$\Delta C_{ex}^{10} = \frac{290 \cdot (890 - 804) \cdot 1}{1900} = 13,$$

$$C_{ex}^{10} = C_{ex}^9 + \Delta C_{ex}^{10} = 804 + 13 = 817.$$

Результаты дальнейшего расчета приведены в таблице Г.10.

Таблица Г.10 — Результаты расчета объема усреднителя (вариант 1)

Исходные данные			Приращение и расчетная концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³ , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³	1-е сутки		2-е сутки		3-ьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
0–1	150	210	—	—	–17	413	–16	397
1–2	140	430	—	—	1	414	2	400
2–3	120	620	—	—	13	427	14	413
3–4	100	680	—	—	13	440	14	427
4–5	100	500	—	—	3	443	4	431
5–6	180	720	—	—	26	470	27	459
6–7	190	990	—	—	52	522	53	512
7–8	250	1580	—	800	139	661	141	652
8–9	260	830	4	804	22	683	23	676
9–10	290	890	13	817	32	715	33	708
10–11	300	1150	53	870	69	783	70	778
11–12	310	980	18	888	32	816	33	811
12–13	290	810	–12	876	–1	815	0	811
13–14	290	510	–56	820	–47	768	–46	765
14–15	210	290	–59	761	–53	715	–52	712
15–16	200	150	–64	697	–60	656	–59	653
16–17	190	150	–55	642	–51	605	–50	603
17–18	180	190	–43	599	–39	566	–39	564
18–19	190	220	–38	562	–35	531	–34	529
19–20	200	320	–25	536	–22	509	–22	507
20–21	220	260	–32	504	–29	480	–29	479
21–22	250	270	–31	473	–28	453	–27	451
22–23	190	250	–22	451	–20	432	–20	431
23–24	180	230	–21	430	–19	413	–19	412

Как следует из таблицы Г.10, после трех суток работы усреднителя допустимая концентрация загрязняющих веществ не достигнута. Увеличиваем объем усреднителя до $W_{es} = 2100 \text{ м}^3$ и повторяем расчет. Результаты расчета приведены в таблице Г.11.

Таблица Г.11 — Результаты расчета объема усреднителя (вариант 2)

Исходные данные			Приращение и расчетная концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³ , после усреднения в воде за					
Время суток, ч	Расход сточных вод q_i , м ³ /ч	Концентрация загрязняющих веществ C_{en} , мг/дм ³	1-е сутки		2-е сутки		3-ьи сутки	
			ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}	ΔC_{ex}	C_{ex}
0–1	150	210	—	—	–17	435	–16	415
1–2	140	430	—	—	0	435	1	416
2–3	120	620	—	—	11	445	12	427
3–4	100	680	—	—	11	457	12	439
4–5	100	500	—	—	2	459	3	442
5–6	180	720	—	—	22	481	24	466
6–7	190	990	—	—	46	527	47	513
7–8	250	1580	—	800	125	652	127	640
8–9	260	830	4	804	21	674	23	663
9–10	290	890	12	816	30	703	31	694
10–11	300	1150	48	863	64	767	65	759
11–12	310	980	17	881	31	799	33	792
12–13	290	810	–10	871	2	800	2	794
13–14	290	510	–50	821	–40	760	–39	755
14–15	210	290	–53	768	–47	713	–47	709
15–16	200	150	–59	709	–54	660	–53	655
16–17	190	150	–51	658	–46	613	–46	610
17–18	180	190	–40	618	–36	577	–36	574
18–19	190	220	–36	582	–32	545	–32	542
19–20	200	320	–25	557	–21	523	–21	521
20–21	220	260	–31	526	–28	496	–27	493
21–22	250	270	–30	496	–27	469	–27	467
22–23	190	250	–22	473	–20	449	–20	447
23–24	180	230	–21	453	–19	430	–19	429

Допустимая концентрация загрязняющих веществ на выходе из усреднителя была достигнута на вторые сутки, следовательно, расчетный объем $W_{conc} = W_{es} = 2100 \text{ м}^3$ определен правильно.

Г.7.13 Рассчитываем общий объем усреднителя W , м³, по формуле (5.103):

$$W = W_{reg} + W_{conc} = 540 + 2100 = 2640.$$

Для последующего проектирования принимаем общий объем усреднителя $W = 2700 \text{ м}^3$.

Приложение Д
(справочное)

**Концентрации отдельных загрязняющих веществ в сточных водах,
допустимые для биологической очистки, и эффективность
их удаления на сооружениях аэробной биологической очистки**

Таблица Д.1 — Концентрации отдельных загрязняющих веществ в сточных водах, допустимые для биологической очистки, $C_{б.о.с}$ и эффективность их удаления на сооружениях аэробной биологической очистки

Наименование загрязняющего вещества	Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, поступающих на биологическую очистку $C_{б.о.с}$, мг/дм ³	Достигаемая эффективность удаления, %
Азот аммонийный	45	*
Акролеин	0,01	—
Аллиловый спирт	3	65
Алюминий	5	50
Акриловая кислота	—	65
Анилин	0,1	80
Ацетальдегид	20	80
Ацетон	40	95
Барий	10	40
Бензойная кислота	15	80
Бутилакрилат	—	65
Бутилацетат	0,1	80
Бутиловый спирт нормальный	10	80
Бутиловый спирт вторичный	20	80
Бутиловый спирт третичный	20	80
Ванадий	2,0	65
Винилацетат	100	30
Висмут	15	65
Гидразин	0,1	—
Гидрохинон	15	30
Гликозин	30	35
Глицерин	90	—
Дибутилфталат	0,2	30
Диметилацетамид	15	80
Диметилфенилкарбинол	1,0	65

Продолжение таблицы Д.1

Наименование загрязняющего вещества	Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, поступающих на биологическую очистку $C_{б.о.с.}, \text{мг/дм}^3$	Достигаемая эффективность удаления, %
Диметилфенол	—	50
Динитрил адипиновой кислоты	—	30
Дициандиамид	100	30
Диэтаноламид	1,0	—
Диэтиламин	10	30
Железо Fe^{+3}	5	65
Жиры растительные и животные	50	60
Изобутиловый спирт	—	50
Изопропиловый спирт	—	65
Кадмий	0,1	50
Капролактам	25	80
Карбомол	—	60
Кобальт	1,0	40
О-крезол	100	40
Кротоновый альдегид	6	—
Ксилол	1,0	50
Латексы	10	—
Лудигол	100	60
Малеиновая кислота	60	80
Марганец (Mn^{2+})	30	—
Масляная кислота	500	85
Медь	0,5	65
Метазин	10	30
Метакриламид	—	30
Метакриловая кислота	—	30
Метанол	30	95
Метилметакрилат	500	65
Метилстирол	1,0	50
Метилэтилкетон	50	65
Молибден	—	30
Молочная кислота	—	85
Моноэтаноламин	5	50

Продолжение таблицы Д.1

Наименование загрязняющего вещества	Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, поступающих на биологическую очистку $C_{б.о.с.}, \text{мг/дм}^3$	Достигаемая эффективность удаления, %
Моноэтиловый эфир этиленгли- коля	—	65
Муравьиная кислота	—	85
Мышьяк	0,1	40
L-нафтол	—	65
B-нафтол	—	65
Нефть и нефтепродукты в рас- творимом и эмульгированном виде	15	70
Никель	0,5	40
Нитробензол	—	70
Октанол (спирт октиловый)	—	50
Олово	10	—
Пирокатехин	—	80
Полиакриламид	40	—
Поливиниловый спирт	20	—
Пропиленгликоль	—	85
Пропиловый спирт	12	95
Резорцин	12	80
Ртуть	0,005	50
Свинец	0,1	40
Селен	10	40
Сероуглерод	5	—
Синтаמיד	—	60
Синтетические поверхностно акти- вные вещества (анионные)	20	65
Стирол	10	50
Стронций	26	15
Сульфид натрия	1	50
Сурьма	0,5	30
Тиомочевина	10	40
Титан	0,1	65
Толуол	15	50
Трикрезилфосфат	40	30

Окончание таблицы Д.1

Наименование загрязняющего вещества	Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, поступающих на биологическую очистку $C_{б.о.с.}$ мг/дм ³	Достигаемая эффективность удаления, %
Триэтаноламин	5	40
Уксусная кислота	—	80
Фенол	15	80
Формальдегид	100	65
Фосфаты	20	*
Фталевая кислота	0,5	60
Фториды (анион)	—	15
Хром (Cr^{3+})	2,5	65
Хром (Cr^{6+})	0,1	50
Хромолан	10	20
Цианиды (анион)	1,5	60
Цинк	1,0	60
Этиловый спирт	14	70
Эмукрил С	10	45
Этамон ДС	10	30
2-этилгексанол	6	—
Этиленгликоль	1000	65
Этиленхлоргидрин	5	65
<i>Примечание</i> — Если указан знак: «—» — данные отсутствуют; «*» — эффективность удаления фосфатов и аммонийного азота принимают по ТКП 45-4.01-202 (таблица В.1).		

Приложение Е
(справочное)

**Перечень загрязняющих веществ, не удаляемых
в процессе аэробной биологической очистки**

1	Анизол	33	Изопропиламин
2	Ацетофенон	34	Каптакс
3	Бутилбензол	35	Карбофос
4	Гексахлорбензол	36	Нитробензол
5	Гексоген	37	Нитрохлорбензол
6	Гексахлоран	38	Норсульфазол
7	Гексахлорбутадиен	39	Меланин
8	Гексахлорбутан	40	β-меркаптодиэтиламин
9	Гексахлорциклопентадиен	41	Метафос
10	Гексахлорэтан	42	Метилантрофос
11	Далапон	43	Парафенилдиамин
12	Диметилдиоксан	44	Пентаэритрит
13	Диметилдитиофосфат	45	Петролатум
14	Диэтиланилин	46	Пикриновая кислота (тринитрофенол)
15	Диэтиленгликоль	47	Пирогаллол (триоксибензол)
16	Диэтиленовый эфир малеиновой кислоты	48	Полихлорпилен
17	Диэтилртуть	49	Полиэтиленамин
18	Диметилдитиофосфорная кислота	50	Пропилбензол
19	Диметилдихлорвинилфосфат	51	Сульфаты (анион)
20	Диметилформамид	52	Тетрахлорбензол
21	Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ)	53	Тетрахлоргептан
22	Дихлоранилин	54	Тетрахлорметан
23	Дихлорбензол	55	Тетрахлорнонан
24	Дихлорбутан	56	Тетрахлорпентан
25	Дихлоргидрин	57	Тетрахлорпропан
26	Дихлорнафтохинон	58	Тетрахлорундекан
27	Дихлорпропионат натрия	59	Тетрахлорэтан
28	Дихлофос	60	Тетразилсвинец
29	Дихлорэтан	61	Тиофен
30	Диэтилдитиофосфорная кислота	62	Тиофос
31	Диэтиловый эфир малеиновой кислоты	63	Трибутилфосфат
32	Изопрен	64	Трихлорбензол

Окончание таблицы

65	Триэтаноламин	74	Хлориды (анион)
66	Трифторлхлорпропан	75	Хлор свободный
67	Триэтиламин	76	Хлорофос
68	Фазалон	77	Циклогексан
69	Фурфурол	78	Циклогексанол
70	Фосфамид	79	Циклогексаноноксим
71	Хлорбензол	80	Циклогексен
72	Хлоропрен	81	Этилбензол
73	Хлорциклогексан		

Приложение Ж (рекомендуемое)

Пример расчета дисковых биофильтров

Ж.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$; БПК₅ сточных вод, поступающих на очистные сооружения, 175 мг/дм^3 ; БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 175 \text{ мг/дм}^3$; концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$; концентрация общего азота в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) 36 мг/дм^3 ; концентрация аммонийного азота 33 мг/дм^3 ; расчетная температура очищаемых сточных вод 10°C .

Ж.2 Цель обработки — полная биологическая очистка сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 15 \text{ мг/дм}^3$, с нитрификацией.

Рассчитать дисковые биофильтры.

Ж.3 Согласно цели очистки принимаем трехступенчатую конструкцию биофильтра.

По таблице 6.2 принимаем расчетную поверхностную нагрузку по БПК₅ $q_f = 8 \text{ г/(м}^2\cdot\text{сут)}$, расчетную поверхностную нагрузку по общему азоту $1,6 \text{ г/(м}^2\cdot\text{сут)}$.

Суточное поступление со сточными водами веществ, подверженных биохимическому разложению, $B_{\text{сут}}$, кг/сут, на биологическую ступень очистных сооружений определяем по формуле (6.4):

$$B_{\text{сут}} = \frac{30 \cdot 175 \cdot 24}{1000} = 126.$$

Площадь поверхности биофильтров F_{RC} , м^2 , необходимая для очистки сточных вод с целью удаления веществ, подверженных биохимическому разложению, определяем по формуле (6.2):

$$F_{RC} = \frac{1000 \cdot 126}{8} = 15\,750.$$

Суточное поступление общего азота со сточными водами на биологическую ступень очистных сооружений $B_{\text{сут}}^N$, кг/сут, определяем по формуле (6.4):

$$B_{\text{сут}}^N = \frac{30 \cdot 36 \cdot 24}{1000} = 25,9.$$

Площадь поверхности фильтров, необходимую для нитрификации, F_{RN} , м^2 , определяем по формуле (6.3):

$$F_{RN} = \frac{1000 \cdot 25,9}{1,6} = 16\,188.$$

Вычисляем общую требуемую площадь поверхности дисковых биофильтров F_R , м^2 , по формуле (6.1):

$$F_R = 15\,750 + 16\,188 = 31\,938.$$

Вычисляем площадь поверхности одной ступени F_R^1 , м^2 , при трехступенчатой конструкции:

$$F_R^1 = 31\,938 : 3 = 10\,646.$$

Вычисляем суточную поверхностную нагрузку по БПК₅, $\text{г/(м}^2\cdot\text{сут)}$, на одну ступень:

$$b_{\text{сут}}^1 = \frac{126 \cdot 1000}{10\,646} = 11,8 < 40.$$

Суточная нагрузка по БПК₅ не превышает допустимых значений (6.2.3.2).

Исходя из площади поверхности диска диаметром 3,0 м, равной 13 м^2 , количество дисков на каждой ступени n , шт., составит:

$$n = \frac{10\,646}{13} = 819.$$

При толщине диска 10 мм и прозоре между дисками 15 мм длина вала $l_{\text{в}}$, м, при монтаже 819 дисков составит:

$$l_{\text{в}} = 819 \cdot 0,025 = 20.$$

Мощность привода для дисков P_2 , кВт, без учета потерь в редукторе составит:

$$P_2 = 75 \cdot 20 \cdot 3 = 4500 \text{ Вт} = 4,5.$$

Далее по определенным параметрам проектируем установку с дисковыми биофильтрами или подбираем с аналогичными техническими характеристиками.

Приложение К (рекомендуемое)

Пример расчета аэротенка-смесителя без регенератора

К.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$, БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 120 \text{ мг/дм}^3$, расчетная температура очищаемых сточных вод $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

К.2 Цель обработки — полная биологическая очистка сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$; дополнительные требования по удалению соединений азота и фосфора не устанавливаются.

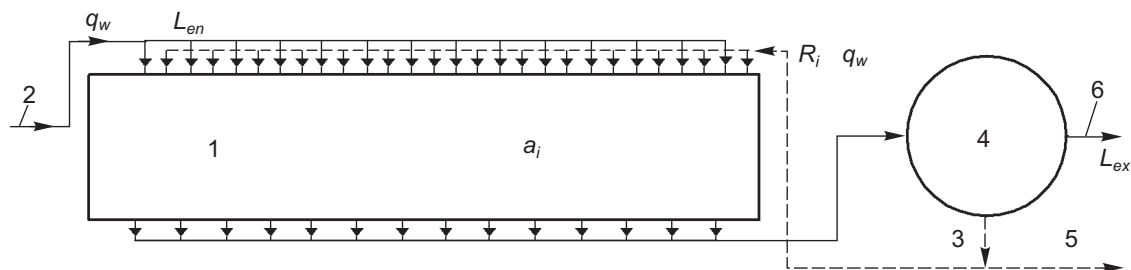
Рассчитать аэротенк-смеситель без регенератора.

К.3 Для расчета используем зависимости кинетики окисления от веществ, подверженных биохимическому разложению. Значения констант принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.6) для городских сточных вод:

- максимальная скорость окисления $\rho_{\max}$, мг БПК₅/(г·ч) — 57;
- константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, K_1 , мг/дм^3 — 22;
- константа, характеризующая влияние кислорода, K_o , мг/дм^3 — 0,625;
- коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила φ , $\text{дм}^3/\text{г}$ — 0,07;
- зольность активного ила s — 0,3.

Дозу ила в аэротенке-смесителе с учетом цели очистки принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5): $a_i = 2,5 \text{ г/дм}^3$. Концентрацию растворенного кислорода принимаем по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.6): $C_o = 2,0 \text{ мг/дм}^3$.

Схема к расчету приведена на рисунке К.1.



a_i — доза ила в аэротенке-смесителе; q_w — расчетный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 L_{en} — БПК₅ сточных вод, поступающих в аэротенк-смеситель, мг/дм^3 ;
 R_i — степень рециркуляции активного ила; L_{ex} — БПК₅ очищенных вод, мг/дм^3

1 — аэротенк-смеситель; 2 — подача сточных вод на очистку;
 3 — циркуляционный активный ил; 4 — вторичный отстойник;
 5 — отвод избыточного активного ила; 6 — отведение очищенных вод

Рисунок К.1 — Схема к расчету аэротенка-смесителя без регенератора

К.4 Удельную скорость окисления ρ , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч, рассчитаем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.5)):

$$\rho = \frac{57 \cdot 10 \cdot 2}{10 \cdot 2 + 22 \cdot 2 + 0,625 \cdot 10} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 2,5} = 13,8.$$

Период аэрации t_{atm} , ч, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.4)):

$$t_{atm} = \frac{100 - 10}{2,5 \cdot (1 - 0,3) \cdot 13,8} = 3,7.$$

По ТКП 45-4.01-202 (формула (7.7)) определяем нагрузку на активный ил q_i , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в сутки:

$$q_i = \frac{24 \cdot (100 - 10)}{2,5 \cdot (1 - 0,3) \cdot 3,7} = 331,5.$$

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7) интерполяцией находим иловый индекс J_i , который соответствует рассчитанной нагрузке на активный ил и равен 95 см³/г.

Рассчитываем степень рециркуляции активного ила R_i по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{2,5}{\frac{1000}{95} - 2,5} = 0,31.$$

Определяем требуемый объем аэротенка-смесителя W_{atm} , м³, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.3)):

$$W_{atm} = 1250 \cdot 3,7 = 4625.$$

Далее, исходя из требуемого объема, проектируем конструкцию аэротенка-смесителя или подбираем типовой проект.

Определяем прирост активного ила P_i , мг/дм³, в аэротенке по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.30)):

$$P_i = 0,8 \cdot 120 + 0,45 \cdot 100 = 141,0.$$

При расходе сточных вод 30 000 м³/сут суточный прирост ила, кг, составит:

$$\frac{30\,000 \cdot 141}{1000} = 4230.$$

Приложение Л (рекомендуемое)

Пример расчета аэротенка-смесителя с регенератором

Л.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 110 \text{ мг/дм}^3$, БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, концентрация взвешенных веществ в сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 120 \text{ мг/дм}^3$, расчетная температура очищаемых сточных вод $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Л.2 Цель обработки — полная биологическая очистка сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$; дополнительные требования по удалению соединений азота и фосфора не устанавливаются.

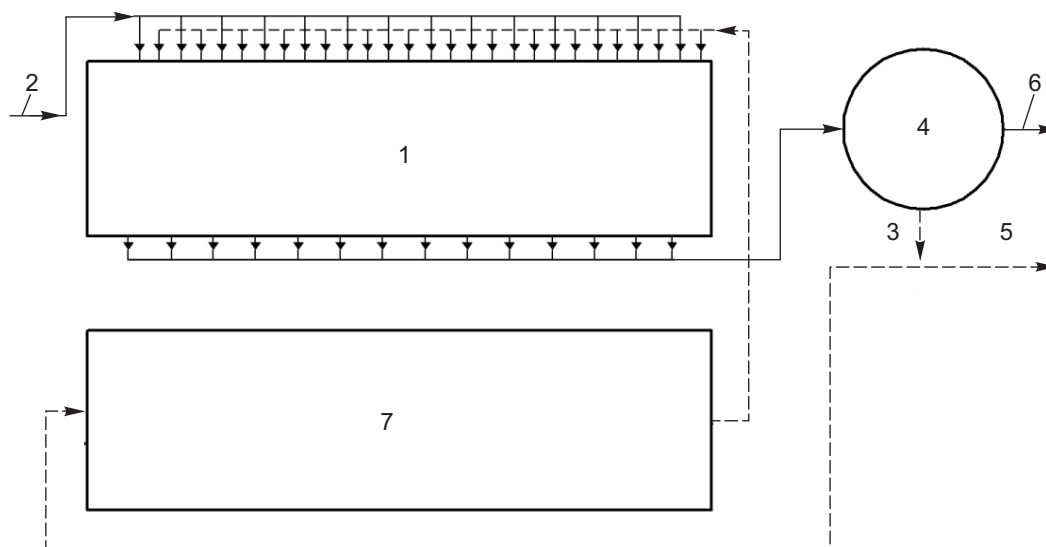
Рассчитать аэротенк-смеситель с регенератором.

Л.3 Для расчета используем зависимости кинетики окисления от веществ, подверженных биохимическому разложению. Значения констант принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.6) для городских сточных вод:

- максимальная скорость окисления $\rho_{\max}$, мг БПК₅/(г·ч) — 57;
- константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, K_i , мг/дм³ — 22;
- константа, характеризующая влияние кислорода, K_o , мг/дм³ — 0,625;
- коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила φ , дм³/г — 0,07;
- зольность активного ила s — 0,3.

Среднюю дозу ила в системе аэротенк-смеситель с регенератором принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5): $a_{\text{mix}} = 3,0 \text{ г/дм}^3$. Концентрацию растворенного кислорода принимаем по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.6): $C_o = 2,0 \text{ мг/дм}^3$. Степень регенерации r (отношение объема регенератора к суммарному объему аэротенка с регенератором) принимаем равной 0,3.

Схема к расчету приведена на рисунке Л.1.



- 1 — аэротенк-смеситель; 2 — подача сточных вод на очистку;
 3 — циркуляционный активный ил; 4 — вторичный отстойник;
 5 — отвод избыточного активного ила; 6 — отведение очищенных вод;
 7 — регенератор

Рисунок Л.1 — Схема к расчету аэротенка-смесителя с регенератором

Л.4 Удельную скорость окисления ρ , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч, рассчитаем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.5)):

$$\rho = \frac{57 \cdot 10 \cdot 2}{10 \cdot 2 + 22 \cdot 2 + 0,625 \cdot 10} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 3,0} = 13,4.$$

Период аэрации t_{atm} , ч, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.4)):

$$t_{atm} = \frac{110 - 10}{3,0 \cdot (1 - 0,3) \cdot 13,4} = 3,6.$$

По ТКП 45-4.01-202 (формула (7.27)) определяем нагрузку на активный ил q_i , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в сутки:

$$q_i = \frac{24 \cdot (110 - 10)}{3,0 \cdot (1 - 0,3) \cdot 3,6} = 321,9.$$

По ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7) интерполяцией находим иловый индекс J_i , который соответствует рассчитанной нагрузке на активный ил и равен 90 см³/г.

Рассчитываем степень рециркуляции активного ила по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{3,0}{\frac{1000}{90} - 3,0} = 0,37.$$

Определяем требуемый суммарный объем аэротенка-смесителя с регенератором, м³, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.8)):

$$W_{atm} + W_r = 1250 \cdot 3,6 = 4500.$$

Требуемый объем аэротенка-смесителя W_{atm} , м³, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.10)):

$$W_{atm} = \frac{4500}{1 + \frac{0,3}{1 - 0,3}} = 3150.$$

Объем регенератора W_r , м³, вычисляем как разность между суммарным объемом сооружений и объемом аэротенка-смесителя:

$$W_r = 4500 - 3150 = 1350.$$

Для определения параметров вторичного отстойника рассчитываем дозу ила a_i , г/дм³, в аэротенке-смесителе по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.12)):

$$a_i = \frac{4500 \cdot 3,0}{3150 + \left(\frac{1}{2 \cdot 0,37} + 1 \right) \cdot 1350} = 2,5.$$

Далее по полученным значениям требуемых объемов проектируем конструкцию аэротенка-смесителя с регенератором или подбираем типовой проект.

Определяем прирост активного ила P_i , мг/л, в аэротенке-смесителе по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.30)):

$$P_i = 0,8 \cdot 120 + 0,45 \cdot 110 = 145,5.$$

При расходе сточных вод 30 000 м³/сут суточный прирост ила, кг, составит:

$$\frac{30\,000 \cdot 145,5}{1000} = 4365.$$

Приложение М (рекомендуемое)

Пример расчета аэротенка-вытеснителя без регенератора

М.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$, БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 120 \text{ мг/дм}^3$, расчетная температура очищаемых сточных вод 15°C .

М.2 Цель обработки — полная биологическая очистка сточных вод от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, дополнительные требования по удалению соединений азота и фосфора не устанавливаются.

Рассчитать аэротенк-вытеснитель без регенератора.

М.3 Для расчета используем зависимости кинетики окисления от веществ, подверженных биохимическому разложению. Значения констант принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.6) для городских сточных вод:

- максимальная скорость окисления $\rho_{\max}$, мг БПК₅/(г·ч) — 57;
- константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, K_i , мг/дм³ — 22;
- константа, характеризующая влияние кислорода, K_o , мг/дм³ — 0,625;
- коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила φ , дм³/г — 0,07;
- зольность активного ила s — 0,3.

Коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, принимаем согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.10.2): $K_p = 1,5$.

Дозу ила в аэротенке-вытеснителе с учетом цели очистки принимаем согласно ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5): $a_i = 3,0 \text{ г/дм}^3$. Концентрацию растворенного кислорода принимаем по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.6): $C_o = 2,0 \text{ мг/дм}^3$.

Схема к расчету приведена на рисунке М.1.



- 1 — аэротенк-вытеснитель; 2 — подача сточных вод на очистку;
3 — циркуляционный активный ил; 4 — вторичный отстойник;
5 — отвод избыточного активного ила; 6 — отведение очищенных вод

Рисунок М.1 — Схема к расчету аэротенка-вытеснителя без регенератора

М.4 Иловый индекс J_i предварительно принимаем равным $100 \text{ см}^3/\text{г}$.

Определяем степень рециркуляции R_i по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{3,0}{\frac{1000}{100} - 3,0} = 0,42.$$

БПК₅ поступающих в аэротенк-вытеснитель сточных вод L_{mix} , мг/дм³, с учетом разбавления рециркуляционным расходом возвратного ила определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.15)):

$$L_{mix} = \frac{100 + 10 \cdot 0,42}{1 + 0,42} = 73,3.$$

Период аэрации t_{atv} , ч, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.14)):

$$t_{atv} = \frac{1 + 0,07 \cdot 3,0}{57 \cdot 2,0 \cdot 3,0 \cdot (1 - 0,3)} \cdot \left[(2,0 + 0,625) \cdot (73,3 - 10) + 22 \cdot 2,0 \cdot \ln\left(\frac{73,3}{10}\right) \right] \cdot 1,5 = 1,92.$$

Рассчитываем нагрузку на активный ил q_i , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в сутки, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.28)):

$$q_i = \frac{24 \cdot (73,3 - 10)}{3,0 \cdot (1 - 0,3) \cdot 1,92} = 376,7.$$

Проверяем соответствие предварительно заданного илового индекса J_i полученной нагрузке q_i .

Значению нагрузки $q_i = 376,7$ мг/(г·сут) соответствует полученное интерполяцией по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7) значение илового индекса $J_i = 118$ см³/г. Значение илового индекса отличается от ранее принятого значения более чем на 10 %, расчет повторяем с учетом уточненного значения илового индекса.

Определяем степень рециркуляции R_i по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{3,0}{\frac{1000}{118} - 3,0} = 0,55.$$

Определяем БПК₅ поступающих в аэротенк-вытеснитель сточных вод L_{mix} , мг/дм³, с учетом разбавления рециркуляционным расходом возвратного ила по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.15)):

$$L_{mix} = \frac{100 + 10 \cdot 0,55}{1 + 0,55} = 68,1.$$

Период аэрации определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.14)):

$$t_{atv} = \frac{1 + 0,07 \cdot 3,0}{57 \cdot 2,0 \cdot 3,0 \cdot (1 - 0,3)} \cdot \left[(2,0 + 0,625) \cdot (68,1 - 10) + 22 \cdot 2,0 \cdot \ln\left(\frac{68,1}{10}\right) \right] \cdot 1,5 = 1,79.$$

Рассчитываем нагрузку на активный ил q_i , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в сутки, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.28)):

$$q_i = \frac{24 \cdot (68,1 - 10)}{3,0 \cdot (1 - 0,3) \cdot 1,79} = 370,1.$$

Проверяем соответствие предварительно заданного илового индекса J_i полученной нагрузке q_i .

Значению нагрузки $q_i = 370,1$ мг/(г·сут) соответствует полученное интерполяцией по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7) значение илового индекса $J_i = 115$ см³/г. Значение илового индекса отличается от ранее принятого значения не более чем на 10 %. Дальнейшая корректировка расчетов не требуется.

Определяем объем аэротенка-вытеснителя W_{at} , м³, с учетом рециркуляционного расхода по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.13)):

$$W_{at} = 1,79 \cdot (1 + 0,55) \cdot 1250 = 3468.$$

Далее, исходя из требуемого объема, по объему проектируем конструкцию аэротенка-вытеснителя или подбираем типовой проект.

Определяем прирост активного ила P_i , мг/л, в аэротенке-вытеснителе по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.30)):

$$P_i = 0,8 \cdot 120 + 0,45 \cdot 100 = 141,0.$$

При расходе сточных вод 30 000 м³/сут суточный прирост ила, кг, составит:

$$\frac{30\,000 \cdot 141}{1000} = 4230.$$

Приложение Н (рекомендуемое)

Пример расчета аэротенка-вытеснителя с регенератором

Н.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 110 \text{ мг/л}$, БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 120 \text{ мг/дм}^3$, расчетная температура очищаемых сточных вод 15°C .

Н.2 Цель обработки — полная биологическая очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$; дополнительные требования по удалению соединений азота и фосфора не устанавливаются.

Рассчитать аэротенк-вытеснитель с регенератором.

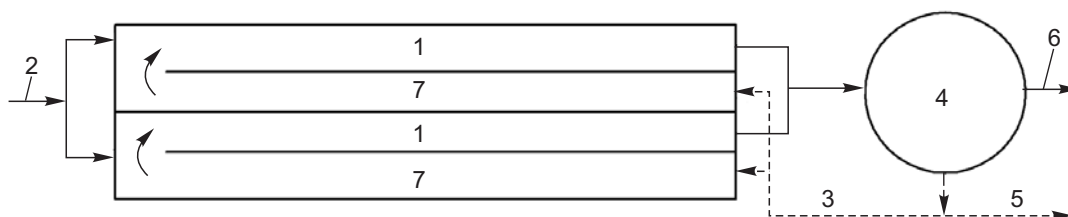
Н.3 Для расчета используем зависимости кинетики окисления от веществ, подверженных биохимическому разложению. Значения констант принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.6) для городских сточных вод:

- максимальная скорость окисления $\rho_{\max}$, мг БПК₅/(г.ч) — 57;
- константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, K_1 , мг/дм³ — 22;
- константа, характеризующая влияние кислорода, K_o , мг/дм³ — 0,625;
- коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила φ , дм³/г — 0,07;
- зольность активного ила s — 0,3.

Коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, принимаем согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.10.2): $K_p = 1,5$.

Дозу ила в аэротенке-вытеснителе с учетом цели очистки принимаем согласно ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5): $a_i = 3,0 \text{ г/л}$. Концентрацию растворенного кислорода принимаем по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.6): $C_o = 2,0 \text{ мг/л}$.

Схема к расчету приведена на рисунке Н.1.



- 1 — аэротенк-вытеснитель; 2 — подача сточных вод на очистку;
3 — циркуляционный активный ил; 4 — вторичный отстойник;
5 — отвод избыточного активного ила; 6 — отведение очищенных вод; 7 — регенератор

Рисунок Н.1 — Схема к расчету аэротенка-вытеснителя с регенератором

Н.4 Иловый индекс J_i первоначально принимаем равным $100 \text{ см}^3/\text{г}$.

Определяем степень рециркуляции R_i по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{3,0}{\frac{1000}{100} - 3,0} = 0,42.$$

Определяем БПК₅ поступающих в аэротенк сточных вод L_{mix} , мг/дм³, с учетом разбавления рециркуляционным расходом возвратного ила по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.15)):

$$L_{mix} = \frac{110 + 10 \cdot 0,42}{1 + 0,42} = 80,4.$$

Определяем продолжительность обработки сточных вод в аэротенке-вытеснителе с регенератором t_{atv} , ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.18)) с учетом снижения БПК₅ сточных вод из-за разбавления рециркуляционным расходом:

$$t_{atv} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{80,4}{10} = 1,3.$$

Рассчитываем дозу активного ила в регенераторе a_r , г/дм³, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.21)):

$$a_r = 3,0 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,42} + 1 \right) = 6,57.$$

Рассчитываем удельную скорость окисления ρ , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.5)) при рассчитанном значении дозы активного ила $a_r = 6,57$ г/дм³:

$$\rho = \frac{57 \cdot 10 \cdot 2}{10 \cdot 2 + 22 \cdot 2 + 0,625 \cdot 10} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,57} = 11,12.$$

Определяем продолжительность окисления органических загрязняющих веществ в аэротенке-вытеснителе с регенератором t_o , ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.20)):

$$t_o = \frac{110 - 10}{0,42 \cdot 6,57 \cdot (1 - 0,3) \cdot 11,12} = 4,66.$$

Вычисляем продолжительность регенерации ила t_r , ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.19)):

$$t_r = 4,66 - 1,3 = 3,36.$$

Продолжительность пребывания сточных вод в системе аэротенк-вытеснитель с регенератором рассчитываем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.22)):

$$t_{a-r} = (1 + 0,42) \cdot 1,3 + 0,42 \cdot 3,36 = 3,26.$$

Рассчитываем среднюю дозу активного ила $a_{i\text{ mix}}$, г/дм³, в системе аэротенк-вытеснитель с регенератором по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.23)):

$$a_{i\text{ mix}} = \frac{(1 + 0,42) \cdot 1,3 \cdot 3,0 + 0,42 \cdot 3,36 \cdot 6,57}{3,26} = 4,5.$$

Рассчитываем нагрузку на активный ил q_i , мг/(г·сут), по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.29)):

$$q_i = \frac{24 \cdot (110 - 10)}{4,7 \cdot (1 - 0,3) \cdot 3,36} = 217,1.$$

Значению нагрузки $q_i = 217,1$ мг/(г·сут) соответствует полученное интерполяцией по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.4) значение илового индекса $J_i = 72$ см³/г. Полученное значение илового индекса отличается от ранее принятого значения более чем на 10 %, расчет повторяем с учетом уточненного значения илового индекса.

$$R_i = \frac{3,0}{\frac{1000}{72} - 3,0} = 0,27.$$

Согласно ТКП 45-4.01-202 (7.6.9.3) значение R_i должно быть не менее 0,3, поэтому расчет продолжаем при увеличенной дозе ила $a_i = 3,5$ г/дм³.

Определяем степень рециркуляции R_i по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.6)):

$$R_i = \frac{3,5}{\frac{1000}{72} - 3,5} = 0,34.$$

Определяем БПК₅ поступающих в аэротенк сточных вод L_{mix} , мг/дм³, с учетом разбавления рециркуляционным расходом возвратного ила по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.15)):

$$L_{mix} = \frac{110 + 10 \cdot 0,34}{1 + 0,34} = 84,6.$$

Определяем продолжительность обработки сточных вод в аэротенке-вытеснителе с регенератором t_{at} , ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.18)):

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{3,5}} \cdot \lg \frac{84,6}{10} = 1,2.$$

Рассчитываем дозу активного ила в регенераторе a_r , г/дм³, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.21)):

$$a_r = 3,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,34} + 1 \right) = 8,64.$$

Рассчитываем удельную скорость окисления ρ , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.5)) при значении дозы активного ила $a_r = 8,64$:

$$\rho = \frac{57 \cdot 10 \cdot 2}{10 \cdot 2 + 22 \cdot 2 + 0,625 \cdot 10} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 8,64} = 9,4.$$

Определяем продолжительность окисления органических загрязняющих веществ в аэротенке-вытеснителе с регенератором t_o , ч, по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.20)):

$$t_o = \frac{110 - 10}{0,34 \cdot 8,64 \cdot (1 - 0,3) \cdot 9,4} = 5,2.$$

Продолжительность регенерации ила t_r , ч, вычисляем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.19)):

$$t_r = 5,2 - 1,2 = 4,0.$$

Продолжительность пребывания сточных вод в системе аэротенк-вытеснитель с регенератором t_{a-r} , ч, рассчитываем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.22)):

$$t_{a-r} = (1 + 0,34) \cdot 1,2 + 0,34 \cdot 4,0 = 3,0.$$

Рассчитываем среднюю дозу активного ила $a_{i \text{ mix}}$, г/дм³, в системе аэротенк-вытеснитель с регенератором по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.23)):

$$a_{i \text{ mix}} = \frac{(1 + 0,34) \cdot 1,2 \cdot 3,5 + 0,34 \cdot 4,0 \cdot 8,64}{3,0} = 5,8.$$

Рассчитываем нагрузку на активный ил q_i , мг/(г·сут), по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.29)):

$$q_i = \frac{24 \cdot (110 - 10)}{5,8 \cdot (1 - 0,3) \cdot 3,0} = 197,0.$$

Значению нагрузки $q_i = 197,0$ мг/(г·сут) по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.7) соответствует значение илового индекса $J_i = 71$ см³/г. Дальнейшая корректировка расчетов не требуется. Определяем объем аэротенка-вытеснителя W_{at} , м³, и объем регенератора W_r , м³, по ТКП 45-4.01-202 (формулы (7.16) и (7.17)):

$$W_{at} = 1,2 \cdot 1250 \cdot (1 + 0,34) = 2010,$$

$$W_r = 4,0 \cdot 0,34 \cdot 1250 = 1700.$$

Общий объем аэротенка-вытеснителя с регенератором W^w , м³, составляет:

$$W^w = 2010 + 1700 = 3710.$$

Далее по полученным объемам проектируем конструкцию аэротенка-вытеснителя с регенератором или подбираем типовой проект.

Определяем прирост активного ила P_i , мг/л, в аэротенке-вытеснителе по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.30)):

$$P_i = 0,8 \cdot 120 + 0,45 \cdot 110 = 145,5.$$

При расходе сточных вод 30 000 м³/сут суточный прирост ила, кг, составит:

$$\frac{30\,000 \cdot 145,5}{1000} = 4365.$$

Приложение П (рекомендуемое)

Пример расчета аэротенка с наполнителем для прикрепленной микрофлоры

П.1 Исходные данные: расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$, БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 120 \text{ мг/дм}^3$, расчетная температура очищаемых сточных вод $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

П.2 Цель обработки — полная биологическая очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 10 \text{ мг/дм}^3$, дополнительные требования по удалению соединений азота и фосфора не устанавливаются.

Рассчитать аэротенк с наполнителем для прикрепленной микрофлоры.

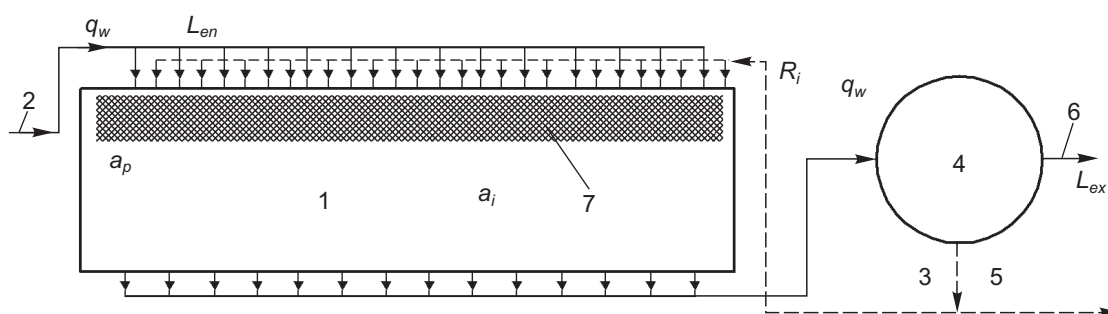
П.3 Для расчета используем зависимости кинетики окисления от веществ, подверженных биохимическому разложению. Значения констант принимаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.6) для городских сточных вод:

- максимальная скорость окисления $\rho_{\max}$, мг БПК₅/(г·ч) — 57;
- константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, K_1 , мг/дм^3 — 22;
- константа, характеризующая влияние кислорода, K_o , мг/дм^3 — 0,625;
- коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила φ , $\text{дм}^3/\text{г}$ — 0,07;
- зольность активного ила s — 0,3.

Удельную скорость окисления ρ_n , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч для биомассы прикрепленной микрофлоры, принимаем по таблице 6.6 равной 0,009.

Дозу ила в аэротенке с учетом цели очистки устанавливаем по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5): $a_i = 2,5 \text{ г/дм}^3$. Концентрацию растворенного кислорода принимаем по ТКП 45-4.01-202 (7.6.22.6): $C_o = 2,0 \text{ мг/дм}^3$.

Отношение объема носителя прикрепленной микрофлоры к общему объему аэротенка принимаем равным 0,3. Удельную площадь поверхности материала носителя прикрепленной микрофлоры S_p принимаем равной $20 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Количество биомассы на загрузке принимаем равным 70 г/м^2 по сухому веществу. Схема к расчету приведена на рисунке П.1.



a_i — доза ила в аэротенке-смесителе; q_w — расчетный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 L_{en} — БПК₅ сточных вод, поступающих в аэротенк-смеситель, мг/дм^3 ;
 R_i — степень рециркуляции активного ила; L_{ex} — БПК₅ очищенных вод, мг/дм^3

1 — аэротенк-смеситель; 2 — подача сточных вод на очистку;
 3 — циркуляционный активный ил; 4 — вторичный отстойник; 5 — отвод избыточного активного ила;
 6 — отведение очищенных вод; 7 — наполнитель для прикрепленной микрофлоры

Рисунок П.1 — Схема к расчету аэротенка с наполнителями для прикрепленной микрофлоры

П.4 Приведенную дозу биомассы прикрепленной микрофлоры a_p , г/м³, вычисляем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.26)):

$$a_p = 70 \cdot 20 = 1400.$$

Удельную скорость окисления ρ , мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч, для активного ила, находящегося в части аэротенка, не занятой носителем прикрепленной микрофлоры, рассчитываем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.5)):

$$\rho = \frac{57 \cdot 10 \cdot 2}{10 \cdot 2 + 22 \cdot 2 + 0,625 \cdot 10} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 2,5} = 13,8.$$

Период аэрации t_{atm} , ч, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.24)):

$$t_{atm} = \frac{100 - 10}{2,5 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,3) \cdot 13,8 + 1400 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 0,009} = 4,6.$$

Определяем требуемый общий объем W_{atm} , м³, аэротенка по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.3)):

$$W_{atm} = 1250 \cdot 4,6 = 5750.$$

Вычисляем объем, занятый носителями прикрепленной микрофлоры, $W_{atm\ p}$, м³:

$$W_{atm\ p} = 5750 \cdot 0,3 = 1725.$$

Далее, исходя из требуемого объема, проектируем конструкцию аэротенка.

Определяем прирост активного ила P_i , мг/л, в аэротенке по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.30)):

$$P_i = 0,8 \cdot 120 + 0,45 \cdot 100 = 141,0.$$

При расходе сточных вод 30 000 м³/сут суточный прирост ила, кг, составит:

$$\frac{30\,000 \cdot 141}{1000} = 4230.$$

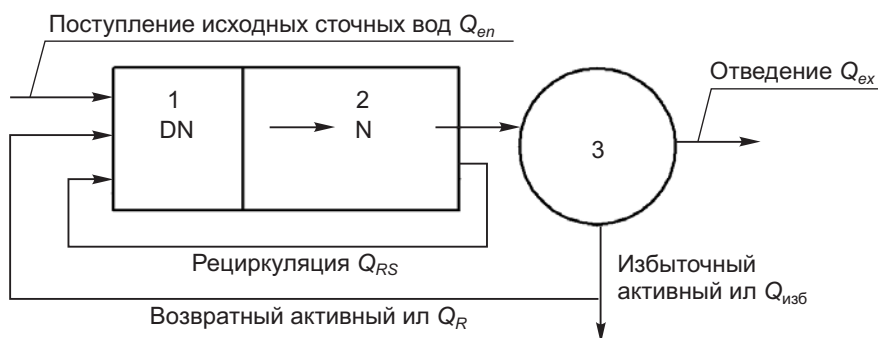
Приложение Р (рекомендуемое)

Пример расчета сооружений предварительной денитрификации

Р.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q_{расч} = 30\,000\text{ м}^3/\text{сут}$; расчетный расход сточных вод $q_w = 1250\text{ м}^3/\text{ч}$; БПК₅ сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $C_{БПК_{общ}} = 143\text{ мг/дм}^3$; БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках) $L_{en} = 110\text{ мг/дм}^3$; концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 100\text{ мг/дм}^3$; концентрация общего азота в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) 36 мг/дм^3 ; концентрация аммонийного азота 33 мг/дм^3 ; расчетная температура очищаемых сточных вод 10 °C .

Р.2 Цель обработки — полная биологическая очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению с достижением остаточного значения БПК₅ очищенной воды $L_{ex} = 15\text{ мг/дм}^3$, с дополнительным удалением соединений азота; дополнительные требования по удалению соединений фосфора не устанавливаются.

Рассчитать сооружения предварительной денитрификации. Схема к расчету сооружений предварительной денитрификации приведена на рисунке Р.1.



1 — денитрификатор; 2 — нитрификатор; 3 — вторичный отстойник

Рисунок Р.1 — Схема к расчету сооружений предварительной денитрификации

Р.3 Для расчета используем зависимости и данные для определения параметров сооружений предварительной микробиологической денитрификации.

Определяем суточную нагрузку очистных сооружений, выраженную в эквивалентном количестве жителей $N_{эжв}$, по ТКП 45-4.01-202 (формула (5.3)).

Согласно требованиям [3] для сооружений с нагрузкой 71 500 эквивалентных жителей концентрация общего азота в очищенных сточных водах должна быть не более 15 мг/дм^3 .

Определяем концентрацию нитратного азота, подлежащего денитрификации, C_{NO_3D} , мг/дм^3 , по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.42)), принимая концентрацию азота органических веществ в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, равной $2,0\text{ мг/дм}^3$. Концентрацию аммонийного азота в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, определяем по ТКП 45-4.01-202 (таблица В.2); данная концентрация может быть принята равной 5 мг/дм^3 . Азот органических веществ, поступающий в биомассу активного ила, принимаем равным 5 % от значения БПК₅ сточных вод, поступающих на биологическую очистку, — $5,5\text{ мг/дм}^3$.

Концентрация нитратного азота в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, может быть определена исходя из допустимой концентрации общего азота, аммонийного азота и азота органических соединений в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, мг/дм^3 :

$$C_{NO_3ex} = 15,0 - 2,0 - 5,0 = 8,0,$$

$$C_{NO_3D} = 36,0 - 2,0 - 5,0 - 8,0 - 5,5 = 15,5.$$

Определяем отношение концентрации нитратного азота, подлежащего денитрификации, к значению БПК₅ сточных вод:

$$\frac{C_{\text{NO}_3\text{D}}}{L_{\text{en}}} = \frac{15,5}{110} = 0,14.$$

Отношение объема денитрификатора к общему объему нитрификатора и денитрификатора $\left(\frac{V_D}{V}\right)$ определяем исходя из отношения $\left(\frac{C_{\text{NO}_3\text{D}}}{L_{\text{en}}}\right)$ концентрации нитратного азота, подлежащего денитрификации, к значению БПК₅ сточных вод по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.12).

При $\frac{C_{\text{NO}_3\text{D}}}{L_{\text{en}}} = 0,14$ отношение объема денитрификатора к общему объему нитрификатора и денитрификатора при предварительной денитрификации $\frac{V_D}{V} = 0,4$.

Принимаем параметры для предварительной денитрификации: дозу ила по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5) — 3,5 г/дм³, возраст ила по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.11) для температуры 10 °С — 15 сут, суточную нагрузку по БПК₅ — 3300 кг/сут, отношение $\frac{V_D}{V} = 0,4$.

Определяем интерполяцией прирост активного ила на очистных сооружениях P_c , кг/сут, в зависимости от отношения концентрации взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку C_{en} , к БПК₅ сточных вод L_{en} и возраста ила по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.15).

Прирост активного ила, полученный в процессе биологической деструкции органических веществ, L_{en} , кг/кг, при возрасте активного ила 15 сут, температуре 10 °С и $\frac{C_{\text{en}}}{L_{\text{en}}} = 0,91$ принимаем 0,89 кг на 1 кг БПК₅. Прирост активного ила на очистных сооружениях P_i , кг/сут, для суточной нагрузки по БПК₅, равной 3300 кг/сут, составит:

$$P_i = 3300 \cdot 0,89 = 2937.$$

Общий объем сооружений биологической очистки V , м³, рассчитываемых как сумму объемов нитрификатора и денитрификатора, вычисляем по ТКП 45-4.01-202 (формула 7.41):

$$V = \frac{15 \cdot 2937}{3,5} = 12\,587.$$

Полученный объем сооружений биологической очистки проверяем на соответствие допустимым нагрузкам.

Определяем объемную нагрузку по БПК₅ B_R , кг/(м³·сут):

$$B_R = \frac{Q_{\text{расч}} L_{\text{en}}}{V}; \quad (\text{P.1})$$

$$B_R = \frac{30\,000 \cdot 110}{12\,587 \cdot 1000} = 0,26.$$

Определяем нагрузку на активный ил B_{TS} , кг/(кг·сут):

$$B_{TS} = \frac{Q_{\text{расч}} L_{\text{en}}}{V}; \quad (\text{P.2})$$

$$B_{TS} = \frac{30\,000 \cdot 110}{3,5 \cdot 12\,587 \cdot 1000} = 0,07.$$

Рассчитанные значения B_R и B_{TS} не превышают допустимые, указанные в ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.14).

Определяем объем нитрификатора V_N , м³, и объем денитрификатора V_D , м³, при предварительной денитрификации:

$$V_D = 0,4V = 0,4 \cdot 12\,587 = 5035,$$

$$V_N = V - V_D = 12\,587 - 5035 = 7552.$$

Определяем расход циркуляционного потока иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор.
Определяем степень удаления нитратов η по формуле

$$\eta = \frac{C_{\text{NO}_3D}}{C_{\text{NO}_3D} + C_{\text{NO}_3ex}}, \quad (\text{P.3})$$

где C_{NO_3ex} — концентрация нитратного азота, подлежащего удалению, мг/дм³;

C_{NO_3D} — концентрация нитратного азота в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, мг/дм³.

$$\eta = \frac{15,5}{15,5 + 8} = 0,66 \text{ (66 \%)}.$$

Необходимую степень рециркуляции иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор определяем с учетом степени рециркуляции возвратного ила по ТКП 45-4.01-202 (формула 7.48). Принимаемая $\eta = \eta_D$, получаем:

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{1 + R_F} = 0,66.$$

Следовательно, общая степень рециркуляции R_F должна составлять 2,0 (200 %).

Принимая степень рециркуляции активного ила 0,6, вычисляем требуемую степень рециркуляции иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор R_S :

$$R_S = 2,0 - 0,6 = 1,4.$$

Вычисляем расход циркуляционного потока Q_S , м³/ч, иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор:

$$Q_S = R_S q_w = 1,4 \cdot 1250 = 1750. \quad (\text{P.4})$$

Далее по определенным объемам нитрификатора и денитрификатора проектируем конструкции данных технологических сооружений.

Приложение С (рекомендуемое)

Пример расчета сооружений каскадной денитрификации

С.1 Исходные данные: суточный расход сточных вод $Q_{расч} = 30\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$; расчетный расход сточных вод $q_w = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$; БПК₅ сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $L_{en} = 143 \text{ мг/дм}^3$; БПК₅ сточных вод (после отстаивания на первичных отстойниках), $L_{en} = 110 \text{ мг/дм}^3$; концентрация взвешенных веществ в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) $C_{en} = 100 \text{ мг/дм}^3$; концентрация общего азота в сточных водах (после отстаивания на первичных отстойниках) 36 мг/дм^3 ; концентрация аммонийного азота 33 мг/дм^3 ; расчетная температура очищаемых сточных вод 10°C .

С.2 Цель обработки — полная биологическая очистка от веществ, подверженных биохимическому разложению, с достижением остаточного значения БПК₅ очищенных вод $L_{ex} = 15 \text{ мг/дм}^3$, с дополнительным удалением соединений азота; дополнительные требования по удалению соединений фосфора не устанавливаются.

Рассчитать сооружения каскадной денитрификации.

С.3 Для расчета используем зависимости и данные для определения параметров сооружений предварительной биологической денитрификации с каскадным расположением сооружений.

Определяем суточную нагрузку очистных сооружений, выраженную в эквивалентном количестве жителей $N_{эжв}$, по ТКП 45-4.01-202 (формула (5.3)).

Согласно требованиям [3] для сооружений с нагрузкой 71 500 эквивалентных жителей концентрация общего азота в очищенных сточных водах должно быть не более 15 мг/дм^3 .

Определяем концентрацию нитратного азота, подлежащего денитрификации, C_{NO_3D} , мг/дм^3 , по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.42)), принимая концентрацию азота органических веществ в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, $2,0 \text{ мг/дм}^3$; концентрация аммонийного азота в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, согласно ТКП 45-4.01-202 (таблица В.2) может быть принята равной 5 мг/дм^3 ; азот органических веществ, поступающий в биомассу активного ила, принимаем 5 % от значения БПК₅ сточных вод, поступающих на биологическую очистку, — $5,5 \text{ мг/дм}^3$.

Концентрация нитратного азота в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, может быть определена исходя из допустимой концентрации общего азота, аммонийного азота и азота органических соединений в сточных водах, отводимых после вторичных отстойников, мг/дм^3 :

$$C_{\text{NO}_3ex} = 15,0 - 2,0 - 5,0 = 8,0,$$

$$C_{\text{NO}_3D} = 36,0 - 2,0 - 5,0 - 8,0 - 5,5 = 15,5.$$

Определяем отношение концентрации нитратного азота, подлежащего денитрификации к значению БПК₅ сточных вод:

$$\frac{C_{\text{NO}_3D}}{L_{en}} = \frac{15,5}{110} = 0,14.$$

Отношение объема денитрификатора к общему объему нитрификатора и денитрификатора $\left(\frac{V_D}{V}\right)$ определяем исходя из отношения $\left(\frac{C_{\text{NO}_3D}}{L_{en}}\right)$ концентрации нитратного азота, подлежащего денитрификации, к значению БПК₅ сточных вод, согласно ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.12).

При $\frac{C_{en}}{L_{en}} = 0,14$ отношение объема денитрификатора к общему объему нитрификатора и денитрификатора при предварительной денитрификации $\frac{V_D}{V} = 0,4$.

Принимаем сооружения каскадной денитрификации с тремя ступенями денитрификаторов и нитрификаторов.

Для предварительной каскадной денитрификации дозу ила на последней ступени сооружений принимаем $3,5 \text{ г/дм}^3$ по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.5), исходя из условий вторичного отстаивания.

На трех ступенях очистки для выравнивания нагрузки принимаем следующие соотношения для распределения расхода исходных сточных вод по ступеням очистки. На первую ступень следует подавать 40 % от общего расхода исходных сточных вод, на вторую — 32 %, на третью — 28 %. При этом дозы ила на ступенях очистки принимаем пропорционально распределению расходов исходных сточных вод. На первой ступени очистки — $5,0 \text{ г/дм}^3$, на второй — $4,1 \text{ г/дм}^3$, на третьей — $3,5 \text{ г/дм}^3$.

Среднее значение дозы ила в системе очистных сооружений составит $4,2 \text{ г/дм}^3$.

Принимаем параметры для предварительной каскадной денитрификации: возраст ила 15 сут по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.11) для температуры 10°C , суточной нагрузки по БПК₅ 3300 кг/сут и отношения $\left(\frac{V_D}{V}\right) = 0,4$.

Определяем интерполяцией прирост активного ила на очистных сооружениях P_i , кг/сут, в зависимости от отношения концентрации взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку $\frac{C_{en}}{L_{en}}$, и возраста ила по ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.15).

Прирост активного ила, полученный в процессе биологической деструкции органических веществ, P_c , кг/кг, при возрасте активного ила 15 сут, температуре 10°C и $\frac{C_{en}}{L_{en}} = 0,91$ принимаем 0,89 кг на 1 кг БПК₅. Прирост активного ила на очистных сооружениях P_i для суточной нагрузки по БПК₅, равной 3300 кг/сут, составит:

$$P_c = 3300 \cdot 0,89 = 2937.$$

Общий объем V , м³, сооружений биологической очистки, соответствующий сумме объемов нитрификатора и денитрификатора, определяем по ТКП 45-4.01-202 (формула (7.41)):

$$V = \frac{15 \cdot 2937}{4,2} = 10\,489.$$

Полученный объем сооружений биологической очистки проверяем на соответствие допустимым нагрузкам.

Определяем объемную нагрузку по БПК₅ B_R , кг/(м³·сут), по формуле (Р.1) (приложение Р):

$$B_R = \frac{30\,000 \cdot 110}{10\,489 \cdot 1000} = 0,31.$$

Определяем нагрузку на активный ил B_{TS} , кг/(м³·сут), по формуле (Р.2) (приложение Р):

$$B_{TS} = \frac{30\,000 \cdot 110}{4,2 \cdot 10\,489 \cdot 1000} = 0,07.$$

Рассчитанные значения B_R и B_{TS} не превышают допустимые, указанные в ТКП 45-4.01-202 (таблица 7.14).

Определяем объемы нитрификатора и денитрификатора при предварительной денитрификации.

Общий объем денитрификаторов V_D , м³, составляет:

$$V_D = 0,4V = 0,4 \cdot 10\,489 = 4196.$$

Вычисляем объем одного денитрификатора на одной из ступеней очистки V_D^1 , м³:

$$V_D^1 = \frac{4196}{3} = 1399.$$

Общий объем нитрификаторов V_N , м³, составляет:

$$V_N = V - V_D = 10\,489 - 4196 = 6293.$$

Вычисляем объем одного нитрификатора на одной из ступеней очистки, м³:

$$V_N^1 = \frac{6293}{3} = 2098.$$

Определяем распределение расходов исходных сточных вод по степеням очистки с подачей из нитрификатора в денитрификатор циркуляционного потока иловой смеси.

На первую ступень следует подавать 40 % от общего расхода сточных вод, поступающих в денитрификатор, м³/ч:

$$Q_1 = 0,4 \cdot 1250 = 500;$$

— на вторую ступень (32 %) соответственно, м³/ч

$$Q_2 = 0,32 \cdot 1250 = 400;$$

— на третью ступень (28 %) соответственно, м³/ч

$$Q_3 = 0,28 \cdot 1250 = 350.$$

Далее по определенным объемам нитрификатора и денитрификатора проектируем конструкции необходимых технологических сооружений.

Приложение Т (рекомендуемое)

Пример расчета вентилируемых площадок подземной фильтрации

Т.1 Исходные данные: система водоотведения сельского населенного пункта на 100 жителей; жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, ваннами и газовыми водонагревателями, грунт на участке размещения очистных сооружений — песок; глубина до уровня грунтовых вод — 3,0 м.

Т.2 Цель обработки — биологическая очистка от загрязняющих веществ фильтрацией в грунте.

Рассчитать вентилируемые площадки подземной фильтрации.

Т.3 Расчетный расход сточных вод Q , м³/сут, определяем исходя из нормы водоотведения для заданного типа застройки согласно СНБ 4.01.01:

$$Q = 100 \cdot 0,115 = 11,5.$$

Определяем объем септика V , м³, для предварительного осветления сточных вод согласно ТКП 45-4.01-51 (7.4.3), исходя из притока сточных вод за 2,5 сут:

$$V = 2,5 \cdot 11,5 = 28,75.$$

Объем септика принимаем 30 м³.

Т.4 Определяем требуемую площадь вентилируемых площадок подземной фильтрации:

$$F = \frac{Q}{q}, \tag{T.1}$$

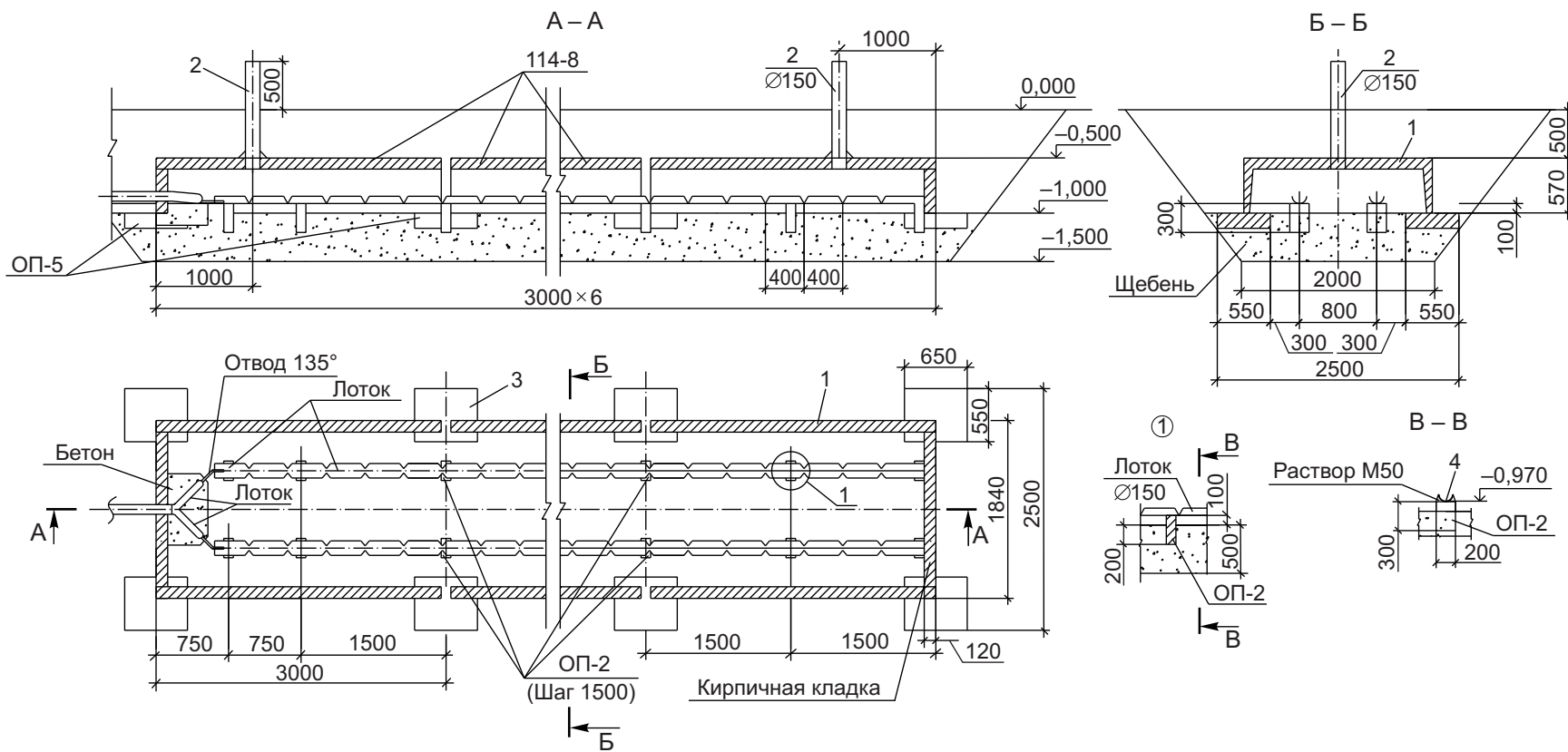
где q — допустимая гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут); принимают по таблице 10.1.

Вычисляем необходимую площадь вентилируемых площадок подземной фильтрации F , м²:

$$F = \frac{11,5}{0,13} = 88,4.$$

Принимаем две площадки длиной 18 м и шириной слоя фильтрующей загрузки 2,3 м.

Конструкция площадки приведена на рисунке Т.1.



1 — железобетонная плита перекрытия; 2 — вентиляционная труба; 3 — опорная подушка; 4 — лоток из труб

Рисунок Т.1 — Схема вентилируемых площадок подземной фильтрации

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. № 271-3.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов» от 8 мая 2007 г. № 43/42.
- [6] Правила промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь
 Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 2 февраля 2009 г. № 6.
- [7] Лапицкая М. П. Очистка сточных вод (примеры расчетов) [Учебное пособие для вузов по специальности «Водоснабжение и канализация» / М. П. Лапицкая, Л. И. Зуева, Н. М. Балаескул, Л. В. Кулешова]. — Мн.: Высшая школа, 1983. — 255 с.
- [8] Лукиных А. А., Лукиных Н. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского. М.: Стройиздат, 1974. — 156 с.