

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра водоснабжения, химии и экологии

О. К. НОВИКОВА

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ
ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ:
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА**

Пособие

Гомель 2024

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра водоснабжения, химии и экологии

О. К. НОВИКОВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ: МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

*Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере
высшего образования Республики Беларусь по образованию в области
строительства и архитектуры в качестве пособия для студентов
по специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети,
оборудование заданий и сооружений»*

Гомель 2024

УДК 628.33(075.8)
ББК 38.761.2
Н73

Рецензенты: кафедра нефтегазоразработки и гидропневматики (заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор *А. Б. Невзорова*) ГГТУ им. П. О. Сухого;
директор ООО «Гефлис» магистр техн. наук *А. В. Роденко*

Новикова, О. К.

Н73 Проектирование городских очистных сооружений: механическая очистка : пособие / О. К. Новикова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2024. – 79 с.
ISBN 978-985-891-145-4

Приведены методики определения производительности очистных сооружений, концентраций загрязняющих веществ в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, требуемой степени очистки с учетом допустимых концентраций загрязняющих веществ на выпуске очистных сооружений. Рассмотрены вопросы проектирования и расчета основных сооружений механической очистки городских сточных вод: решеток, песколовков, отстойников.

Предназначено для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений».

УДК 628.33(075.8)
ББК 38.761.2

ISBN 978-985-891-145-4

© Новикова О. К., 2024
© Оформление. БелГУТ, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Определение расчетных параметров очистных сооружений.....	5
1.1 Определение производительности очистных сооружений.....	5
1.2 Определение концентраций загрязняющих веществ в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения.....	7
1.3 Определение допустимых концентраций на выпуске очистных сооружений	9
1.4 Определение необходимой степени очистки сточных вод.....	11
2 Обработка сточных вод процеживанием.....	13
2.1 Поступление сточных вод на очистные сооружения.....	13
2.2 Общие положения по проектированию сооружений для обработки сточных вод процеживанием.....	14
2.3 Расчет и подбор решеток.....	15
3 Расчет и подбор песколовков.....	22
3.1 Общие положения по проектированию песколовков.....	23
3.2 Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды.....	25
3.3 Горизонтальные песколовки с круговым движением воды.....	29
3.4 Тангенциальные песколовки.....	32
3.5 Вертикальные песколовки.....	33
3.6 Аэрируемые песколовки.....	34
4 Осветление сточных вод.....	37
4.1 Общие положения по проектированию первичных отстойников.....	37
4.2 Горизонтальные отстойники.....	42
4.3 Вертикальные отстойники.....	45
4.4 Радиальные отстойники.....	52
4.5 Отстойники с тонкослойными блоками.....	58
4.6 Септики.....	64
4.7 Двухъярусные отстойники.....	66
4.8 Осветлители-перегниватели.....	69
Список литературы.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Основные параметры, принимаемые при проектировании очистных сооружений.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Охрана водных объектов от загрязнения и истощения является одной из важнейших задач в современном мире. При проектировании очистных сооружений канализации необходимым условием является защита водного и воздушного бассейнов от загрязнений, образующихся в процессе очистки сточных вод и поступающих в водный объект и атмосферу.

Современные очистные сооружения – это сложный и дорогостоящий комплекс инженерных сооружений и коммуникаций. Затраты на их строительство обычно составляют до 20 % стоимости всей системы канализации и при прочих равных условиях существенно зависят от принятой технологической схемы очистки сточных вод, состава и размеров очистных сооружений.

Очистка сточных вод от содержащихся в них загрязнений проводится в несколько стадий. Общим принципом последовательности расположения очистных сооружений является удаление из сточных вод загрязняющих веществ по их уменьшающейся крупности.

В технологической схеме очистной станции сооружения механической очистки располагаются до сооружений биологической очистки. Они служат для извлечения наиболее грубых загрязнений, которые встречаются в городских сточных водах (смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод).

Одновременное проведение процессов отстаивания и сбраживания образующегося осадка достигается в комбинированных сооружениях – септиках, двухъярусных отстойниках или осветлителях-перегнивателях.

В пособии приведены методики расчета и проектирования решеток, песколовков и отстойников.

Приложения, приведенные в конце пособия, содержат табличный материал с основными параметрами, принимаемыми при проектировании очистных сооружений.

Пособие подготовлено в полном соответствии с программой дисциплины «Технология очистки сточных вод». Используются действующие в Республике Беларусь нормативные правовые акты, последние научные исследования, опыт проектирования и строительства.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1.1 Определение производительности очистных сооружений

Расчетная среднесуточная производительность канализационных очистных сооружений определяется с учетом поступления хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

Общий суточный расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $\text{м}^3/\text{сут}$,

$$Q_w = Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}i}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{быт}}$ – расход хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$Q_{\text{пр}i}$ – расход производственных сточных вод i -го предприятия, поступающих на очистные сооружения, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Расход хозяйственно-бытовых сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$,

$$Q_{\text{быт}} = K_n \sum \frac{N_i q_i}{1000}, \quad (1.2)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий увеличение расхода сточных вод, связанное с функционированием организаций и предприятий, обслуживающих население, и поступление расходов иных сточных вод, принимается от 1,1 до 1,2 [7];

N_i – количество жителей, проживающих в i -м районе;

q_i – проектная среднесуточная норма водоотведения, л/сут на человека, принимается в зависимости от степени санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки района по таблице А.1.

Результаты расчёта расходов хозяйственно-бытовых сточных вод можно представить в форме таблицы 1.1.

Средний секундный расход сточных вод, л/с,

$$q_w = \frac{Q_w}{24 \cdot 3,6}. \quad (1.3)$$

В зависимости от среднесекундного расхода хозяйственно-бытовых сточных вод определяются коэффициенты общей неравномерности притока сточных вод (таблица 1.2).

Таблица 1.1 – Расчёт расходов хозяйственно-бытовых сточных вод

Район	Количество жителей N_i , чел.	Норма водоотведе- ния q_i , л/сут на чел.	Суточный расход $Q_{\text{быт}}$, м ³ /сут
<i>Итого</i>			

Таблица 1.2 – Коэффициенты неравномерности [7]

Средний расход сточных вод, л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Коэффициент $K_{gen \max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Коэффициент $K_{gen \min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Примечания

1 Коэффициенты неравномерности притока сточных вод, приведенные в таблице 1.2, следует принимать при расходе производственных сточных вод, не превышающем 45 % от суммарного расхода. При расходе производственных сточных вод более 45 % коэффициенты неравномерности притока сточных вод следует определять с учетом неравномерности отведения хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод по часам суток согласно данным фактического притока сточных вод или данным эксплуатации объектов-аналогов.

2 При средних суточных расходах сточных вод менее 5 л/с максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод принимают равным 3.

3 При промежуточных значениях среднего суточного расхода сточных вод коэффициенты неравномерности притока сточных вод следует определять интерполяцией.

Расчет распределения расходов сточных вод по часам суток удобно вести по форме таблицы 1.3. Распределение расхода хозяйственно-бытовых сточных вод по часам суток принимается по таблице А.2 в зависимости от максимального коэффициента общей неравномерности $K_{gen \max}$.

Таблица 1.3 – Распределение сточных вод по часам суток

Часы	Сточные воды от населения		Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3		Расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, м ³ /ч
	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	
0–1									
1–2									
...									
23–00									
<i>Итого</i>									

Распределение производственных сточных вод производится по часам смены с учетом коэффициента часовой неравномерности притока производственных сточных вод, который зависит:

- от отрасли промышленности;
- вида выпускаемой продукции;
- особенностей технологического процесса.

Коэффициент часовой неравномерности притока производственных сточных вод принимается на основании опыта проектирования аналогичных предприятий или по рекомендациям технологов.

Для ориентировочных расчетов он быть принят для металлургической промышленности – 1,0–1,1; химической – 1,3–1,5; текстильной – 1,0–1,15; пищевой – 1,5–2,0.

По таблице 1.3 определяются расходы в час наибольшего и наименьшего водоотведения (максимальный часовой расход и минимальный часовой расход).

Максимальный и минимальный секундный расход сточных вод, л/с,

$$q_{w\max} = \frac{Q_{h\max}}{3600}; \quad (1.4)$$

$$q_{w\min} = \frac{Q_{h\min}}{3600}, \quad (1.5)$$

где $Q_{h\max}$ – максимальный часовой расход городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения;

$Q_{h\min}$ – минимальный часовой расход городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения.

1.2 Определение концентраций загрязняющих веществ в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения

Концентрации загрязняющих веществ (по показателям) в составе хозяйственно-бытовых сточных вод, мг/дм³, поступающих от жилой застройки,

$$C_{\text{быт}} = \frac{1000a}{q}, \quad (1.6)$$

где a – количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/(чел·сут), принимается по таблице 1.4;

q – проектная норма водоотведения на одного жителя, л/(чел·сут), принимается в зависимости от степени санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки по таблице А.1.

Концентрация загрязняющего вещества в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, определяется по формуле

$$C_{г.с.в} = \frac{C_{быт} Q_{быт} + \sum C_{при} Q_{при}}{Q_{быт} + \sum Q_{при}}, \quad (1.7)$$

где $C_{быт}$ – концентрация загрязняющего вещества в составе хозяйственно-бытовых сточных вод, мг/дм³;

$Q_{быт}$ – расход бытовых сточных вод, м³/сут;

$C_{при}$ – концентрация загрязняющего вещества в составе производственных сточных вод i -го предприятия, мг/дм³;

$Q_{при}$ – расход производственных сточных вод i -го предприятия, м³/сут.

Таблица 1.4 – Количество загрязняющих веществ на одного жителя [7]

Показатель	Количество загрязняющих веществ, г/(чел·сут)
Взвешенные вещества	65,0
Биохимическая потребность в кислороде (БПК ₅) неосветленной сточной воды	60,0
Химическое потребление кислорода (ХПК) неосветленной сточной воды	120,0
Азот аммонийный	10,0
Азот по Кьельдалю*	12,0
Фосфор общий	2,0
Фосфат-ион в пересчете на фосфор	1,4
Хлорид-ион	9,0

* Азот по Кьельдалю – это суммарная массовая концентрация двух форм азота: органической и аммонийной. Термин не включает неорганические формы азота в виде нитритов или нитратов.

Примечание – Количество загрязняющих веществ, поступающих в сточные воды от населения, проживающего в неканализованных районах, допускается учитывать в размере 33 % от приведенных значений.

Расчеты концентраций загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых и городских сточных вод удобно вести в форме таблиц 1.5 и 1.6.

Таблица 1.5 – Концентрации загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых сточных вод

Показатель	Количество загрязняющих веществ a , г/(чел·сут)	Норма водоотведения q , л/сут		Концентрация загрязняющих веществ $C_{быт}$, мг/дм ³		
		район 1	район 2	район 1	район 2	в суммарном расходе

Таблица 1.6 – Концентрации загрязняющих веществ в составе городских сточных вод

Показатель	Производственные сточные воды				Хозяйственно-бытовые сточные воды		Концентрация загрязняющих веществ в составе городских сточных вод $C_{г.с.в.}$, мг/дм ³
	предприятие 1		предприятие 2		концентрация, мг/дм ³	расход, м ³ /сут	
	концентрация, мг/дм ³	расход, м ³ /сут	концентрация, мг/дм ³	расход, м ³ /сут			

1.3 Определение допустимых концентраций на выпуске очистных сооружений

Порядок установления, утверждения и пересмотра нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, отводимых в водные объекты, определяется инструкцией «О порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод», утвержденной постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 16 от 26 мая 2017 г.

Нормативы (временные нормативы) сбросов устанавливаются на каждом выпуске сточных вод для загрязняющих веществ, включенных в перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, согласно инструкции [3]. Временные нормативы сбросов устанавливаются на период проведения реконструкции, модернизации, капитального ремонта очистных сооружений сточных вод, а также пусконаладочных работ или выхода их на проектную мощность.

При осуществлении сброса загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых, городских сточных вод, удаляемых в процессе биологической очистки, допустимая концентрация устанавливается в зависимости от эквивалента населения или массы органических веществ в составе сточных вод, поступающих на очистку, выраженных по показателю БПК₅, и при этом не должна превышать значения, приведенные в таблице 1.2.

Эквивалент населения – условное число жителей, определяющее концентрацию загрязняющих веществ в составе сточных вод, рассчитываемое как соотношение произведения среднесуточного расхода сточных вод, поступающих на очистку, и концентрации загрязняющих веществ, выраженных по показателю биохимического потребления кислорода в течение пяти суток (БПК₅), к массе органических веществ, выраженных по показателю БПК₅, вносимых одним человеком в сутки.

Эквивалентное число жителей, чел.,

$$N_{\text{экв}} = \frac{Q_w C_{\text{общ}}^{\text{БПК}_5}}{a}, \quad (1.8)$$

где Q_w – суммарный среднесуточный расход производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод (расход городских сточных вод), м³/сут;

$C_{\text{общ}}^{\text{БПК}_5}$ – концентрация загрязняющих веществ в составе городских сточных вод,

поступающих на очистные сооружения, оцениваемых по БПК₅, г/м³;

a – количество загрязняющих веществ, оцениваемых по БПК₅, вносимых одним человеком в сточные воды, г/чел·сут, принимается по таблице 1.4.

Масса органических веществ в составе сточных вод, кг/сут, поступающих на очистные сооружения,

$$M_{\text{БПК}_5} = \frac{Q_w C_{\text{общ}}^{\text{БПК}_5}}{1000}. \quad (1.9)$$

Степень удаления загрязняющих веществ в процессе очистки сточных вод, определяемая при проектировании очистных сооружений сточных вод, должна соответствовать допустимым значениям показателей и концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод, приведенным согласно таблице 1.7, с коэффициентом **0,85** [3, п. 17].

Таблица 1.7 – Допустимые значения показателей и концентраций загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых, городских сточных вод, удаляемых в процессе биологической очистки [2]

Эквивалент населения, чел. (масса органических веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения, кг/сут)	Концентрация загрязняющих веществ			Значение показателей		
	фосфор общий, мг/дм ³	азот общий*, мг/дм ³	аммоний-ион, мгN/дм ³	взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³
До 500 (до 30)	–	–	25	30	25	125
501–2000 (30–120)	–	–	20	25	25	120
2001–10 000 (120–600)	4,5	25	15	25	20	100
10 001–100 000 (600–6000)	3,0	20	15	20	20	80
Более 100 000 (более 6000)	2,0	20	10	20	15	70
* Сумма концентраций азота по Кьельдалю, нитрат-иона (в пересчете на азот) и нитрит-иона (в пересчете на азот)						

По остальным показателям, включенным в перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, но не приведенных в таблице 1.6, допустимая концентрация устанавливается расчетом в соответствии с методикой, приведенной в ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 [9].

1.4 Определение необходимой степени очистки сточных вод

Расчет необходимой степени очистки сточных вод производится по основным показателям, характеризующим содержание загрязняющих веществ:

- взвешенным веществам;
- суммарному содержанию в воде органических загрязняющих веществ, оцениваемому по БПК₅ и ХПК;
- наличию биогенных элементов (азота и фосфора).

Необходимая степень очистки сточных вод и расчет канализационных очистных сооружений по другим загрязняющим веществам определяется исходя из условий сброса очищаемых сточных вод в окружающую среду или их отведения в системы канализации в соответствии с требованиями законодательства и ТНПА в области охраны вод.

Степень очистки сточных вод, %, определяется в зависимости от допустимых концентраций на выпуске очистных сооружений по формуле

$$\Xi = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100, \quad (1.10)$$

где C_{en} – концентрация загрязняющего вещества, в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, мг/дм³, определяется по формуле (1.3);

C_{ex} – допустимая концентрация загрязняющего вещества на выпуске очистных сооружений, мг/дм³.

Степень очистки сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду, должна удовлетворять требованиям законодательства об охране и использовании вод [1, 2, 9].

Эффективность удаления загрязняющих веществ при использовании типовых технологий очистки сточных вод приведена в таблице А.3.

Эффективность удаления отдельных веществ при использовании аэробной биологической очистки необходимо определять с учетом их возможной биоразлагаемости в аэробных условиях, данных эксплуатации объектов-аналогов.

Контрольные вопросы

1 Как определяется средесуточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения (формула с пояснениями)?

2 Как определяется средесуточный расход городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения (формула с пояснениями)?

3 От чего зависят коэффициенты общей неравномерности притока сточных вод?

4 Как определяется концентрация загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения (формула с пояснениями)?

5 Как определяется концентрация загрязняющих веществ в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения (формула с пояснениями)?

6 Для чего определяется эквивалент населения?

7 Как определяется эквивалент населения?

8 Как определяется масса органических веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения?

9 При установлении допустимых концентраций на выпуске в водный объект для чего вводится коэффициент 0,85?

10 Как определяется требуемая степень очистки (формула с пояснениями)?

11 По каким показателям производится расчет необходимой степени очистки сточных вод?

2 ОБРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОЦЕЖИВАНИЕМ

2.1 Поступление сточных вод на очистные сооружения

Приемная камера предназначена для приема сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации, гашения скорости потока жидкости и сопряжения трубопроводов с открытым лотком. Приемные камеры проектируются на поступление сточных вод по одному или двум трубопроводам и располагаются в насыпи высотой до 5 м (рисунок 2.1).

Выбор типоразмера камеры в зависимости от пропускной способности, диаметра и количества напорных трубопроводов производится в соответствии с таблицей 2.1.

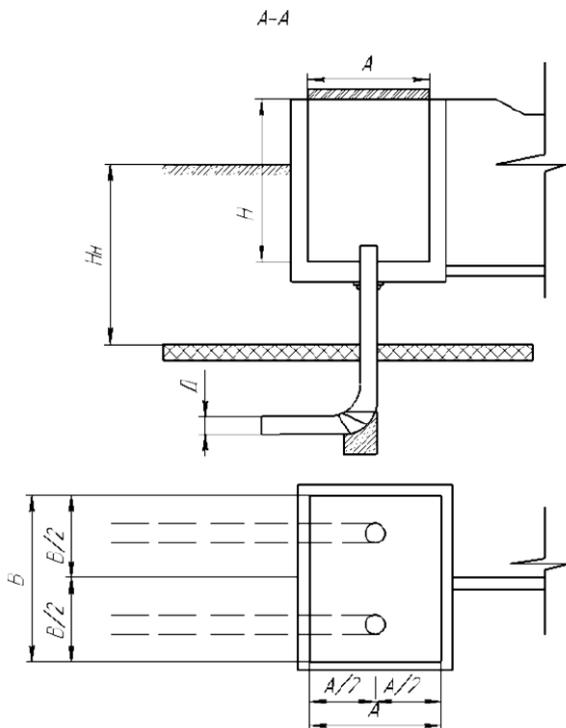


Рисунок 2.1 – Приемная камера

Таблица 2.1 – Типовые конструкции приемных камер

Пропускная способность, л/с	Диаметр трубопровода, мм	Марка приемной камеры	Размеры камеры А×В×Н, мм
<i>На один трубопровод</i>			
31	200	ПК-1-20	1000×1000×1000
55	250	ПК-1-25а	1000×1000×1200
83	250	ПК-1-25б	1000×1000×1200
134	400	ПК-1-40а	1000×1000×1200
182	400	ПК-1-40б	1000×1000×1200
280	500	ПК-1-50	1000×1000×1200
393	600	ПК-1-60а	1000×1500×1600
476	600	ПК-1-60б	1000×1500×1600
610	700	ПК-1-70а	1000×1500×1600
750	700	ПК-1-70б	1000×1500×1600
917	800	ПК-1-80	1000×1500×1600
1140	900	ПК-1-90	1000×1500×1600
1390	1100	ПК-1-110	2000×2000×2000
1810	1200	ПК-1-120	2000×2000×2000
2450	1400	ПК-1-140	2000×2000×2000
<i>На два трубопровода</i>			
31	2×150	ПК-2-15	1000×1500×1200
55	2×200	ПК-2-20	1000×1500×1200
83	2×250	ПК-2-25	1000×1500×1200
134	2×300	ПК-2-30а	1000×1500×1200
182	2×300	ПК-2-30б	1000×1500×1200
280	2×400	ПК-2-40	1000×1500×1200
393	2×500	ПК-2-50	1000×2000×1600
476	2×600	ПК-2-60а	1000×2000×1600
610	2×600	ПК-2-60б	1600×2500×1600
750	2×700	ПК-2-70	1600×2500×1600
917	2×800	ПК-2-80а	1600×2500×1600
1140	2×800	ПК-2-80б	1600×2500×1600
1390	2×900	ПК-2-90	2000×3200×2000
1810	2×1100	ПК-2-110	2000×3200×2000
2210	2×1200	ПК-2-120	2000×3200×2000
2450	2×1200	ПК-2-12б	2000×3200×2000

2.2 Общие положения по проектированию сооружений для обработки сточных вод процеживанием

Сооружения для обработки сточных вод процеживанием предназначены для задержания грубодисперсных примесей, содержащихся в сточных водах, с эффективностью, обеспечивающей эксплуатацию последующих сооружений в нормальном режиме.

Для обработки сточных вод процеживанием в зависимости от вида и размеров удаляемых примесей применяются решетки, сита, сетки, комбинированные установки, включающие процеживатели с системами удаления песка и всплывающих примесей, процеживатели с измельчителями.

Барабанные сетки и сита применяются для задержания крупноразмерных примесей и снижения содержания взвешенных веществ.

При применении барабанных сеток для механической очистки сточных вод в исходной воде должны отсутствовать вещества, затрудняющие промывку сетки (смолы, жиры, масла, нефтепродукты), а содержание взвешенных веществ не должно превышать 250 мг/дм^3 [7].

При отсутствии информации от производителей барабанных сеток и сит о степени очистки на них снижение содержания загрязняющих веществ принимается: по взвешенным веществам – 20–25 %, БПК₅ – 5–10 % [7].

Решетки применяются для задержания из городских сточных вод крупных и волокнистых материалов и являются сооружениями предварительной очистки.

Для устройства решеток применяются стержни прямоугольной, прямоугольной с закругленной частью, круглой и другой форм (рисунок 2.2).

Стержни прямоугольной формы применяют чаще других.

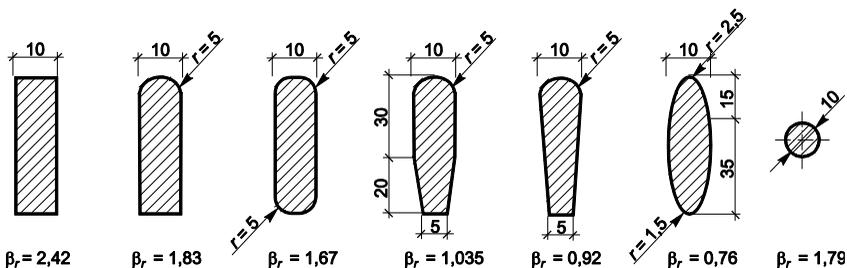


Рисунок 2.2 – Формы поперечных стержней решеток и соответствующие коэффициенты β_r [2]

2.3 Расчет и подбор решеток

Производительность решеток определяется при максимальном притоке сточных вод на очистные сооружения $q_{w\max}$, $\text{м}^3/\text{с}$, по указаниям производителей или, исходя из условия обеспечения в прозорах решетки скоростей сточных вод, по зависимости

$$q_{w\max} = \omega_r v_r = b_r h_r n_{pr} v_r, \quad (2.1)$$

где ω_r – площадь живого сечения всех прозоров решетки, м^2 ;

v_r – скорость движения сточной воды в прозорах решетки, м/с, принимается 0,8–1,0 м/с.

b_r – ширина прозоров решетки, м;

h_r – глубина воды перед решеткой, м;

n_{pr} – количество прозоров решетки;

Параметры подводящего канала должны обеспечивать выполнение условия

$$v_k \geq v_{\min}, \quad (2.2)$$

где v_{\min} – минимальная скорость движения сточных вод в канале перед решеткой, м/с, принимается 0,3 м/с [7].

Решетки устанавливаются вертикально или наклонно. Схема решетки установки приведена на рисунке 2.2.

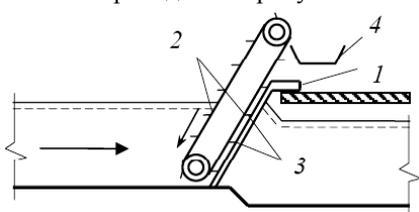


Рисунок 2.3 – Решетка с механическими граблями [7]:

1 – решетка; 2 – бесконечная цепь;

3 – грабли; 4 – конвейер

Площадь живого сечения всех прозоров решетки, m^2 ,

$$\omega_r = \frac{q_{w\max}}{v_r}, \quad (2.3)$$

Количество рабочих решеток n_r , шт., определяется в зависимости от максимального часового расхода и пропускной способности решетки, или по формуле

$$n_r = \frac{\omega_r}{\omega_{r1}}, \quad (2.4)$$

где ω_r – площадь живого сечения одной решетки, m^2 .

По площади живого сечения подбирается необходимое количество рабочих решеток, дополнительно предусматривается установка 1–2 резервных решеток и предусматривается обводной канал для пропуска воды в случае аварийного засора решеток.

Фактическая скорость движения сточных вод в прозорах решетки, м/с, определяется с учетом стеснения потока механизмами решеток, уменьшающими площадь живого сечения решеток (механические грабли и другие устройства),

$$v_r^f = \frac{k_{st} q_{w\max}}{h_{\max} n_{pr1} b_r n_r}, \quad (2.5)$$

где k_{sti} – коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими устройствами, принимается 1,05–1,10;

$h_{к\max}$ – 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.

Потери напора в решетках, м, при максимальном расходе определяются по данным производителей решеток, а при их отсутствии по формуле

$$h_r = K\xi \frac{v_k^2}{2g}, \quad (2.6)$$

где K – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки, принимается $K=3$;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

v_k – скорость движения сточных вод в канале перед решеткой, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Коэффициент местного сопротивления

$$\xi = \beta_r \left(\frac{S_s}{b_r} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \alpha, \quad (2.7)$$

где β_r – коэффициент, зависящий от формы стержней решетки, принимается в соответствии с рисунком 2.3;

S_s – толщина стержней решетки, м, принимается по данным изготовителей, при отсутствии данных допускается принимать 0,008–0,010 м [2];

α – угол наклона решетки к горизонту.

Скорость движения сточных вод в канале перед решеткой, м/с,

$$v_k = \frac{k_{sti} q_{w\min}}{b_{kr} h_{к\min}}, \quad (2.8)$$

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

b_{kr} – ширина канала перед решеткой, м;

$h_{к\min}$ – глубина воды в канале перед решеткой при минимальном притоке, м.

Размеры камеры для установки решеток принимаются в зависимости от конструкции решетки. При необходимости расширения камеры решетки относительно подводящего канала, длина уширения перед решеткой и длина сужения после решетки, м, определяются по формулам соответственно

$$l_{r1} = 1,37(B_{r1} - B_{kr}); \quad (2.9)$$

$$l_{r2} = 0,5l_{r1} = 0,685(B_{r1} - B_{kr}), \quad (2.10)$$

где B_{r1} – ширина одной решетки, м;

B_{kr} – ширина канала перед решеткой, м.

Общая строительная длина камеры решетки, м,

$$L_r = l_{r1} + l_{r2} + l_{r3}, \quad (2.11)$$

где l_{r1} – длина уширения перед решеткой, м;

l_{r2} – длина уширения после решетки, м;

l_{r3} – длина расширенной части канала с установленной решеткой, м.

Длина расширенной части в месте установки решетки, м, определяется по формулам:

– для вертикальных решеток

$$l_{r3} = 1,8B_{kr}; \quad (2.12)$$

– для наклонных решеток

$$l_{r3} = 1,8B_{kr} + \frac{h_k}{\operatorname{tga}}, \quad (2.13)$$

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

h_k – глубина воды в канале перед решеткой, м, принимаемая по результатам гидравлического расчета канала;

α – угол наклона решетки к горизонту.

Суточный объем отбросов, задерживаемых на решетках, м³/сут,

$$W_{ot} = q_{ot} N_{\text{эKB}}, \quad (2.14)$$

где q_{ot} – удельное количество отбросов, л/(чел·год), принимается по таблице 2.2 в зависимости от размеров прозоров решетки;

$N_{\text{эKB}}$ – эквивалентное количество жителей, чел, определяется по формуле (1.8).

Таблица 2.2 – Объем задерживаемых отбросов на решетках [2]

Ширина прозоров, мм	0,5	1,0	2,0	3,0	6,0	15	16-20	25-35	40-50	60-80	90-125
Объем отбросов л/чел·год	45	34	26	22	16	10	8	3	2,3	1,6	1,2

При определении объема задерживаемых отбросов на очистных сооружениях необходимо учитывать его уменьшение за счет удаления отбросов на канализационной насосной станции (КНС), при подаче сточных вод на очистные сооружения с КНС, оборудованных решетками.

Масса отбросов, снимаемых с решеток за сутки, т/сут,

$$P_{r1} = \frac{W_{ot} \rho_{ot}}{1000}, \quad (2.15)$$

где ρ_{ot} – плотность отбросов, т/м³.

Плотность и влажность отбросов, снимаемых с решеток, принимается по паспортным данным предприятий-производителей решеток. При отсутствии данных допускается принимать по таблице 2.3.

Масса отбросов, снимаемых с решетки за час, кг/ч,

$$P_{r2} = \frac{P_{r1} \cdot 1000}{24} K_{ot}, \quad (2.16)$$

где K_{ot} – коэффициент часовой неравномерности поступления отбросов, принимаемый равным 2.

Для обеспечения обслуживания решеток между ними предусматриваются проходы шириной не менее 1,2 м.

Таблица 2.3 – Влажность и плотность отбросов с решеток

Отбросы с решеток	Влажность отбросов, %	Плотность отбросов, т/м ³
До обезвоживания	90	0,87
После обезвоживания	70	0,69

Пол здания решеток должен располагаться не менее чем на 0,5 м выше расчетного уровня сточной воды в каналах. В месте установки решетки на дне камеры выполняется уступ, равный величине потерь напора в решетке h_r .

При размещении решеток вне зданий должны быть предусмотрены конструкции решеток и мероприятия, обеспечивающие их нормальную эксплуатацию и предотвращение обмерзания.

Наиболее распространенными в мировой практике решетками тонкой очистки являются *ступенчатые, ленточные и барабанные* (шнековые) решетки.

Ступенчатая решетка представляет собой два пакета пластин ступенчатой формы: подвижный и неподвижный. Каждая пластина подвижного пакета расположена между двумя пластинами неподвижного пакета (рисунок 2.4). Подвижная пластина совершает круговое движение, подъем, перемещение, спуск. Подвижный пакет движется посредством кривошипно-шатунного механизма (без цепей). Загрязнения, содержащиеся в поступающих на очистку сточных водах, собираются на неподвижных ступенях установки. Затем

подвижный пакет пластин, совершая круговое движение, приподнимает накопившиеся загрязнения, перемещает их вверх и укладывает на следующую неподвижную ступень. Таким образом, загрязнения перемещаются вверх до линии сброса.

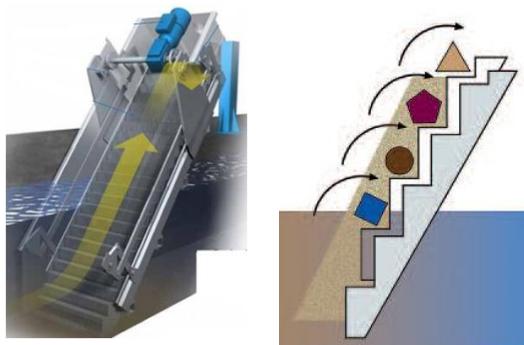


Рисунок 2.4 – Ступенчатая решетка

Задержанные на пластинах загрязнения образуют дополнительный фильтрующий слой, способствующий повышению эффективности очистки.

Размер задерживаемых частиц вне зависимости от размеров прозоров может составлять менее 1 мм, таким образом, ступенчатые установки можно отнести к классу процеживающих.

Устройство и принцип работы ступенчатых решеток способствуют возникновению на них значительного гидравлического сопротивления. В связи с этим перед ступенчатыми решетками скапливается песок, который необходимо регулярно удалять.

Ступенчатые решетки требуют регулярного технического обслуживания во избежание повреждения ламелей.

Параметры механических ступенчатых решеток приведены в таблице А.4.

Механические *грабельные решетки* типа АР имеют ширину прозоров 10–100 мм. Они устанавливаются в подводящих каналах шириной до 2 м на насосных станциях, оборудованных погружными насосами, и не требуют участия оператора, работая в зависимости от установленного времени или от уровня воды.

Грабельные решетки представляют набор полос из нержавеющей стали с фиксированным прозором, установленный в подводящем канале. Именно он задерживает осадок и крупные включения. Задержанные отбросы удаляются за счет перемещения граблины, имеющей автоматический привод.

Перед началом цикла граблина находится в неподвижности чуть выше уровня воды, обычно на высоте пола. При включении автоматики она поднимается в верхнее положение, где сбрасыватель счищает загрязнения с

граблины в контейнер или на транспортер, находящийся за установкой грабельной решетки.

Привод станции отводит граблину от набора полос и останавливается. Включается двигатель самой граблины и опускает ее ко дну канала. Автоматика станции подводит граблину к набору полос в протоке. После временного интервала (до 30 секунд) подвижная часть поднимается в исходное положение. Цикл заканчивается.

Режим работы установки и частота проводок зависит от состава и расхода сточных вод, производительность может быть от 600 до 10000 м³/час.

Параметры механических грабельных решеток приведены в таблице А.4.

Ленточные решетки выпускаются с прозорами 1–10 мм и представляют собой стальную раму с движущейся бесконечной перфорированной лентой из ударопрочного пластика или нержавеющей стали. Лента собирается из элементов с крючками (зубчиками) для транспортировки отходов.

После сброса загрязнений лента чистится вращающейся нейлоновой щеткой. Для промывки водой устанавливаются форсунки.

Так как вода проходит через полотно два раза, производительность ленточных решеток несколько ниже, чем у ступенчатых и реечных.

В последнее время широко используются *барабанные (роторные) решетки* с интегрированной промывкой и уплотнением извлекаемых отходов, одна из конструкций которых приведена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Барабанная решетка

Барабанная решетка устанавливается в канал или контейнер под углом 35° и представляет собой вращающуюся или неподвижную корзину, состоящую из клиновидных реек. Сточная вода попадает в установку через открытое дно

корзины. При прохождении сточных вод через наклонную корзину решетки происходит сепарация плавающих, оседающих и взвешенных веществ. Загрязнения оседают на корзине, а сточная вода проходит через решетку. Осевшие на внутренней стороне корзины загрязнения создают дополнительный фильтрующий эффект. Расположенный в бункере шнек транспортирует загрязнения в контейнер. При транспортировании загрязнений они промываются и уплотняются. Система промывки отходов и пресс для их отжима встроены в одну установку. Влажность промытого и уплотненного мусора достигает 40–60 %.

Так как система промывки отходов и пресс для их отжима встроены в одну установку, возможна существенная экономия на капитальных и эксплуатационных затратах.

Преимущества барабанных решеток:

- минимальное гидравлическое сопротивление;
- отсутствие необходимости проведения мероприятий по удалению песка;
- максимальная эффективность очистки при минимальных затратах на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначены сооружения обработки сточных вод процеживанием?
- 2 Условие применения барабанных сеток.
- 3 Для чего предназначены и из чего состоят решетки?
- 4 Формы поперечного сечения решеток.
- 5 Какие бывают решетки по величине прозоров?
- 6 По каким показателям происходит снижение концентраций при прохождении сточных вод через решетки?
- 7 Под каким углом к горизонту устанавливаются решетки?
- 8 Какая скорость должна быть обеспечена в прозорах решеток?
- 9 Что происходит, если скорость в прозорах решеток больше максимальной?
- 10 Что происходит, если скорость в прозорах решеток меньше максимальной?
- 11 Каковы величины минимальной скорости в канале до решеток и после решеток?
- 12 В зависимости от чего определяется объем задерживаемых на решетках отбросов?
- 13 Куда направляются задерживаемые на решетках отбросы?
- 14 Перечислите оборудование, применяемое для дробления отбросов.
- 15 Требования к размещению решеток с механизированной очисткой.
- 16 Устройство и принцип работы ступенчатой решетки.
- 17 Устройство и принцип работы ленточной решетки.
- 18 Устройство и принцип работы барабанной решетки.

3 РАСЧЕТ И ПОДБОР ПЕСКОЛОВОК

3.1 Общие положения по проектированию песколовков

Содержащиеся в сточной воде нерастворимые вещества (например, песок, шлак, стеклянная крошка и др.) крупностью 0,15–0,25 мм могут накапливаться в отстойниках, снижая тем самым производительность этих сооружений. Осадок, содержащий песок, плохо транспортируется по трубопроводам.

Песколовки предназначены для выделения преимущественно минеральных фракций взвешенных примесей из сточных вод под действием сил тяжести. Предусматриваются в составе очистных сооружений при производительности свыше 100 м³/сут.

По направлению движения воды песколовки подразделяются на горизонтальные, вертикальные, с вращательным движением (тангенциальные и аэрируемые).

Тип песколовки принимается с учетом производительности очистных сооружений (рисунок 3.1), схемы очистки сточных вод и обработки их осадков, параметров очищаемой сточной воды.

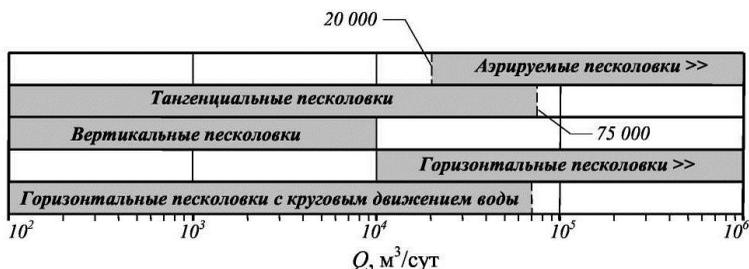


Рисунок 3.1 – Область применения различных типов песколовков в зависимости от производительности очистных сооружений

В песколовках задерживается песок гидравлической крупностью 18–24 мм/с (крупность 0,2–0,25 мм), что составляет 70 % от общего количества песка, содержащегося в сточных водах.

Скорость горизонтального потока сточных вод в песколовках должна быть в определенных пределах (0,15–0,3 м/с), так как чем больше скорость течения воды, тем сильнее турбулентность потока, больше вертикальная составляющая скорости движения воды и тем более крупные частицы будут выноситься с водой; чем медленнее течение, тем более мелкие и легкие частицы будут выпадать в осадок (песколовки рассчитываются таким образом, чтобы выпадал осадок только минерального происхождения, но не органического).

При проектировании песколовок количество отделений необходимо принимать исходя из расчетного расхода сточных вод на одно отделение:

- для горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды и аэрируемой песколовки – не более 50 тыс. м³/сут;
- для горизонтальной песколовки с круговым движением воды – не более 20 тыс. м³/сут;
- для вертикальных и тангенциальных песколовок с круговым движением воды – не более 15 тыс. м³/сут.

Общие расчетные параметры для различных типов песколовок принимаются по таблицам 3.1 и 3.2, а также:

- а) для горизонтальных:
 - продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке – не менее 30 с;
 - допустимая гидравлическая нагрузка – 180 м³/(м²·ч);
- б) для аэрируемых:
 - установка аэраторов из дырчатых труб – на глубину $0,7H_s$ вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка;
 - поперечный уклон дна к песковому лотку – 0,2–0,4;
 - выпуск воды – в направлении вращения воды в песколовке, выпуск – затопленный;
 - отношение ширины к глубине отделения $B : H - 1,0:1,5$;
- в) для тангенциальных:
 - гидравлическая нагрузка – 110–130 м³/(м²·ч) при максимальном притоке;
 - выпуск воды – по касательной на всей расчетной глубине;
 - глубина равная половине диаметра;
 - диаметр – не более 6 м.

Таблица 3.1 – Общие расчетные параметры для проектирования песколовок [2]

Тип песколовки	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v_s , м/с, при притоке		Глубина H , м	Количество задерживаемого песка, г/(чел·сут)	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7–24,2	0,15	0,30	0,5–2,0	0,02	60	55–60
Аэрируемая	13,2–18,7	–	0,08–0,12	0,7–3,5	0,03	–	90–95
Тангенциальная	18,7–24,2	–	–	0,5	0,02	60	70–75

При объеме улавливаемого осадка до 0,1 м³/сут его допускается удалять вручную, при большем объеме удаление задержанного песка из песколовок всех типов применяется механический или гидромеханический способ. Выгрузка задержанного песка из песколовок предусматривается не реже одного раза в сутки.

Таблица 3.2 – Продольная скорость движения воды в песколовках [2]

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , м/с	Продольная скорость движения воды в песколовках v_0 , м/с	
		горизонтальных	аэрируемых
0,05	0,0020	0,10–0,15	0,02–0,05
0,10	0,0059	0,10–0,15	0,02–0,05
0,15	0,0132	0,15–0,20	0,05–0,10
0,20	0,0187	0,15–0,20	0,05–0,10

Для отключения песколовки на период минимального притока или ремонта до и после нее предусматриваются затворы.

3.2 Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды

Горизонтальные песколовки применяются при расходах сточных вод свыше 10 000 м³/сут и представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением (рисунок 3.2).

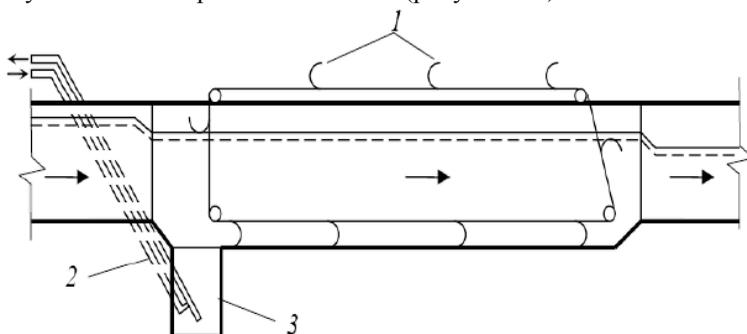


Рисунок 3.2 – Схема горизонтальной песколовки (продольный разрез):
1 – цепной скребковый механизм; 2 – гидрозелеватор; 3 – бункер

Количество отделений песколовки n_p (не менее двух) назначается исходя из расхода на одно отделение не более 50 тыс. м³/сут.

Площадь живого сечения одного отделения, м²,

$$\omega_{p1} = \frac{q_{w \max}}{n_p v_s}, \quad (3.1)$$

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

n_p – количество отделений песколовки, шт.;

v_s – скорость движения сточных вод, м/с, принимается по таблице 3.1 для максимального притока сточных вод.

Длина песколовки L_s , м,

$$L_s = \frac{K_s H_s v_s}{u_0}, \quad (3.2)$$

где K_s – коэффициент;

H_s – расчетная глубина песколовки, м, принимается по таблице 3.1 с учетом рекомендаций таблицы 3.3;

v_s – скорость движения сточных вод, м/с;

u_0 – гидравлическая крупность песка, м/с, принимается в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка по таблице 3.2.

Таблица 3.3 – Технические характеристики горизонтальных песколовков с прямой линией движением воды [4]

Показатель	Пропускная способность очистной станции, тыс. м ³ /сут				
	70	100	140	200	280
Расчетный расход, м ³ /с	0,97	1,36	1,87	2,68	3,76
Число отделений	2	3	4	3	4
Размеры песколовки: – площадь сечения, м ²	1,62	1,54	3,02	2,9	3,02
– длина, м, при гидравлической крупности частиц, мм/с:					
18,7	15,8	15,4	18,2	17,7	18,2
24,2	13,0	12,4	16,3	15,6	16,3
– глубина, м	0,58	0,55	0,67	0,65	0,67
– ширина, м	3	3	3	4,5	4,5

Коэффициент K_s определяется по формуле

$$K_s = \frac{u_0}{\sqrt{u_0^2 - \omega^2}}, \quad (3.3)$$

где ω – вертикальная турбулентная составляющая продольной скорости, м/с,

$$\omega = 0,05v_0, \quad (3.4)$$

v_0 – продольная скорость движения воды в песколовках, м/с, принимается по таблице 3.2.

Ширина отделения песколовки, м,

$$b_{p1} = \frac{\omega_{p1}}{H_s}, \quad (3.5)$$

где H_s – расчетная глубина песколовки, м;

ω_{p1} – площадь живого сечения одного отделения, м².

Полученная ширина округляется до ближайшего стандартного значения (см. таблицу 3.3).

Скорость движения сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, м/с, определяется по формулам:

– при максимальном притоке сточных вод

$$v_{s \max} = \frac{q_{w \max}}{b_{p1} n_p H_s}; \quad (3.6)$$

– при минимальном притоке сточных вод

$$v_{s \min} = \frac{q_{w \min}}{b_{p1} n_p H_s}. \quad (3.7)$$

Рассчитанные скорости должны находиться в пределах 0,15–0,3 м/с.

Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, с, при максимальном притоке определяется по формуле

$$t_{sm} = \frac{L_s}{v_{s \max}}. \quad (3.8)$$

Продолжительность пребывания должна быть не менее 30 с.

Суточный объем песка, задерживаемого песколовкой, м³/сут, при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод

$$W_{\Pi} = N_{\text{экв}} q_{oc}, \quad (3.9)$$

где $N_{\text{экв}}$ – эквивалентное количество жителей, чел.;

q_{oc} – удельный объем задерживаемого песка, м³/(чел·сут), для хозяйственно-бытовых сточных вод q_{oc} составляет 0,02–0,03 л/(чел·сут) при влажности 60 % и плотности 1,5 т/м³.

Объем бункера одного отделения горизонтальной песколовки, м³,

$$W_b = \frac{W_{\Pi} T_{os}}{n_p}, \quad (3.10)$$

где T_{os} – интервал времени между выгрузками песка из песколовки, сут, принимается не реже одного раза в сутки.

Глубина бункера, м,

$$h_b = \frac{W_b}{b_{p1}^2}. \quad (3.11)$$

Высота слоя осадка в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды, м,

$$h_{os} = \frac{k_{os} W_n}{n_p L_s b_{p1}}, \quad (3.12)$$

где k_{os} – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадка по площади песколовки, принимаемый равным 3.

Строительная высота горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды, м,

$$H_{str} = H_s + h_{os} + 0,5. \quad (3.13)$$

В соответствии с рассчитанными шириной, длиной и глубиной принимается типовая песколовка (см. таблицу 3.3) или проектируется индивидуально.

Расход производственной воды, $\text{дм}^3/\text{с}$, при гидромеханическом удалении песка (гидросмывом с помощью трубопровода со spryskami, укладываемого в песковой лоток)

$$q_h = v_h l_{sc} b_{sc}, \quad (3.14)$$

где v_h – восходящая скорость смывной воды в лотке, принимаемая равной 0,0065 м/с;

l_{sc} – длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового приемка, м;

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

При гидромеханической системе удаления осадка расход дренажной воды, возвращаемой на очистку, составляет 85 % от расхода воды, прошедшей через гидромеханическую очистку. Концентрация взвешенных веществ в дренажной воде принимается равной 3000 мг/дм³ [7].

Диаметр смывного трубопровода D_{str} , м, определяется исходя из скорости движения промывной воды в начале смывного трубопровода v_{str} , принимаемой в пределах от 2,5 до 3,5 м/с.

Для обеспечения надежного смыва осадка со всей длины лотка напор в начале смывного трубопровода, м,

$$H_0 = 5,6h_{os} + \frac{5,4v_0^2}{2g}, \quad (3.15)$$

где h_{os} – высота слоя осадка в песковом лотке, м;

v_0 – скорость в spryske, принимаемая в пределах от 4 до 7 м/с.

Высота пескового лотка, м,

$$h_1 = 1,5h_{os}, \quad (3.16)$$

Диаметр spryska, м,

$$d_{\text{сп}} = \sqrt{\frac{4q}{\pi n_c \mu_p}} \sqrt{2gH_0}, \quad (3.17)$$

где n_c – количество spryskov на одном смывном трубопроводе

$$n_c = \frac{2l_{\text{тр}}}{z_{\text{сп}}}, \quad (3.18)$$

$l_{\text{тр}}$ – длина смывного трубопровода, равная длине пескового лотка, м;

$z_{\text{сп}}$ – расстояние между spryskami, которое рекомендуется принимать 0,25–0,40 м [2];

μ_p – коэффициент расхода spryska, зависящий от его конструкции и принимаемый равным 0,82.

Для поддержания в горизонтальных песколовках постоянной скорости движения сточных вод на выходе из песколовки предусматривается водослив с широким порогом.

Перепад уровней воды между дном песколовки и порогом водослива, м,

$$\Delta h_p = \frac{h_{\text{max}} - K_q^{2/3} h_{\text{min}}}{K_q^{2/3} - 1}, \quad (3.19)$$

где h_{max} и h_{min} – глубина слоя воды при максимальном и минимальном расходах сточных вод, м³/с;

K_q – коэффициент, равный отношению максимального и минимального расходов воды, $K_q = q_{\text{max}} / q_{\text{min}}$.

Ширина водослива, м,

$$b_v = \frac{q_{\text{max}}}{m \sqrt{2g} (\Delta h_p + h_{\text{max}})^{2/3}}, \quad (3.20)$$

где m – коэффициент расхода водослива, принимается от 0,35 до 0,38 включительно.

3.3 Горизонтальные песколовки с круговым движением воды

Горизонтальные песколовки с круговым движением воды применяются на очистных сооружениях производительностью до 70 000 м³/сут. Их преимуществом является отсутствие устройств для сбора песка.

Как правило, на очистных сооружениях предусматривается установка двух – четырех горизонтальных песколовок с общими камерами распределения воды. Пример компоновки двух песколовок с круговым движением приведен на рисунке 3.3.

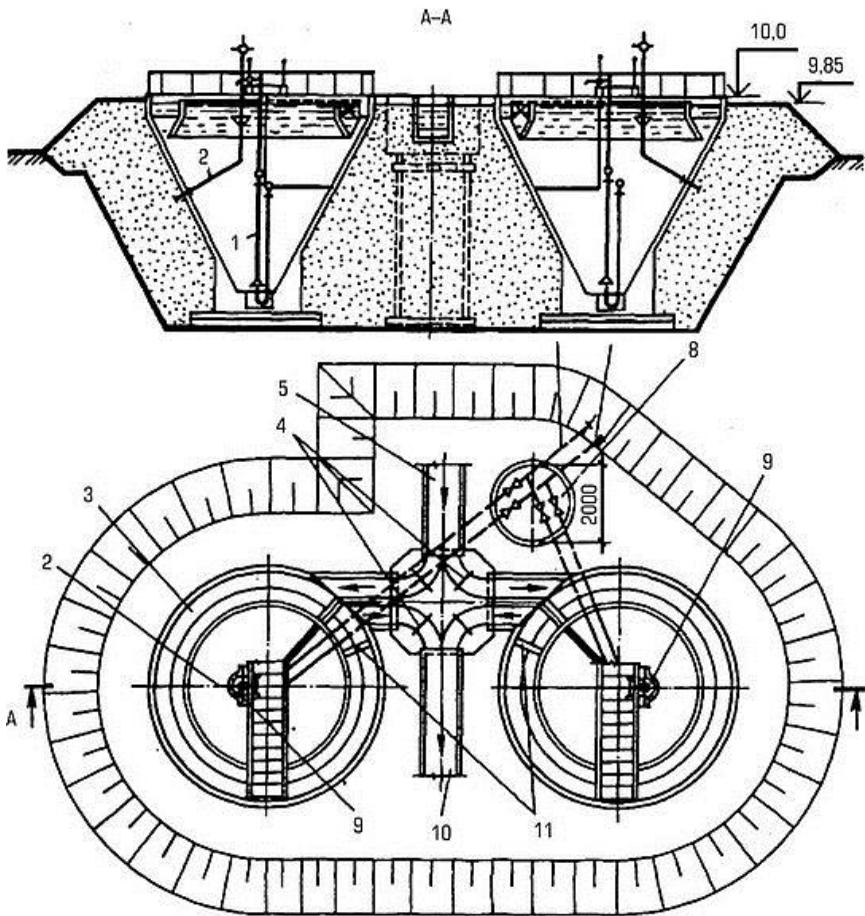


Рисунок 3.3 – Компоновка двух песколовков с круговым движением воды:

- 1 – гидроэлеватор; 2 – трубопровод для отвода всплывающих примесей;
- 3 – желоб; 4 – затворы; 5 – подводящий лоток; 6 – пульпопровод;
- 7 – трубопровод рабочей жидкости; 8 – камера переключения; 9 – устройство для сбора всплывающих примесей; 10 – отводящий лоток; 11 – полупогружные щиты

Количество отделений песколовков n_p (не менее двух) принимается исходя из расхода на одно отделение не более 20 тыс. м³/сут.

Площадь живого сечения одного отделения песколовки, м², определяется по формуле (3.1).

Длина окружности песколовки по средней линии $L_{ок}$, м, определяется по формуле (3.2).

Средний диаметр горизонтальной песколовки с круговым движением воды, м,

$$D_{ok} = \frac{L_{ok}}{\pi}, \quad (3.21)$$

Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с круговым движением воды, с,

$$T_{pk} = \frac{\pi D_{ok}}{v_s}. \quad (3.22)$$

Продолжительность пребывания сточных вод в горизонтальной песколовке с круговым движением не должна превышать 30 с.

Ширина кольцевого желоба горизонтальной песколовки с круговым движением принимается по таблице 3.4 в зависимости от пропускной способности воды.

Таблица 3.4 – Технические характеристики горизонтальных песколовки с круговым движением воды

Пропускная способность		Размеры, мм			
м³/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				250
« 4201 « 7000	« 84 « 133				300
« 7001 « 10000	« 134 « 183				350
« 10001 « 17000	« 184 « 278			1000	600
« 10001 « 25000	« 279 « 394	6000	10000; 11000	1400	900
« 25001 « 40000	« 395 « 590			1500	900
« 40001 « 64000	« 591 « 920			1800	900

Наружный диаметр горизонтальной песколовки с круговым движением воды, м,

$$D_{nk} = D_{ok} + B_g, \quad (3.23)$$

где B_g – ширина кольцевого желоба песколовки, м.

Принимается проектное значение наружного диаметра песколовки с учетом стандартных значений (см. таблицу 3.4).

Суточный объем песка, задерживаемого песколовкой, м³/сут, при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод определяется по формуле 3.9.

Объем бункера одного отделения горизонтальной песколовки с круговым движением W_b , м³, определяется по формуле 3.10.

Высота конической части горизонтальной песколовки с круговым движением воды, м,

$$h_{kb} = \frac{12W_b}{\pi(D_{ок}^2 + d_n^2 + D_{ок}d_n)}, \quad (3.24)$$

где W_b – объем конической части (бункера), м³;

d_n – диаметр нижнего основания конической части, $d_n = 0,4$ м.

Строительная высота горизонтальной песколовки с круговым движением воды, м,

$$H_{str} = H_s + h_{kb} + 0,5. \quad (3.25)$$

3.4 Тангенциальные песколовки

Тангенциальные песколовки применяются при расходах сточных вод до 75 000 м³/сут и обеспечивают более полное задержание песка с малым количеством органических соединений. Гидравлическая нагрузка составляет 110–130 м³/(м²·ч) при максимальном притоке. Глубина песколовки принимается равной половине диаметра.

Тангенциальные песколовки имеют круглую в плане форму. Подвод воды производится по касательной, что обеспечивает винтообразное движение: на периферии вода движется вниз, а в центре – вверх.

Количество отделений песколовки n_{tp} (не менее двух) назначается исходя из расхода на одно отделение не более 15 тыс. м³/сут.

Площадь поверхности песколовки в плане, м²,

$$F_{tp} = \frac{q_{w\max}}{u_0 n_{tp}}, \quad (3.26)$$

где u_0 – гидравлическая крупность песка, задерживаемого в песколовке, м/с, принимается по таблице 3.2.

Диаметр одного отделения, м,

$$D_{is} = \sqrt{\frac{4F_{tp}}{\pi}}. \quad (3.27)$$

Диаметр песколовки округляется до стандартного значения и не должен превышать 6 м.

Глубина тангенциальной песколовки, м, принимается равной половине диаметра

$$h_p = 0,5D_p. \quad (3.28)$$

Высота конусной части тангенциальной песколовки, м,

$$h_{p2} = \sqrt{D_p^2 - h_{p1}^2}. \quad (3.29)$$

Полная строительная высота песколовки, м,

$$H_{str} = h_p + h_{p2} + 0,5. \quad (3.30)$$

Период между выгрузками осадка из тангенциальной песколовки, сут,

$$T_{пос} = \frac{\pi n_p D_p h_{p2}}{12W_{п}}, \quad (3.31)$$

где n_p – количество отделений тангенциальной песколовки;

D_p – диаметр отделения тангенциальной песколовки, м;

h_{p2} – высота конусной части тангенциальной песколовки, м;

$W_{п}$ – суточный объем песка, задерживаемого песколовкой, м³/сут, определяется по формуле 3.9.

3.5 Вертикальные песколовки

Количество отделений песколовки n_{vp} (не менее двух) определяется исходя из расхода сточных вод на одно отделение не более 15 тыс. м³/сут.

Площадь поверхности песколовки в плане, м²,

$$F_{vp} = \frac{q_{w\max}}{u_0 n_{vp}}, \quad (3.32)$$

где u_0 – гидравлическая крупность песка, задерживаемого в песколовке, м/с, принимается по таблице 3.2.

Диаметр одного отделения, м,

$$D_{vp} = \sqrt{\frac{4F_{vp}}{\pi}}. \quad (3.33)$$

Высота цилиндрической части песколовки, м,

$$h_p = tu_0, \quad (3.34)$$

где t – продолжительность пребывания сточных вод в песколовке, принимается в пределах от 120 до 180 с.

Высота конической части вертикальной песколовки, м, принимается равной 0,87 диаметра отделения песколовки

$$h_{кvp} = 0,87D_{vp} . \quad (3.35)$$

Полная строительная высота песколовки, м,

$$H_{стр} = h_p + h_{кvp} + 0,5 . \quad (3.36)$$

3.6 Аэрируемые песколовки

Аэрируемые песколовки применяются при расходах свыше 20000 м³/сут. Они являются усовершенствованной конструкцией горизонтальных песколовков и имеют удлиненную форму в плане и прямоугольное, полигональное или близкое к эллиптическому поперечное сечение. Вдоль одной из стенок на глубине 2/3 от общей гидравлической глубины устанавливаются аэраторы, а под ними устанавливают песковой лоток (рисунок 3.4).

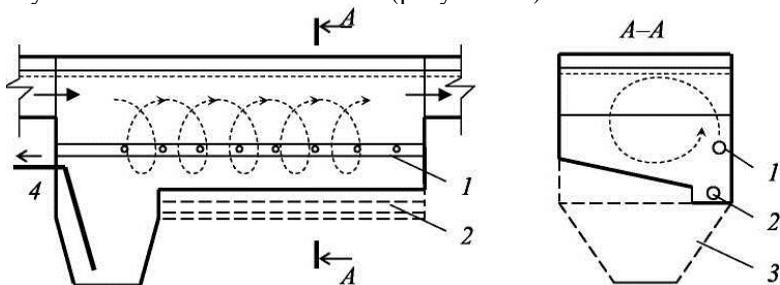


Рисунок 3.4 – Схема аэрируемой песколовки с гидромеханической системой удаления осадка:

1 – дырчатый аэратор; 2 – трубопровод гидросмыва осадка; 3 – осадочная часть; 4 – гидроэлеватор

Поток приобретает вращательное движение с перемещением его у дна от одной стенки к другой. Суммирование поступательного и вращательного движений приводит к винтовому движению воды вдоль песколовки. Продольная скорость составляет 0,05–0,10 м/с, вращательная скорость – 0,3 м/с. Скорость движения воды остается практически постоянной даже при изменениях расхода, что обеспечивает поддержание в потоке во взвешенном состоянии органических примесей и одновременное оседание песка.

Количество отделений песколовки n_p (не менее двух) назначается исходя из расхода на одно отделение не более 50 тыс. м³/сут.

Площадь живого сечения одного отделения, м², определяется по формуле 3.1.

Отношение ширины B и глубины H отделения песколовки назначается $\alpha = 1,0 \dots 1,5$.

Глубина песколовки, м,

$$H = \sqrt{\frac{\omega_{p1}}{\alpha}}. \quad (3.37)$$

Ширина песколовки, м,

$$B = \alpha H. \quad (3.38)$$

Принимается стандартная ширина песколовки. Типовые размеры аэрируемых песколовок приведены в таблице 3.5.

Расчетная глубина песколовки, м,

$$H_x = H / 2. \quad (3.39)$$

Для аэрируемых песколовок коэффициент K_s , определяется по таблице 3.6 в зависимости от диаметра задерживаемых частиц песка.

Таблица 3.5 – Технические характеристики аэрируемых песколовков

Пропускная способность, тыс. м ³ /сут	Число отделений	Размеры, м			Отношение $\alpha = B / H$	Расход воздуха на аэрацию, м ³ /ч, при интенсивности м ³ /(м ² ·ч)
		ширина отделения	глубина	длина		
70	2	3,0	2,1	12	1,34	200
100	3	3,0	2,1	12	1,34	300
140	2	4,5	2,8	18	1,5	460
200	3	4,5	2,8	18	1,5	690
280	4	4,5	2,8	18	1,5	920

Таблица 3.6 – Коэффициент K_s для аэрируемых песколовков

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

Длина песколовки L_s , м, определяется по формуле 3.2.

Суточный объем песка, задерживаемого в песколовках, W_p , м³/сут, определяется по формуле 3.9.

Объем бункера одного отделения аэрируемой песколовки, м³, определяется по формуле 3.10.

Глубина бункера, м, определяется по формуле 3.11, принимая $b_{p1} = B$.

Длина пескового лотка, м,

$$l_{sc} = L_s - B. \quad (3.40)$$

Расчеты по проектированию гидромеханической системы удаления осадка ведутся по формулам 3.14–3.18.

Аэрация в аэрируемых песколовках производится при помощи среднепузырчатых аэраторов в виде дырчатых труб с отверстиями диаметром 5–6 мм. Количество отверстий определяется исходя из скорости выхода воздуха 15–20 м/с. Отверстия располагаются по обе стороны нижней части трубы под углом 120°.

Подвод воздуха к дырчатым трубам производится с учетом его равномерного распределения по площади аэрации при исключении конструктивного исполнения аэраторов в виде дырчатых труб чрезмерной длины с подводом от одного стояка.

Расход воздуха, м³/ч, на аэрацию сточных вод в песколовке

$$q_{air} = IF, \quad (3.41)$$

где I – интенсивность аэрации, принимается от 3 до 5 м³/(м²·ч);

F – площадь песколовки, м².

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначены песколовки?
- 2 В каких песколовках лучше всего происходит отмывка песка от органики?
- 3 При какой производительности применяются песколовки в технологической схеме очистки?
- 4 Перечислите типы песколовков по направлению движения сточных вод (указать расходы сточных вод, при каких они применяются).
- 5 Какой гидравлической крупности задерживается песок в песколовках?
- 6 Устройство горизонтальной песколовки.
- 7 Принцип работы горизонтальной песколовки.
- 8 Виды механизмов для перемещения осадка в бункер?
- 9 Устройство горизонтальной песколовки с круговым движением воды.
- 10 Какая скорость должна поддерживаться в горизонтальной песколовке?
- 11 Какова продолжительность нахождения сточных вод в песколовке?
- 12 Преимущества горизонтальных песколовков с круговым движением.
- 13 Принцип работы горизонтальной песколовки с круговым движением.
- 14 Принцип очистки сточных вод в вертикальных песколовках.
- 15 В каком случае целесообразно применять вертикальные песколовки?
- 16 Недостаток вертикальных песколовков.
- 17 Принцип очистки сточных вод в тангенциальной песколовке.
- 18 Принцип работы тангенциальной песколовки с вихревой водяной воронкой.
- 19 Устройство аэрируемой песколовки.
- 20 Принцип очистки сточных вод в аэрированной песколовке.

4 ОСВЕТЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

4.1 Общие положения по проектированию первичных отстойников

Отстаивание является самым простым, наименее трудоемким и дешевым методом выделения из сточной воды грубодиспергированных примесей, плотность которых отличается от плотности воды. Под действием силы тяжести загрязнения, плотность которых больше плотности воды, оседают на дно, загрязнения, плотность которых меньше плотности воды, всплывают на поверхность.

Первичные отстойники располагаются в технологической схеме очистки сточных вод непосредственно за песколовками и предназначены для выделения взвешенных веществ из сточной воды.

Тип первичного отстойника (вертикальный, горизонтальный, радиальный, двухъярусный) принимается с учетом:

- технологической схемы очистки сточных вод и обработки осадка;
- производительности и требуемой эффективности (таблица 4.1);
- очередности строительства;
- рельефа площадки;
- геологических условий;
- уровня грунтовых вод.

Необходимый эффект осветления сточных вод в отстойниках, %,

$$\Theta = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где C_{en} – концентрация взвешенных веществ в неосветленной сточной воде, поступающей в отстойники, мг/дм³;

C_{ex} – допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах после первичных отстойников, мг/дм³.

Концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах после отстойников, подаваемых на сооружения биологической очистки с целью полной или частичной очистки от веществ, подверженных биохимической деградации, не должна превышать **150 мг/дм³** в осветленных сточных водах [7].

Для проектируемых очистных сооружений снижение содержания загрязняющих веществ принимается по таблице 4.2 в зависимости от времени отстаивания.

Таблица 4.1 – Производительность и эффект осветления отстойников различных типов [2]

Тип отстойника	Производительность очистной станции, тыс. м ³ /сут	Эффект осветления, %
Горизонтальные	Более 15	50–60
Вертикальные	2–20	40
Вертикальные с нисходяще-восходящим потоком		60–65
Радиальные	Более 20	50–55
Радиальные с вращающимся сборно-распределительным устройством		80
Тонкослойные		65

Таблица 4.2 – Снижение содержания загрязняющих веществ в зависимости от времени отстаивания [7]

Показатель	Снижение содержания загрязняющих веществ %, в зависимости от времени отстаивания, ч	
	от 0,5 до 1,0	от 1,5 до 2,0
Взвешенные вещества	45–50	55–64
БПК ₅	20–25	30–33
ХПК	20–25	30–33
Азот общий по Кьельдалю	9	9
Фосфор общий	10	10

Гидравлическая крупность задерживаемых примесей, мм/с,

$$u_0 = \frac{1000H_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_{set}} \right)^{n_2}}, \quad (4.2)$$

где H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м, принимается конструктивно с учетом рекомендаций таблицы 4.3;

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое h_1 ; для городских сточных вод данную величину допускается принимать по таблице 4.4;

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, определяющий гидравлическую эффективность отстойника, принимаемый в зависимости от конструкции водораспределительных и водосборных устройств по указаниям организаций-разработчиков; при отсутствии указанных данных допускается величину K_{set} принимать по таблице 4.3;

n_2 – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения; для городских сточных вод определяется по графику (рисунок 4.1).

Таблица 4.3 – Основные расчетные параметры отстойников [2]

Тип отстойника	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v_w , мм/с	Уклон дна к иловому прямку
Горизонтальный	0,50	1,5–4,0	$2H_{set} - 5H_{set}$	5–10	0,005–0,050
Радиальный	0,45	1,5–5,0	–	5–10	0,005–0,050
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8–1,2	–	–	0,050
Вертикальный	0,35	2,7–3,8	–	–	–
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7–3,8	–	$2u_0 - 3u_0$	–
С тонкослойными блоками: – противоточная (прямоточная) схема работы	0,50–0,70	0,025–0,20	2,0–6,0	5–10	–
– перекрестная схема	0,80	0,025–0,20	1,5	5–10	0,005

Таблица 4.4 – Продолжительность отстаивания воды в зависимости от эффекта ее осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1 = 500$ мм, при температуре 15 °С и при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	–	–	7200

В случае, когда температура сточной воды при очистке в отстойниках отличается от температуры воды, при которой определялась кинетика отстаивания, необходимо вводить поправку

$$u_0^t = u_0 \frac{\mu_{lab}}{\mu_{pr}}, \quad (4.3)$$

где u_0 – гидравлическая крупность частиц, мм/с;

μ_{lab} , μ_{pr} – коэффициенты вязкости воды, Па·с, при соответствующих температурах в лабораторных условиях и сточных вод в сооружении, принимаемый по таблице 4.5.

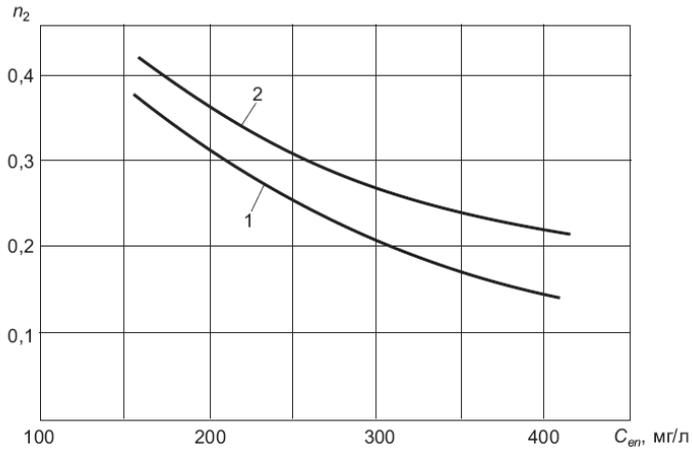


Рисунок 4.1 – Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах:

1 – при эффекте отстаивания 50 %; 2 – 60 %

Таблица 4.5 – Коэффициент вязкости воды при соответствующих температурах

Температура воды, °С	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
Коэффициент вязкости, 10^{-3} Па·с	0,469	0,549	0,656	0,801	0,894	1,010	1,140	1,308	1,519	1,702

Количество отстойников (секций) принимается исходя из надежности их действия при условии, что все они являются рабочими, но **не менее двух**.

Расчетный объем отстойников (секций) принимается таким образом, чтобы при отключении одних отстойников (секций) перегрузка остальных не превышала 25 %.

Производительность одного отстойника q_{set} , м³/ч, определяется исходя из геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

– для горизонтальных отстойников

$$q_{set} = 3,6 K_{set} L_{set} B_{set} (u_0 - v_{tb}); \quad (4.4)$$

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

$$q_{set} = 2,8K_{set} (D_{set}^2 - d_{en}^2)(u_0 - v_{tb}); \quad (4.5)$$

– для отстойников с нисходяще-восходящим потоком

$$q_{set} = 1,41K_{set} D_{set}^2 u_0; \quad (4.6)$$

– для отстойников с тонкослойными блоками при прямоточной схеме

$$q_{set} = \frac{7,2K_{set} H_{bl} L_{bl} B_{bl} u_0}{K_{dis} h_{ti}}; \quad (4.7)$$

– то же при противоточной схеме

$$q_{set} = K_{set} H_{bl} L_{bl} B_{bl} v_w, \quad (4.8)$$

где K_{set} – коэффициент использования проточной части отстойника, принимается по таблице 4.3;

L_{set} – длина секции, отделения, м;

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

B_{set} – ширина секции, отделения, м;

u_0 – гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с, определяемая по формуле (4.2);

v_{tb} – турбулентная составляющая скорости, мм/с, принимается по таблице 4.6 в зависимости от скорости рабочего потока в отстойнике v_w , мм/с;

D_{set} – диаметр отстойника, м;

d_{en} – диаметр впускного устройства, м;

B_{bl} – ширина тонкослойного блока, м; назначается исходя из допустимого прогиба пластины Δp – от 3 до 5 мм, при наклоне под углом сползания осадка;

H_{bl} – высота тонкослойного блока, м;

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

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

Таблица 4.6 – Турбулентная составляющая скорости в зависимости от скорости рабочего потока [2]

Скорость рабочего потока v_w , мм/с	5,0	10,0	15,0
Турбулентная составляющая v_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/ч,

$$Q_{mud} = \frac{q_{wmax} (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \quad (4.9)$$

где q_{wmax} – расход сточных вод, м³/ч;

C_{en} – концентрация взвешенных веществ в неосветленной сточной воде, поступающей в отстойники, мг/дм³;

C_{ex} – допустимая концентрация взвешенных веществ в осветленных сточных водах после первичных отстойников, мг/дм³;

p_{mud} – влажность осадка, %;

γ_{mud} – плотность осадка, г/см³.

Влажность осадка хозяйственно-бытовых сточных вод из первичных отстойников составляет 95–96 % при самотечном удалении (под гидростатическим давлением) и 94–95 % – при удалении насосами.

4.2 Горизонтальные отстойники

В практике проектирования **горизонтальные первичные отстойники** широко используются в очистных сооружениях пропускной способностью 15–100 тыс. м³/сут, представляют собой прямоугольные в плане резервуары, разделенные продольными перегородками на несколько отделений, в которых поток осветляемой воды, распределяемый по ширине сооружения с помощью лотка с впускными отверстиями, движется горизонтально в направлении водослива сборного канала, расположенного с противоположного торца отстойника (рисунок 4.2).

При проектировании первичных горизонтальных отстойников принимается:

– глубина воды на выходе из отстойника (у водосборных устройств) – не менее 1,5 м;

– рабочая глубина – от 1,5 до 4,0 м;

– гидравлическая нагрузка на водосливы и устройства для перелива или отведения осветленной сточной воды – не более 30 м³/(м·ч);

– высота стенок над уровнем воды – не менее 0,3 м;

– скорость потока сточных вод – от 5 до 10 мм/с;

– уклон днища к иловому приемку – от 0,005 до 0,050;

– подача исходной и сбор осветленной воды – равномерно по ширине впускного и сборного устройств отстойника;

– высота нейтрального слоя – 0,3 м;

– глубина слоя осадка – от 0,3 до 0,5 м;

– угол наклона стенок илового приемка – от 50 до 55°.

– отношение длины к ширине – не менее 3:1.

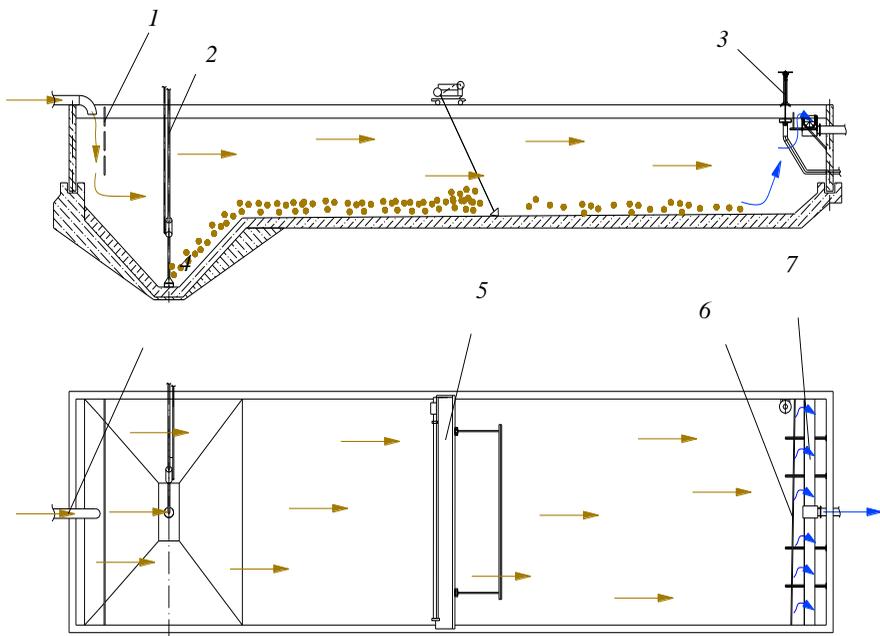


Рисунок 4.2 – Горизонтальный отстойник:

1 – струенаправляющий щит; 2 – удаление осадка; 3 – устройство для удаления плавающих веществ; 4 – подводящая труба; 5 – скребковая тележка; 6 – полупогружная доска; 7 – сборный лоток

Полупогружные перегородки для удержания всплывших загрязняющих веществ устанавливаются на расстоянии 0,3–0,5 м от водосборных лотков, погружаются под уровень воды не менее 0,3 м.

Преимущества горизонтальных отстойников:

- относительно высокий коэффициент использования объема;
- эффект осветления воды по взвешенным веществам (50–60 %);
- возможность применения в слабых грунтах и при высоком уровне грунтовых вод;

– использование в типовых проектах сооружений унифицированной ширины 6 и 9 м стеновых панелей, что позволяет проектировать горизонтальные отстойники с шириной, равной ширине аэротенков, и объединять эти сооружения в секции.

Недостатки:

- повышенный расход железобетона по сравнению с вертикальными и радиальными отстойниками;

– неудовлетворительная работа механизмов тележечного или цепного типа для сгребания осадка, особенно в зимний период.

Расчет и подбор первичных горизонтальных отстойников ведется в следующей последовательности:

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Рабочая глубина проточной части отстойника H_{set} , м, назначается с учетом типовых размеров (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Основные параметры типовых первичных горизонтальных отстойников

Номер типового проекта	Размеры отделения, м			Число отделений	Расчетный объем отстойника, м ³	Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
	ширина	длина	глубина зоны отстаивания			
902-2-305	6	24	3,15	4	1740	1160
902-2-304	6	24	3,15	6	2610	1740
902-2-240	9	30	3,10	4	3200	2130
902-2-241	9	30	3,10	6	4800	3200
902-2-242	9	30	3,10	8	6400	4260

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Суммарная ширина всех отделений отстойника, м,

$$B_{go} = \frac{1000q_{wmax}}{v_w H_{set}}, \quad (4.10)$$

где q_{wmax} – максимальный расход сточных вод, м³/с;

v_w – скорость рабочего потока, м/с, принимается по таблице 4.3;

H_{set} – рабочая глубина проточной части отстойника, м.

Число отделений отстойника n_{got} (должно быть не менее двух), шт.,

$$n_{got} = \frac{B_{go}}{B_{set}}, \quad (4.11)$$

где B_{set} – ширина одного отделения отстойника, м, рекомендуется принимать кратно 3 м в соответствии с типовыми размерами (см. таблицу 4.7).

Фактическая скорость рабочего потока, мм/с,

$$v_w' = \frac{1000q_{wmax}}{H_{set} B_{set} n_{got}}, \quad (4.12)$$

Фактическая скорость рабочего потока должна находиться в пределах значений, приведенных в таблице 4.3. Если условие не выполняется, следует изменить значение параметров H_{set} , B_{set} , n_{got} .

Длина отстойника, м,

$$L_{gset} = \frac{v_w' H_{set}}{K_{set} (u_0' - v_{ib})}, \quad (4.13)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, принимается по таблице 4.3;

u_0' – гидравлическая крупность задерживаемых примесей, мм/с, рассчитываемая по формулам (4.2) и (4.3);

v_{ib} – турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая в зависимости от скорости рабочего потока в отстойнике по таблице 4.6.

Строительная высота отстойника на выходе, м,

$$H = H_{set} + H_1 + H_2, \quad (4.14)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, принимается не менее 0,3 м;

H_2 – высота нейтрального слоя на выходе (от дна), принимаемая равной 0,3 м.

Вместимость прямка одного отстойника для сбора осадка, м³,

$$W_{mud1} = \frac{1}{6} (B_{set} - 0,5) (B_{set}^2 + 0,5 B_{set} + 0,25) \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.15)$$

где φ – угол наклона стенок прямка, принимаемый 50–55°.

Количество задерживаемого отстойниками осадка, м³/ч, определяется по формуле (4.9).

Период между выгрузками осадка из отстойника, ч,

$$T = \frac{n_{got} W_{mud1}}{Q_{mud}}, \quad (4.16)$$

где n_{got} – количество отделений отстойников;

Q_{mud} – количество задерживаемого отстойниками осадка, м³/ч.

Рассчитанное значение должно быть не более: 48 ч – при удалении осадка под гидростатическим давлением; 8 ч – при удалении осадка механическим способом [2].

4.3 Вертикальные отстойники

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический железобетонный резервуар с конусным или пирамидальным днищем.

Вертикальные отстойники применяются на очистных сооружениях производительностью 2000–20 000 м³/сут. Проектируются по типовым проектам диаметром 4,0; 6,0; 9,0 м (таблица 4.8).

В зависимости от конструкции впускного устройства вертикальные отстойники подразделяются на три типа:

- с центральным впуском воды (рисунок 4.3);
- нисходяще-восходящим движением воды (рисунок 4.4);
- периферийным впуском воды (рисунок 4.5).

Таблица 4.8 – Основные параметры типовых вертикальных первичных отстойников с центральным впуском

Номер типового проекта	Диаметр, м	Строительная высота, м		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
		цилиндрической части	конической части	
902-2-19	4	4,1	1,8	31,0
902-2-165	6	4,2	3,3	69,5
902-2-166	9	4,2	5,1	156,5

Вертикальные отстойники в сравнении с горизонтальными обладают следующими преимуществами:

- простота конструкции и удобство в эксплуатации;
- удобство удаления осадка;
- более низкая стоимость монтажа;
- меньше эксплуатационные расходы;
- длина водослива по периметру достаточно велика, что позволяет свести к минимуму скорость движения воды у водослива и уменьшить вынос взвешенных веществ.

К недостаткам вертикальных отстойников относится большая глубина, что удорожает стоимость строительства в слабых грунтах и ограничивает их максимальный диаметр – 9 м.

При проектировании вертикальных отстойников принимается:

- длина центральной трубы – равной глубине зоны отстаивания;
- скорость движения рабочего потока в центральной трубе – не более 30 мм/с;
- угол конусности отражательного щита –146°;
- скорость рабочего потока между раструбом и отражательным щитом – не более 20 мм/с;
- угол наклона конического днища 50–60°;
- высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и уровнем осадка – 0,3 м;
- гидравлическая нагрузка – от 1,0 до 2,0 м³/(м²·ч);
- высота боковой стенки над уровнем воды – не менее 0,3 м.

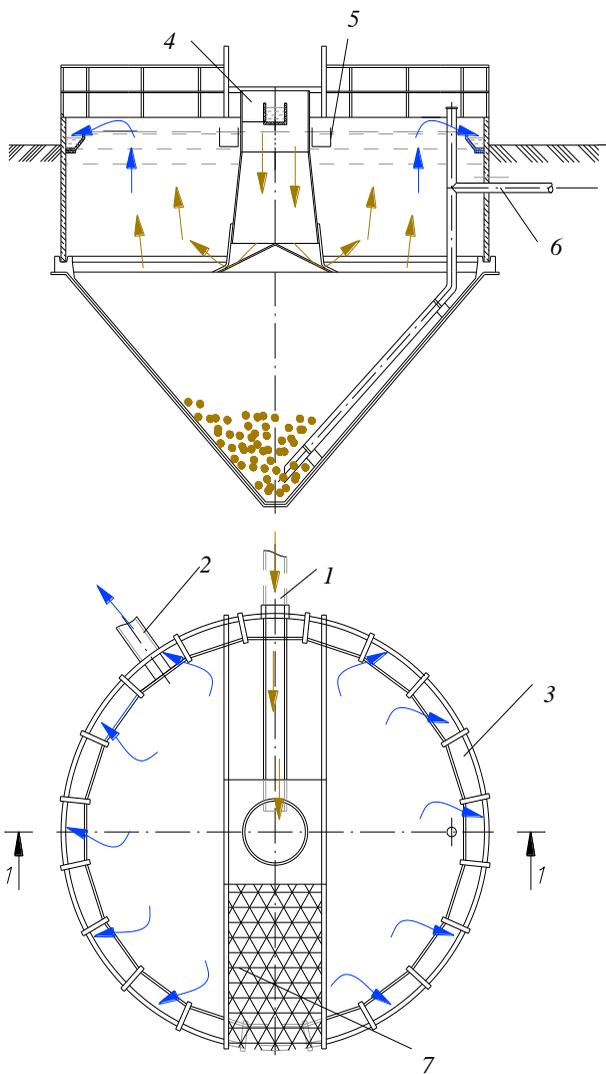


Рисунок 4.3 – Вертикальный отстойник с центральным впуском:
 1 – подводящий лоток; 2 – отводящий лоток; 3 – водосборный лоток; 4 – центральная труба; 5 – жиросборный лоток; 6 – иловая труба; 7 – площадка обслуживания

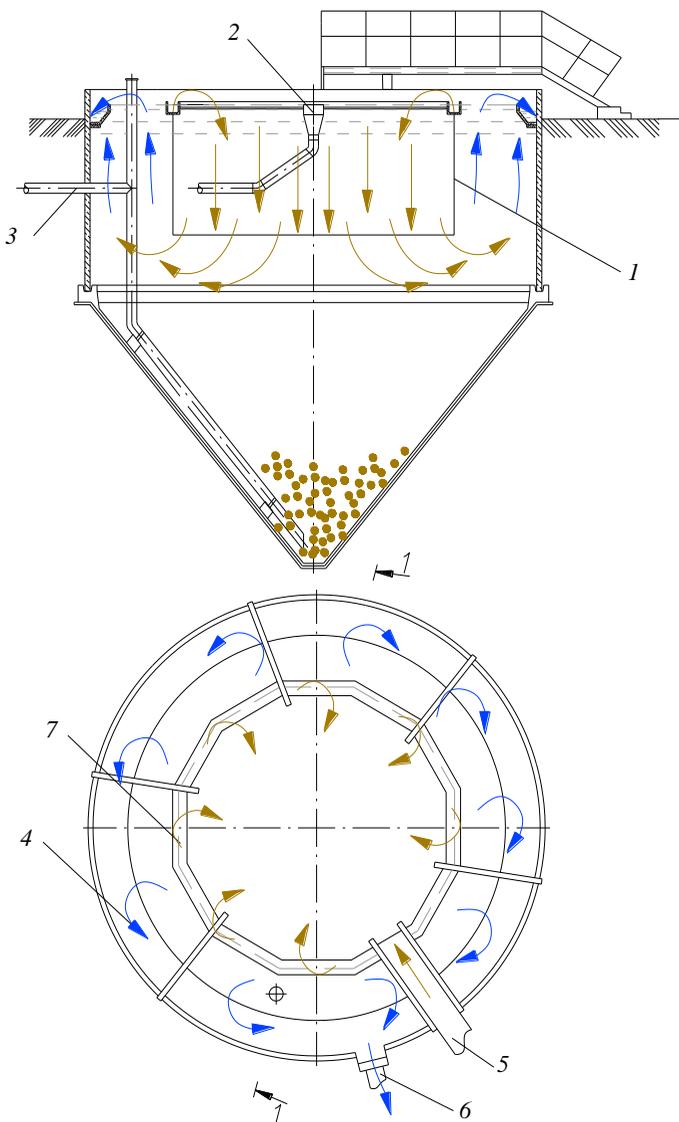


Рисунок 4.4 – Вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим движением воды:

1 – центральный отражательный щит; 2 – приемная воронка для удаления плавающих веществ; 3 – иловая труба; 4 – сборный лоток; 5 – подающий лоток; 6 – отводящий лоток; 7 – распределительный лоток

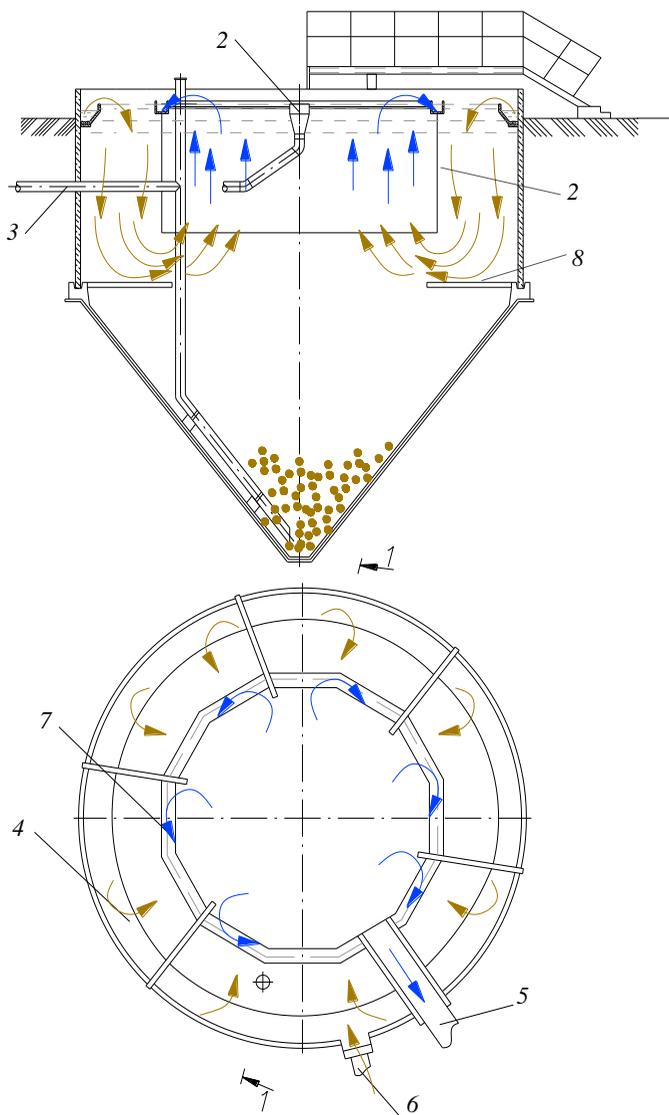


Рисунок 4.5 – Вертикальный отстойник с периферийным
впуском:

- 1 – центральный щит; 2 – приемная воронка для удаления плавающих веществ;
3 – иловая труба; 4 – сборный лоток; 5 – подающий лоток; 6 – отводящий лоток;
7 – распределительный лоток; 8 – отражательное кольцо

Расчет и подбор первичных вертикальных отстойников с центральным выпуском ведется в следующей последовательности:

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Рабочая глубина проточной части отстойника H_{set} , м, назначается с учетом рекомендаций по проектированию (см. таблицу 4.3).

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойников n_{vot} (не менее 2).

Диаметр центральной трубы, м,

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{w\max}}{\pi n_{vot} v_{en}}}, \quad (4.17)$$

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

v_{en} – скорость движения рабочего потока в центральной трубе, м/с, принимается не более 0,03 м/с.

Полученное значение диаметра центральной трубы округляется до стандартного.

Диаметр отстойника, м,

$$D_{vset} = \sqrt{\frac{4000q_{w\max}}{\pi n_{vot} K_{set} (u_0 - v_{ib})}}, \quad (4.18)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, принимаемый по таблице 4.2;

v_{ib} – скорость турбулентной составляющей, м/с, принимается по таблице 4.5 в зависимости от скорости движения рабочего потока в центральной трубе.

По рассчитанному диаметру D_{vset} принимается типовой отстойник (таблица 4.8).

Производительность одного отстойника определяется по формуле (4.5).

Уточняется количество отстойников по формуле

$$n_{vot} = \frac{q_{w\max}}{q_{set}}, \quad (4.19)$$

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

q_{set} – производительность одного отстойника, м³/с.

Диаметр раструбы, м,

$$d_p = 1,35d_{en}, \quad (4.20)$$

Диаметр отражательного щита, м,

$$d_{щ} = 1,3d_p, \quad (4.21)$$

Расстояние между нижним срезом центрально трубы и поверхностью отражательного щита, м,

$$H_{щ} = \frac{q_{w\max}}{\pi n_{vor} d_p v_{щ}}, \quad (4.22)$$

где $v_{щ}$ – скорость движения рабочего потока в щели, м/с, принимается равной не более 0,02 м/с.

Общая высота цилиндрической части отстойника, м,

$$H_{ц} = H_{set} + H_{щ} + H_2 + H_3, \quad (4.23)$$

где H_2 – высота нейтрального слоя между низом щита и слоем осадка, м, принимается равной 0,3 м;

H_3 – высота борта отстойника, м, принимается равной 0,5 м.

Высота конической части отстойника, м,

$$H_k = 0,5D_{vset} \operatorname{tg}\alpha, \quad (4.24)$$

где α – угол наклона конического днища, выраженный в градусах, принимается 50–60°.

Общая высота отстойника, м,

$$H_{vor} = H_{ц} + H_k. \quad (4.25)$$

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

При проектировании вертикальных отстойников с нисходяще-восходящим потоком принимается:

– площадь зоны нисходящего потока равной площади зоны восходящего потока;

– высота перегородки, разделяющей зоны, равной $2/3 H_{set}$;

– уровень верхней кромки перегородки выше уровня воды на 0,3 м, но не выше стенки отстойника;

– распределительный лоток переменного сечения – внутри разделительной перегородки.

Расчет и подбор первичных вертикальных отстойников с нисходяще-восходящим движением ведется в следующей последовательности:

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Рабочая глубина проточной части отстойника H_{set} , м, назначается с учетом рекомендаций по проектированию (см. таблицу 4.3).

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается стандартный диаметр отстойника D_{vset} (4, 6 или 9 м).

Количество отделений отстойников, шт.,

$$n_{ot} = \frac{q_{wmax}}{1,4K_{set}D_{set}^2 u_0}, \quad (4.26)$$

где q_{wmax} – максимальный расход сточных вод, м³/с.

Количество отделений отстойников n_{ot} должно быть не менее 2.

Диаметр кольцевой перегородки, м,

$$D_{kp} = \sqrt{0,5D_{set}}. \quad (4.27)$$

Высота кольцевой перегородки, м,

$$H_{kp} = \frac{2}{3}H_{set}. \quad (4.28)$$

Общая высота цилиндрической части отстойника, м,

$$H_{ц} = H_{set} + H_2 + H_3, \quad (4.29)$$

где H_2 – высота нейтрального слоя между низом щита и слоем осадка, м, принимается равной 0,3 м;

H_3 – высота борта отстойника, м, принимается равной 0,5 м.

Высота конической части отстойника, м, определяется по формуле (4.24).

Общая высота отстойника, м, определяется по формуле (4.23).

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

4.4 Радиальные отстойники

Радиальные отстойники применяются на очистных станциях производительностью от 20 тыс. м³/сут. Представляют собой круглые в плане резервуары. Разработаны типовые проекты радиальных отстойников диаметром 18, 24, 30, 40, 50, 54 м.

По конструкции радиальные отстойники бывают:

- с центральным впуском (рисунок 4.6);
- периферийным впуском (рисунок 4.7);
- сборно-распределительным устройством (рисунок 4.8).

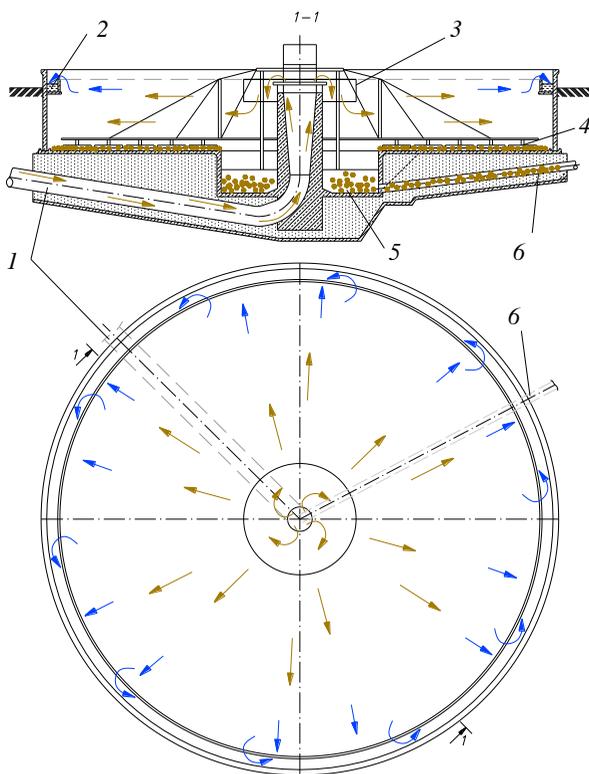


Рисунок 4.6 – Первичный радиальный отстойник:
 1 – трубопровод подачи сточной воды; 2 – сборный лоток; 3 – центральный щит; 4 – илоскреб; 5 – иловый приямок; 6 – трубопровод сырого осадка

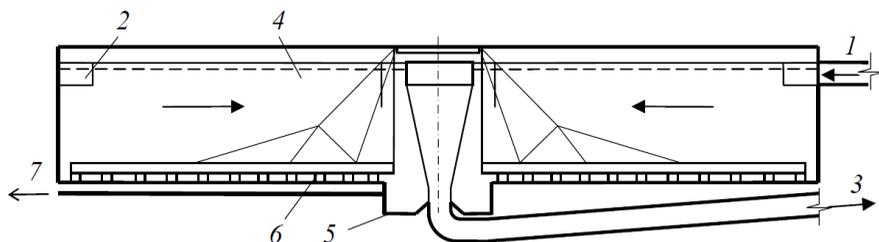


Рисунок 4.7 – Радиальный отстойник с периферийным впуском:
 1 – подача сточной воды; 2 – водораспределительный желоб; 3 – отводящий трубопровод; 4 – отстойная зона; 5 – иловый приямок; 6 – скребковый механизм; 7 – удаление осадка

Преимуществами радиальных отстойников с центральным впуском являются простота эксплуатации и низкая удельная материалоемкость, недостатком – уменьшение коэффициента объемного использования из-за высоких градиентов скорости в центральной части.

Преимуществом радиальных отстойников с периферийным впуском является более высокий эффект осветления или меньшая продолжительность отстаивания при одинаковом эффекте осветления.

При проектировании радиальных отстойников принимается:

– глубина воды на выходе из отстойника (у водосборных устройств) – не менее 1,5 м;

– гидравлическая нагрузка на водосливы – не более $30 \text{ м}^3/(\text{м}\cdot\text{ч})$;

– высота стенок над уровнем воды – не менее 0,3 м;

– рабочая глубина – от 1,5 до 5,0 м;

– скорость потока сточных вод – от 5 до 10 мм/с;

– уклон днища к иловому приемку – от 0,005 до 0,050;

– подача исходной и сбор осветленной воды – равномерно периметру впускного и сборного устройств отстойника;

– высота нейтрального слоя – 0,3 м;

– глубина слоя осадка – от 0,3 до 0,5 м;

– угол наклона стенок илового приемка – от 50° до 55° .

– количество отстойников – не менее двух, причем оба рабочие; наиболее часто встречается компоновка из четырех отстойников (рисунок 4.9).

Расчет и подбор первичных радиальных отстойников с центральным впуском ведется в следующей последовательности:

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Рабочая глубина проточной части отстойника H_{set} , м, назначается с учетом типовых размеров (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Унифицированные размеры первичных радиальных отстойников из сборного железобетона

Диаметр, м	Глубина зоны отстаивания, м	Расчетный объем зоны, м^3		Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$, при времени отстаивания 1,5 ч
		осадка	отстойной	
18	3,10	120	788	550
24	3,10	210	1400	930
30	3,10	340	2190	1460
40	3,65	710	4580	3054
50	4,70	1180	9220	6150
54	5,70	1370	10500	7000

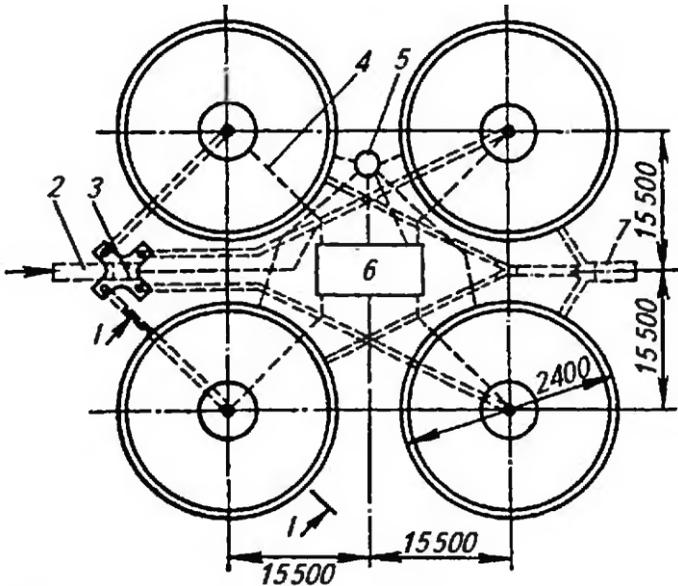


Рисунок 4.9 – Компоновка первичных радиальных отстойников:
 1 – илоскреб; 2 – подводящий трубопровод; 3 – распределительная чаша;
 4 – трубопровод сырого осадка; 5 – жиросборник; 6 – насосная станция
 сырого осадка; 7 – трубопровод отвода осветленной воды

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойников n_{vor} (не менее 2).

Диаметр отделения отстойника, м,

$$D_{setr} = \sqrt{\frac{4000q_{wmax}}{\pi n_{rot} K_{set} (u_0 - v_{tb})}}, \quad (4.30)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника, принимается по таблице 4.2;

v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, м/с, принимается по таблице 4.5 в зависимости от скорости движения рабочего потока.

Типовой отстойник принимается по таблице 4.9.

Производительность одного отстойника, м³/сут, определяется по формуле (4.5).

Количество отстойников, шт., уточняется по формуле

$$n_{otr} = \frac{q_{wmax}}{q_{set}}, \quad (4.31)$$

где $q_{w \max}$ – максимальный часовой расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Скорость на середине радиуса отстойника, $\text{м}/\text{с}$,

$$v_r = \frac{2q_{w \max}}{\pi n_{rot} D_{set} H_{set}}, \quad (4.32)$$

Фактическая скорость v_r должна быть не больше допустимых значений, приведенных в таблице 4.3. Если скорость, рассчитанная по формуле (4.32), больше допустимой, то принимается другое количество отстойников n_{rot} .

Строительная высота отстойника, м , определяется по формуле (4.15).

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется по формуле (4.9).

Расчет и подбор первичных радиальных отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством ведется в следующей последовательности.

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Рабочая глубина проточной части отстойника H_{set} , м , назначается с учетом типовых размеров (таблица 4.9).

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойников n_{rot} (не менее 2).

Диаметр отделения отстойника, м , определяется по формуле (4.30) и округляется до типового значения.

Производительность одного отстойника определяется по формуле (4.5).

Уточняется количество отстойников по формуле (4.31).

Период вращения водораспределительного устройства, с ,

$$T = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{u_0}. \quad (4.33)$$

Радиус водораспределительного лотка, м ,

$$R_{л} = 0,5 D_{set} - b_s, \quad (4.34)$$

где b_s – зазор между стенкой и фермой, принимается равным 0,10–0,15 м .

Перегородка, разделяющая распределительный и водоприемный лоток, должна обеспечить переменную ширину B_p распределительного лотка.

Ширина распределительного лотка, м ,

$$B_p = m \sqrt{R_{л}^2 - l_{л}^2}, \quad (4.35)$$

где m – коэффициент, принимается 0,083–0,091 [2];

$l_{л}$ – удаление расчетного створа лотка от центра отстойника, м .

Количество струенаправляющих лопаток n_l , шт., определяется конструктивно при соблюдении соотношения

$$l_p = 2r_l - (2n_l + 1), \quad (4.36)$$

где l_p – длина распределительного лотка, м;

r_l – шаг струенаправляющих лопаток, м, принимается 0,1–0,125 м [2].

Количество струенаправляющих лопаток n_l принимается не более 24 шт. [2].

Высота водослива предусматривается переменной по длине водоприемного лотка и принимается в зависимости от расхода сточной воды, отводимой из отстойника, который изменяется по длине лотка.

Высота водослива, м, определяется по формуле затопленного водослива с тонкой стенкой с учетом удаления рассматриваемого сечения от центра отстойника

$$h_{сб} = 1,24 \left(\frac{q_{set}}{R_{set}^2} l_l \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.37)$$

где R_{set} – радиус отстойника, м.

Ширина водораспределительного лотка и высота водослива рассчитываются, принимая удаление расчетного створа лотка через 1 м. Результаты расчета сводятся в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 – Определение ширины водораспределительного лотка и высоты водослива

								В метрах
l_l	0	1	2	3	4	5	6	R_l
B_p								
$h_{сб}$								

Строительная высота отстойника, м, определяется по формуле (4.15).

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

4.5 Отстойники с тонкослойными блоками

Эффективность задержания в первичных отстойниках взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах, в среднем составляет 40–50 %. При начальных концентрациях взвешенных веществ не менее 300–400 мг/л необходимый эффект первичного осветления может достигать 70–75 %.

Для обеспечения требуемой эффективности первичного осветления необходимо интенсифицировать процесс осаждения взвешенных веществ.

Метод отстаивания в тонком слое заключается в установке в отстойниках блоков из тонкослойных элементов (плоские или рифленые пластины, трубчатые элементы). Повышение эффекта осветления достигается за счет уменьшения времени осаждения взвеси и улучшения гидродинамики осаждения. Существует три схемы расположения тонкослойных модулей в отстойнике:

- прямоточная;
- противоточная;
- перекрестная.

При перекрестной схеме выделенный осадок движется перпендикулярно движению сточной воды, а при прямоточной и противоточной – соответственно по ходу движения сточных вод или в обратном направлении.

Тонкослойное отстаивание применяется в следующих случаях:

- при необходимости сокращения объема очистных сооружений при неизменном эффекте осветления;
- увеличении эффективности существующих отстойников.

В первом случае тонкослойные отстойники являются самостоятельными сооружениями, во втором – существующие отстойники дополняются тонкослойными модулями, располагаемыми в модифицируемом отстойнике.

Тонкослойные блоки могут встраиваться в горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники. Угол наклона пластин блоков принимается 55–65°, высота яруса – 2,5–20 см. Пластины выполняются в основном из пластмассы.

При проектировании тонкослойного отстойника с перекрестной схемой работы его конструктивные параметры принимаются по расчетной схеме (рисунок 4.10).

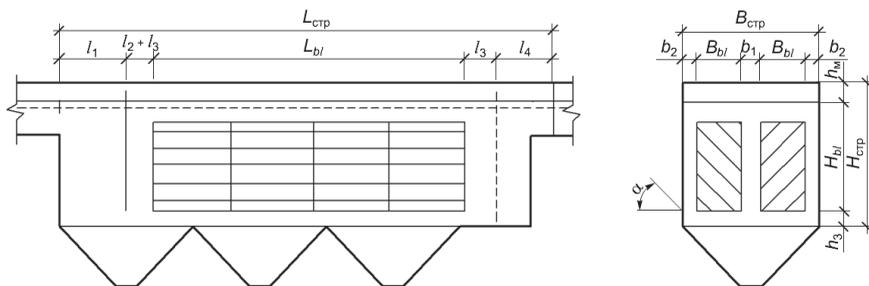


Рисунок 4.10 – Расчетная схема тонкослойного отстойника с перекрестной схемой работы

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Высота яруса (глубина отстойной части) H_{set} , м, и коэффициент использования объема K_{set} принимаются по таблице 4.3, с учетом типовых размеров принятой конструкции отстойника.

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойника n_{to} (не менее 2).

Длина тонкослойного блока, м, принимается равной длине яруса

$$L_{bl} = \frac{v_w h_{ti} K_{dis}}{u_0}, \quad (4.38)$$

где v_w – скорость рабочего потока, мм/с;

h_{ti} – высота яруса тонкослойного блока, м, принимаемая равной глубине отстойной части H_{set} ;

K_{dis} – коэффициент сноса выделенных частиц, принимаемый равным 1,2 – для плоских пластин, 1,0 – для рифленых пластин.

В соответствии с полученной длиной определяется количество блоков и их длина.

Высота тонкослойного блока, м,

$$H_{bl} = \frac{q_w K_{dis} h_{ti}}{7,2 n_{to} K_{set} B_{bl} l_{bl} u_0}, \quad (4.39)$$

где q_w – расход сточных вод, м³/ч;

n_{to} – количество отделений отстойников, шт.

Ширина тонкослойного блока, м,

$$B_{bl} = \frac{B_{set}}{n_{to}}, \quad (4.40)$$

где B_{set} – ширина отстойника, м, принимается по таблице 4.3.

Строительная ширина отстойника, м,

$$B_{стр} = 2B_{bl} + b_1 + 2b_2, \quad (4.41)$$

где b_1 – расстояние между тонкослойными блоками, принимаемое равным 0,25–0,30 м [2];

b_2 – расстояние по ширине от тонкослойного блока до стенки отстойника, принимаемое 0,05–0,1 м [2].

Максимальная ширина платин блока, м,

$$B_{пл} = \frac{B_{bl}}{\cos \alpha}, \quad (4.42)$$

где α – угол наклона пластин к горизонту, принимаемый 45–60° [2].

Длина зоны выделения крупных примесей, м,

$$l_1 = \frac{q_w t^B}{60 n_{10} H_{bl} K_{set} B_{стр}}, \quad (4.43)$$

где t^B – продолжительность пребывания потока в зоне выделения, принимается равной 2–3 мин [2].

Строительная длина секции отстойника, м,

$$L_{стр} = L_{bl} + l_1 + l_2 + 2l_3 + l_4, \quad (4.44)$$

где l_1 – длина зоны выделения крупных примесей, м;

l_2 – длина отстойника для размещения устройств распределения воды, м, принимается равной 0,2 – при применении пропорционального устройства для распределения воды, 0 – при использовании дырчатой перегородки;

l_3 – длина, принимаемая равной 0,2–0,25 м [2];

l_4 – длина, принимаемая равной 0,15–0,20 м [2].

Строительная высота отстойника, м,

$$H_{стр} = H_{bl} + h_3 + h_m + 0,3, \quad (4.45)$$

где h_3 – высота, необходимая для расположения рамы, для крепления тонкослойных блоков, принимаемая равной 0,2–0,3 м [2];

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

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

При проектировании тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 1, его конструктивные параметры принимаются по расчетной схеме (рисунок 4.11).

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Высота яруса (глубина отстойной части) H_{set} , м, и коэффициент использования объема K_{set} принимаются по таблице 4.3 с учетом типовых размеров принятой конструкции отстойника.

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойника n_{10} (не менее 2).

Длина тонкослойного блока L_{bl} , м, принимается равной длине пластин и определяется по формуле (4.38).

Расстояние между пластинами, м,

$$b_{пл} = h_i \sin \alpha. \quad (4.46)$$

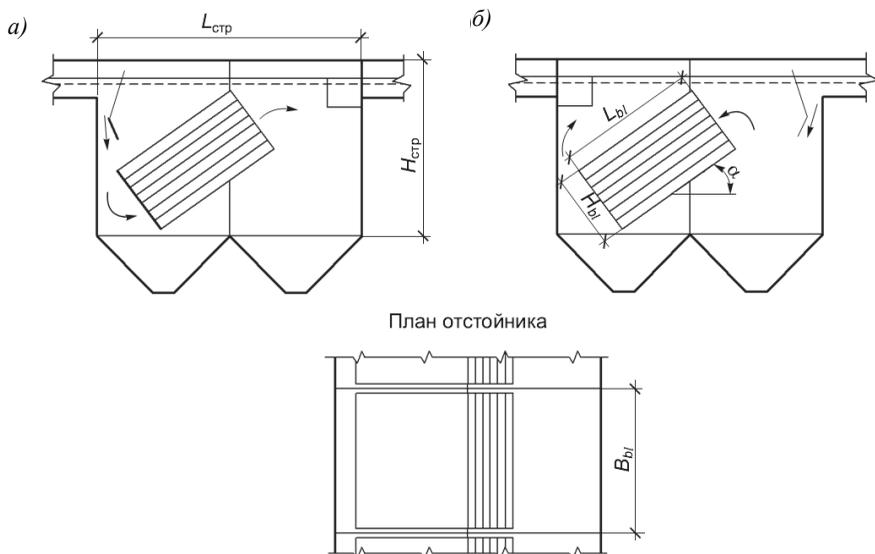


Рисунок 4.11 – Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 1:

a – для удаления тяжелых примесей; *б* – для удаления всплывающих примесей

Высота тонкослойного блока, м,

$$H_{bl} = b_{пл} n_{ii} , \quad (4.47)$$

где n_{ii} – количество ярусов в блоке, шт., принимается конструктивно.

Ширина тонкослойного блока, м,

$$B_{bl} = \frac{q_w}{3,6 n_{io} H_{bl} K_{set} v_w} . \quad (4.48)$$

Ширина B_{bl} должна быть не более ширины секции отстойника B_{set} . В противном случае следует изменить количество отделений отстойников n_{io} .

Строительная длина секции отстойника, м,

$$L_{стр} = L_{bl} \cos \alpha + H_{bl} \sin \alpha + 1 . \quad (4.49)$$

Строительная высота отстойника, м,

$$H_{стр} = L_{bl} \sin \alpha + H_{bl} \cos \alpha + 1 . \quad (4.50)$$

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, $\text{м}^3/\text{сут}$, определяется по формуле (4.9).

При проектировании тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 2, его конструктивные параметры принимаются по расчетной схеме (рисунок 4.12).

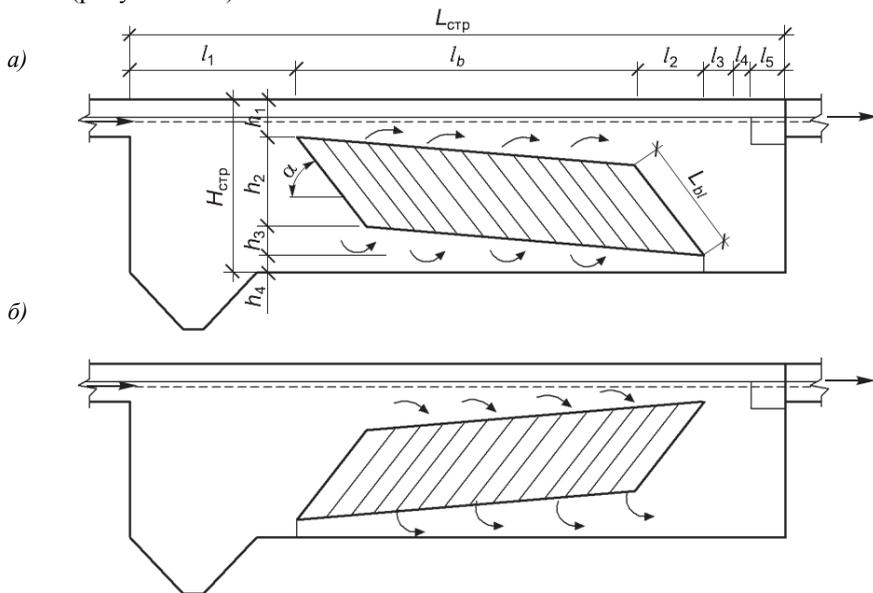


Рисунок 4.12 – Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 2:

a – для удаления тяжелых примесей; *б* – для удаления всплывающих примесей

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Высота яруса (глубина отстойной части) H_{set} , м, и коэффициент использования объема K_{set} принимаются по таблице 4.3 с учетом типовых размеров принятой конструкции отстойника.

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойника n_{to} (не менее 2).

Длина яруса тонкослойного блока L_{bl} , м, определяется по формуле (4.38).

Ширина блока B_{bl} принимается равной ширине секции отстойника B_{set} .

Длина зоны тонкослойного отстаивания, м,

$$l_b = \frac{q_w}{3,6n_{to}B_{bl}K_{set}v_w} \quad (4.51)$$

Строительная длина секции отстойника, м,

$$L_{\text{стр}} = l_1 + l_b + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \quad (4.52)$$

где l_1 – длина зоны выделения крупных примесей, м, принимаемая 1,0–1,5 м;
 l_2 – конструктивная длина, м,

$$l_2 = l_{bl} \sin(90 - \alpha); \quad (4.53)$$

l_3 – конструктивная длина, м, равная 0,3 м;

l_4 – конструктивная длина, м, принимается 0,005–0,1 м [2];

l_5 – конструктивная длина, м, принимается 0,4–0,5 м [2].

Строительная высота отстойника, м,

$$H_{\text{стр}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (4.54)$$

где h_1 – конструктивная высота, м, принимается более 0,6 м [2];

h_2 – конструктивная высота, м,

$$h_2 = L_{bl} \sin(90 - \alpha), \quad (4.55)$$

h_3 – конструктивная высота, м, принимается 0,2–0,5 м [2];

h_4 – конструктивная длина, м, принимается 0,4–0,5 м [2].

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

4.6 Септики

Септики – комбинированные сооружения, в которых происходит осветление сточной воды и сбрасывание (перегнивание) выпавшего осадка. Септики применяются при очистке небольших количеств сточных вод (до 25 м³/сут), поступающих от отдельно стоящих зданий или группы зданий. В зависимости от расхода сточных вод септики бывают:

- *однокамерные* – при расходе до 1 м³/сут;
- *двухкамерные* – при расходе до 10 м³/сут;
- *трехкамерные* – при расходе свыше 10 м³/сут.

Конструкция двухкамерного септика приведена на рисунке 4.13.

Выпавший осадок находится в септике от 6 до 12 месяцев, в течение которых подвергается анаэробному разложению. Осадок удаляется периодически, но не полностью. В септике остается 20 % осадка для задержания вновь поступившей воды.

Для обеспечения малой скорости движения сточных вод и возможности длительного пребывания осадка объем септиков должен быть большим, что влечет за собой высокую стоимость.

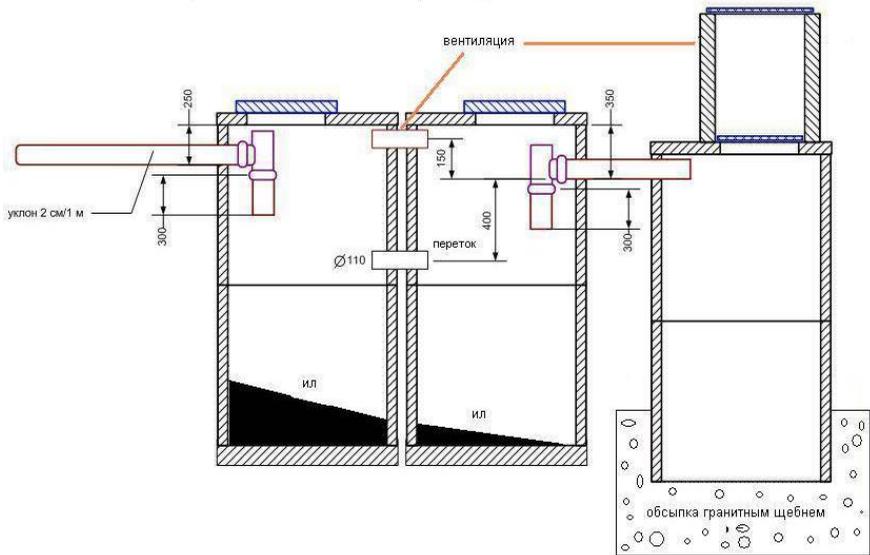


Рисунок 4.13 – Двухкамерный септик

Влажность осадка, сброженного в септике, составляет 90 %.

Полный расчетный объем септика принимается равным 3-суточному при-току – при расходе сточных вод до $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ и не менее 2,5-суточного – при расходе более $5 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Преимуществом септиков является очень высокий процент осаждения взвешенных веществ.

Полный объем септика, м^3 ,

$$V = QK, \quad (4.56)$$

где Q – суточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

K – коэффициент, зависящий от суточного расхода сточных вод, принимается не менее 3 – при расходе сточных вод до $5 \text{ м}^3/\text{сут}$, 2,5 – при расходе более $5 \text{ м}^3/\text{сут}$.

В зависимости от объема подбирается септик (таблица 4.11) и назначается количество камер.

Объем каждой камеры определяется исходя из условия:

– объем первой камеры принимается равным $0,75V$ – в двухкамерных септиках, $0,5V$ – в трехкамерных;

– объем второй и третьей камер принимается по $0,25V$.

Таблица 4.11 – Основные параметры типовых септиков из сборного железобетона

Расход сточных вод, м ³ /сут	Полезная емкость, м ³	Диаметр, м	Глубина рабочей части, м	Время пребывания, сут
0,45	1,6	1,0	2,4	3,0
0,75	2,6	1,5	1,8	3,0
1,50	4,8	2,0	1,8	3,0
3,00	9,6	2,0	1,8	3,0
6,00	16,1	2,0	1,8	2,5
12,00	33,4	2,0	1,8	2,5

4.7 Двухъярусные отстойники

Двухъярусные отстойники служат для осветления сточных вод, уплотнения и сбраживания выпавшего осадка. Применяются на станциях пропускной способностью до 10 тыс. м³/сут. Представляют собой резервуары цилиндрической или прямоугольной в плане формы. В верхней части сооружений расположены проточные желоба, в которых происходит осветление сточной воды, а в нижней части находится камера сбраживания выпавшего осадка (рисунок 4.14).

При проектировании двухъярусных отстойников принимается [7]:

- количество отстойников – не менее двух;
- количество желобов – не менее двух;
- расстояние между стенками соседних осадочных желобов – не менее 0,5 м;
- наклон стенок осадочного желоба к горизонту – не менее 50°, при этом стенки должны перекрывать одна другую не менее чем на 0,15 м;
- глубина осадочного желоба H_{set} – 1,2–2,5 м, так как на большей глубине нельзя достигнуть равномерного протекания воды по всему поперечному сечению;
- ширина щели осадочного желоба – 0,15 м;
- высота нейтрального слоя от щели желоба до уровня осадка в септической камере – 0,5 м;
- уклон конического днища септической камеры – не менее 30°;
- влажность удаляемого осадка – 90 %;
- распад беззольного вещества осадка – 40 %;
- эффективность задержания взвешенных веществ – 40–50 %.

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество отделений отстойников $n_{до}$ (не менее 2) и количество желобов $n_{ж}$ (не менее 2).

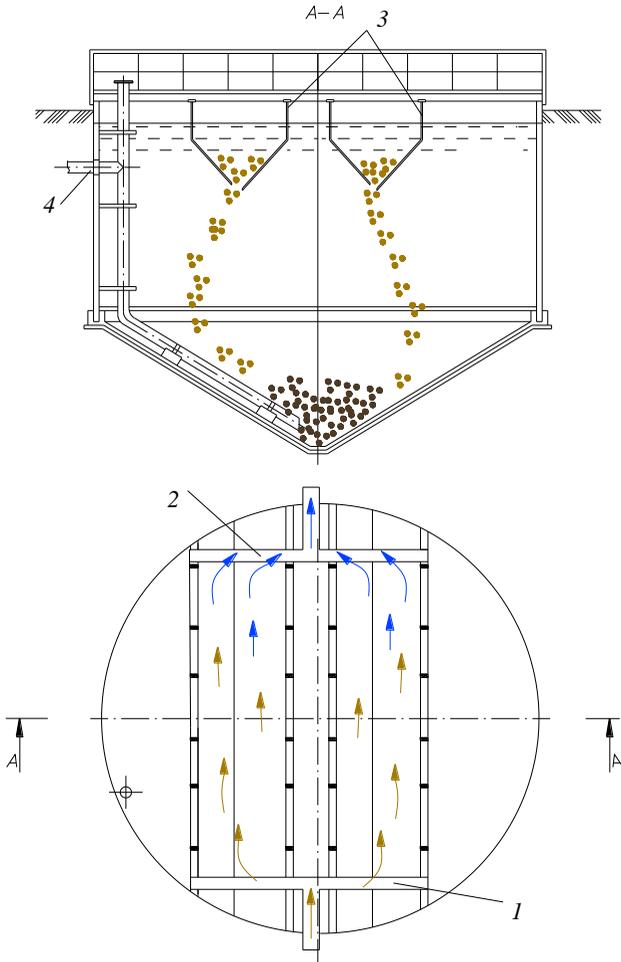


Рисунок 4.14 – Двухъярусный отстойник:
 1 – распределительный лоток; 2 – сборный лоток; 3 – желоб;
 4 – иловая труба

Ширина одного желоба двухъярусного отстойника, м,

$$B_{\text{до}} = \frac{q_{\text{max}}}{n_{\text{ж}} v_w H_{\text{сет}} n_{\text{до}}}, \quad (4.57)$$

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

v_w – скорость рабочего потока, равная 0,002–0,007 м/с.
 Длина осадочных желобов двухъярусных отстойников $L_{ж}$, м,

$$L_{ж} = \frac{v_w H_{set}}{K_{set} (u_0 - v_{tb})}. \quad (4.58)$$

Диаметр двухъярусного отстойника $D_{до}$, м, принимается равным длине осадочных желобов $L_{ж}$ с учетом типового проекта (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Основные размеры типовых двухъярусных отстойников из монолитного и сборного железобетона

Основные типоразмеры	Конструктивное исполнение сооружений						
	монолитное				сборное		
Диаметр, м	6	6	9	9	9	12	12
Общая высота, м	7,6	8,8	8,5	9,7	8,5	8,2	9,4
Пропускная способность, м ³ /ч, при периоде отстаивания 1,5 ч	13,7	13,7	37,5	37,5	31	67	67

Доля поверхности двухъярусных отстойников, свободная от желобов,

$$F_{св} = 1 - \frac{4n_{ж} B_{до}}{\pi D_{до}}. \quad (4.59)$$

Величина $F_{св}$ должна быть не менее 20 %, в противном случае необходимо изменить количество отстойников $n_{до}$ и повторить расчет.

Объем септической (иловой) камеры двухъярусного отстойника, м³,

$$W_{ил} = \frac{\text{Э} N w_{ил}}{1000 n_{до}} \quad (4.60)$$

где ЭН – эквивалентное число жителей, чел.;

$w_{ил}$ – вместимость септической камеры л/(чел·год), принимается по таблице 4.13.

Высота конической части двухъярусного отстойника, м,

$$H_{кон} = \frac{\text{tg} \alpha D_{до}}{2}, \quad (4.61)$$

где α – угол наклона стенок, принимаемый равным не менее 30°.

Таблица 4.13 – Вместимость септической камеры

Среднезимняя температура сточных вод, °С	6	7	8,5	10	12	15	20
Вместимость септической камеры, л/чел. год	110	95	80	65	50	30	15
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников должна быть увеличена на 70 % при подаче в нее ила из аэротенков и высоконагружаемых биофильтров и на 30 % – при подаче ила из отстойников после капельных биофильтров.</p> <p>2 Вместимость септической камеры двухъярусных отстойников для осветления сточной воды при подаче ее на поля фильтрации допускается уменьшать не более чем на 20 %.</p>							

Объем конической части двухъярусного отстойника, м³,

$$W_{\text{кон}} = \frac{\pi D_{\text{до}}^2 H_{\text{кон}}}{12}. \quad (4.62)$$

Высота септической камеры в цилиндрической части двухъярусного отстойника, м,

$$H_{\text{цил}} = 4 \frac{W_{\text{ил}} - W_{\text{кон}}}{\pi D_{\text{до}}^2}. \quad (4.63)$$

Полная высота двухъярусного отстойника, м,

$$H_{\text{до}} = H_{\text{сет}} + H_{\text{кон}} + H_{\text{цил}} + H_1 + H_2, \quad (4.64)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, равная 0,3–0,5 м;

H_2 – высота нейтрального слоя (от щели желоба до слоя осадка), равная 0,5 м.

Количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9).

4.8 Осветлители-перегниватели

Осветлитель-перегниватель – комбинированное сооружение, состоящее из осветлителя с естественной аэрацией, концентрически располагаемого внутри перегнивателя (рисунок 4.15).

Осветлители-перегниватели проектируются в виде вертикальных отстойников с внутренней камерой флокуляции, с естественной аэрацией за счет разности уровней воды в распределительной чаше и осветлителе.

При проектировании осветлителей-перегнивателей принимается:

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

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

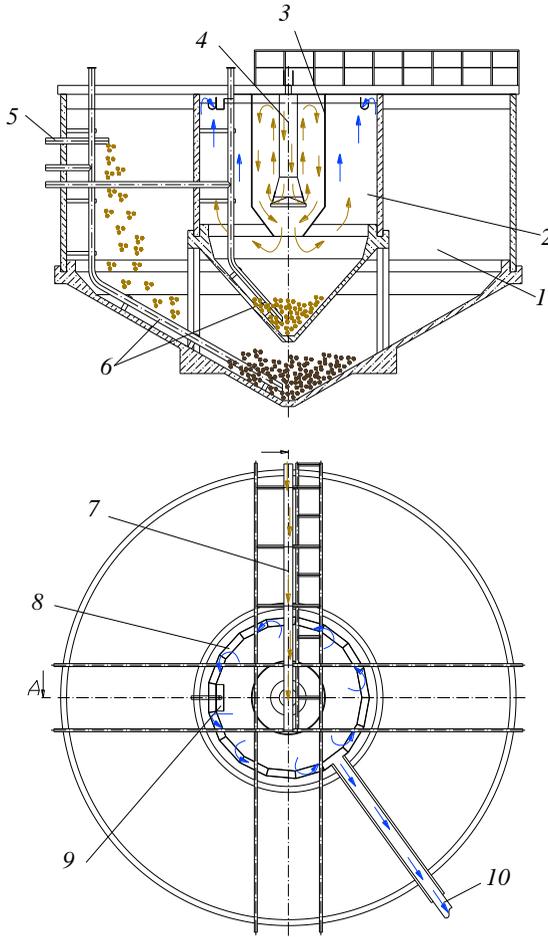


Рисунок 4.15 – Осветлитель-перегниватель:

1 – осветлитель; 2 – перегниватель; 3 – камера флокуляции; 4 – центральная труба; 5 – труба для отгрузки осадка; 6 – иловая труба; 7 – лоток подводящий; 8 – сборный лоток; 9 – карман для сбора плавающих веществ; 10 – отводящий лоток

- глубина камеры флокуляции – 4–5 м;
- скорость движения воды в зоне отстаивания – 0,8–1,5 мм/с, в центральной трубе – 0,5–0,7 м/с;
- диаметр нижнего сечения камеры флокуляции – исходя из средней скорости 8–10 мм/с;
- уклон дна осветлителя – не менее 50°;

– расстояние между нижним краем камеры флокуляции и поверхностью осадка в иловой части – не менее 0,6 м;

– расчетное снижение концентрации загрязняющих веществ принимается по взвешенным веществам – до 70 %, по БПК₅ – до 15 %.

Необходимый эффект осветления сточной воды определяется по формуле (4.1).

Значение гидравлической крупности определяется по формуле (4.2).

Назначается количество осветлителей-перегнивателей n_{os} (не менее 2).

Диаметр центральной трубы, м,

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{w\max}}{\pi n_{os} v_{en}}}, \quad (4.65)$$

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

v_{en} – скорость движения рабочего потока в центральной трубе, м/с.

Полученное значение диаметра центральной трубы округляется до стандартного значения.

Диаметр осветлителя, м,

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000q_{w\max}}{\pi n_{os} K_{set} (u_0 - v_{tb})}}, \quad (4.66)$$

где K_{set} – коэффициент использования объема проточной части осветлителя-перегнивателя, принимается 0,35;

v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, м/с, принимается по таблице 4.6 в зависимости от скорости движения рабочего потока в центральной трубе.

По рассчитанному диаметру D_{set} принимается типовой осветлитель (таблица 4.14).

Диаметр камеры флокуляции, м,

$$D_{fl} = \sqrt{\frac{240q_{\max} t_{fl}}{\pi n_{os} H_{set}}}, \quad (4.67)$$

где t_{fl} – продолжительность флокуляции, мин, принимается не более 20 мин;

H_{set} – глубина рабочей части камеры флокуляции, м, принимается 4–5 м.

Высота конусной части осветлителя, м,

$$H_{кон}^{os} = 0,5D_{set} \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.68)$$

где D_{set} – диаметр осветлителя, м, который должен быть не более 9 м;

α – угол наклона конического днища, равный не менее 50°.

Таблица 4.14 – Основные размеры типовых осветлителей-перегнивателей

Диаметр сооружения, м	Параметры осветлителя, м		Технологический объем перегнивателя, м ³	Пропускная способность сооружения, м ³ /ч
	диаметр	площадь зоны осветления		
9	5	15,5	306	41,3
12	5	15,5	640	50,0
15	6	22,5	1060	73,0

Вместимость одного перегнивателя, м³,

$$W_{mud1}^{pr} = \frac{100Q_{mud}}{n_{os} D_{сут}} \quad (4.69)$$

где Q_{mud} – количество осадка, выделяемого при отстаивании за сутки, м³/сут, определяется по формуле (4.9);

$D_{сут}$ – суточная доза загрузки осадка, %, принимается по таблице 4.15 в зависимости от средней температуры сточных вод.

Высота перегнивателя, м,

$$H_{mud} = H_{set} + \frac{H_{кон}^{os}}{2} + H_1, \quad (4.70)$$

где H_1 – расстояние между низом камеры флокуляции и поверхностью осадка в иловой части, равное не менее 0,6 м.

Диаметр перегнивателя, м,

$$D_{mud} = \sqrt{\frac{4W_{mud1}^{pr}}{\pi H_{mud}}}. \quad (4.71)$$

Если разница рассчитанного диаметра D_{mud} и диаметра осветлителя D_{set} меньше 0,7 м, то следует принимать $D_{mud} \geq D_{set} + 0,7$.

Полная высота осветлителя-перегнивателя, м,

$$H_{op} = H_{mud} + H_{кон}^{os} + H_2, \quad (4.72)$$

где H_2 – высота борта над слоем воды, равная 0,3–0,5 м.

Таблица 4.15 – Удельная суточная нагрузка хозяйственно-бытовых сточных вод на 1 м³ осветлителей-перегнивателей [2]

Среднезимняя температура сточных вод, °С	6	7	8,5	10	12	15	20
Доза загрузки, %	0,72	0,85	1,02	1,28	1,7	2,57	5

Контрольные вопросы

- 1 Для чего применяются отстойники?
- 2 Какие загрязнения и каким образом удаляются в отстойниках?
- 3 Виды отстойников в зависимости от расположения в технологической схеме.
- 4 Для чего предназначены первичные отстойники?
- 5 Для чего предназначены вторичные отстойники?
- 6 Виды отстойников по направлению движения воды (перечислить с указанием производительности).
- 7 Каким образом удаляется осадок из приемка горизонтальных отстойников?
- 8 От чего зависит и сколько составляет эффективность удаления взвешенных веществ и БПК₅ в первичных отстойниках?
- 9 Что влияет на выбор типа отстойника?
- 10 Сколько составляет влажность осадка при самотёчном удалении, при удалении плунжерными насосами?
- 11 В виде каких функциональных зависимостей выражается характеристика осаждения взвешенных веществ в отстойниках?
- 12 Приведите основное условие расчёта первичных отстойников.
- 13 Конструкция горизонтальных отстойников.
- 14 Каким образом удаляется осадок из горизонтальных отстойников?
- 15 Преимущества применения горизонтальных отстойников.
- 16 Недостатки горизонтальных отстойников.
- 17 Конструкция вертикального отстойника. Виды вертикальных отстойников.
- 18 Принцип работы вертикального отстойника с центральным выпуском.
- 19 Принцип работы вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком.
- 20 Принцип работы вертикального отстойника с периферийным выпуском.
- 21 Преимущества применения вертикальных отстойников.
- 22 Недостатки вертикальных отстойников.
- 23 Виды радиальных отстойников.
- 24 Принцип работы радиального отстойника с центральным выпуском.
- 25 Принцип работы радиального отстойника с периферийным выпуском.
- 26 Принцип работы радиального отстойника с вращательным сборно-распределительным устройством.
- 27 Гидродинамические методы интенсификации работы первичных отстойников.
- 28 Технологические методы интенсификации работы первичных отстойников.
- 29 Химические методы интенсификации работы первичных отстойников.
- 30 Физические методы интенсификации работы первичных отстойников.
- 31 В чем заключается метод отстаивания в тонком слое?
- 32 В каких случаях применяется тонкослойное отстаивание?
- 33 При каком расходе сточных вод применяются септики?
- 34 Виды септиков.
- 35 Из каких материалов изготавливаются септики?
- 37 Принцип очистки в септике.
- 38 Почему на поверхности септика образуется корка? Какую толщину она имеет?
- 39 Сколько времени осадок находится в септике?
- 40 Сколько осадка остается в септике и для чего?
- 41 Какова влажность осадка, сброженного в септике?

- 42 Как определяется объем каждой камеры 3-камерного септика?
- 43 Как определяется объем каждой камеры 2-камерного септика?
- 44 Как определяется расчетный объем септика?
- 45 Преимущество септиков.
- 46 Для чего и при каких расходах применяются двухъярусные отстойники?
- 47 Что собой представляет конструкция двухъярусного отстойника?
- 48 Что происходит в осадочных желобах двухъярусных отстойников?
- 49 Для чего предусмотрена щель в нижней части горизонтальных желобов?
- 50 Какие стадии проходит осадок в процессе минерализации в двухъярусных отстойниках?
- 51 Какой запах имеет зрелый осадок с двухъярусных отстойников?
- 52 Какое время осадку требуется для созревания в двухъярусных отстойниках?
- 53 Какие требования предъявляются к размещению двухъярусных отстойников в зависимости от температурных условий?
- 54 Недостатки двухъярусных отстойников.
- 55 Эффективность задержания взвешенных веществ в двухъярусных отстойниках.
- 56 Конструкция осветлителя-перегнвателя.
- 57 При каких расходах применяются осветлители-перегнватели?
- 58 Сколько времени сточная вода должна находиться в камере флокуляции осветлителя-перегнвателя?
- 59 Преимущества применения осветлителя-перегнвателя.
- 60 Недостатки осветлителя-перегнвателя.
- 61 Какова эффективность удаления взвешенных веществ и БПК₅ в осветлителях-перегнвателях?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Водный кодекс Республики Беларусь : 30 апреля 2014 г. № 149-З. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. № 296-З. – Минск, 2023. – 69 с.
- 2 П1-2019 к ТКП 45-4.01-321-2018 Проектирование очистных сооружений сточных вод. – Введ. 01.01.2020. – Минск, 2020. – 123 с.
- 3 О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 26.05.2017 № 16. – Минск, 2017. – 15 с.
- 4 Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 30 сент. 2016 г. № 788. – Минск, 2016. – 24 с.
- 5 ТКП 17.06.08–2012. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. – Введ. 29.06.2012. – Минск : Минприроды, 2012. – 73 с.
- 6 СН 4.01.01–2019 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Введ. 01.08.2020. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 85 с.
- 7 СН 4.01.02–2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 01.08.2020. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 68 с.
- 8 Ступенчатые решетки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.riotek.spb.ru/catalog/reshetki_stupenchatie/. – Дата доступа : 16.01.2023.
- 9 ЭкоНиП 17.01.06-001–2017 Экологические нормы и правила Республики Беларусь. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности : утв. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Г. – Минск, 2017. – 244 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

**Основные параметры, принимаемые при проектировании
очистных сооружений**

Таблица А.1 – Нормы водоотведения [7]

Степень санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки	Проектная норма водоотведения на одного жителя, л/сут
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, без ванн и душей	85
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и газоснабжением, без ванн и душей	100
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, с ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	115
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, с ваннами и газовыми водонагревателями	140
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением, с душевыми	180
Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением, с ваннами, оборудованными душами	210
<i>Примечание – Удельное суточное водоотведение в неканализованных районах принимается 25 л/(чел·сут) [24].</i>	

Таблица А.3 – Эффективность удаления загрязняющих веществ на сооружениях очистки сточных вод

Метод очистки сточных вод	Единица измерения	Эффект удаления примесей, Остаточная концентрация примесей					
		взвешенные вещества	БПК ₅	ХПК	NH ₄	N _{общ}	P _{общ}
Механическая очистка	%	45–64	20–33	20–33	9	11	11
	мг/л	–	–	–	–	–	–
Биологическая очистка без нитрификации при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут	%	–	–	–	40	27	33
	мг/л	20	15	70	–	–	–
Биологическая очистка с нитрификацией при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут	%	–	–	–	–	27	33
	мг/л	20	15	70	5	–	–
Биологическая очистка с предварительной денитрификацией с рециркуляцией 200 %	%	–	–	–	–	70	33–35
	мг/л	20	15	70	5	–	–
То же, и биологическим удалением фосфора	%	–	–	–	–	70	75–78
	мг/л	20	15	70	5	–	–
Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с доочисткой в биологических прудах менее 2 сут	%	–	–	–	–	27–70	33–78
	мг/л	12	15	70	5	–	–
Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с доочисткой на микрофильтрах	%	–	–	–	–	27–70	33–78
	мг/л	10	12	65	5	–	–
Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с одновременным реагентным осаждением	%	–	–	–	–	27–70	–
	мг/л	18	12	67	5	–	1–2
Биологическая очистка при нагрузке на активный ил 0,15 кг/кг·сут с одновременным реагентным осаждением и последующим фильтрованием с флокуляцией	%	–	–	–	–	27–70	–
	мг/л	5	7	50	5	–	0,3–0,5

Таблица А.4 – Механические ступенчатые решетки производства фирмы «Риотэк» [8]

Параметр	Марка					
	PC-240M	PC-500M	PC-630L	PC-860L	PC-1000	PC-1200L
Ширина решетки (ширина канала), мм	242 (270)	470 (500)	570 (600)	860 (900)	1060 (1100)	1161 (1200)
Ширина фильтрующей части, мм	125	342	437	727	847	1005
Общая высота решетки (канала), мм	735 (1155)	1275 (1385)	1535 (1650)	1535 (1650)	2530 (2640)	3210
Длина, мм	1145 (1230)	915 (1590)	1060 (1730)	1060 (1730)	1440 (2470)	2570
Высота выгрузки осадка, мм	500 (580)	600 (705)	620 (735)	620 (735)	1275 (1375)	2230
Максимальная глубина канала, мм	510	800	1000	1000	1500	1800
Ширина прозоров, мм	2,2 / 3,8	2,2/5,5	2/3/5	2/5	2/5	4/5/6/10
Толщина фильтрующих пластин, мм	2	2	3	3	3	3
Номинальная производительность по сточной жидкости, м ³ /ч	30 /40	210/340	350/490/ 615	420/710	960/1740	240/2235/ 2440/2770
Номинальный уровень жидкости перед решеткой, мм	400	640	820	820	1200	1200
Мощность электродвигателя, кВт	0,18	0,37	0,75	0,75	1,5	1,5

Учебное издание

НОВИКОВА Ольга Константиновна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ:
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Пособие

Редактор *Г. Е. Привалова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 10.04.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,21. Тираж 80 экз.
Зак. № 712. Изд. № 6.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель