

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»**

Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон

Оборудование и устройство очистных сооружений и установок

**Учебно-методическое пособие
для выполнения практических работ**

**Специальность – 280201 «Охрана окружающей среды
и рациональное использование природных ресурсов»
Направление подготовки– 20.03.01 «Техносферная безопасность»**

Санкт-Петербург

2014

УДК 628.32 (075)

ББК 38.761.2

М 793

Оборудование и устройство очистных сооружений и установок. : учебно-методическое пособие для выполнения практических работ / сост.: Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон; СПбГТУРП. - СПб., 2014. - 64 с.

Учебно-методическое пособие содержит задания в соответствии с рабочей программой дисциплины «Оборудование и устройство очистных сооружений и установок».

Предназначается для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения по специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Рецензент: профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП, канд. техн. наук Л.М. Исянов.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП (протокол № 1 от 25.09.14).

Утверждено к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета СПбГТУРП (протокол № 1 от 26.09.14).

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2014г., поз. 139

Подп. к печати 16.12.14. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 4,25 п.л.; 4,25 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.

Изд. №139. Цена «С».

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

© Санкт-Петербургский государственный
технологический университет
растительных полимеров, 2014
© Морева Ю.Л., Лоренцсон А.В., 2014

1. Расчет решеток

Решетки являются первым элементом всех технологических схем очистки сточных вод. Они устанавливаются в уширенных каналах перед песколовками. Решетки предназначены для удаления крупных примесей, чтобы защитить движущиеся части насосов от поломок. При больших количествах примесей и расходах сточных вод решетки оснащают автоматическими устройствами для удаления задержанных примесей. Шлам с решеток может быть измельчен в специальных дробилках, после чего возвращен в сточную воду перед решетками. Также возможна обработка шлама без возврата. Виды решеток: решетки с механическими граблями (МГ), решетки механизированные наклонные (РМН), решетки ступенчатые механические («МЕВА»), решетки дуговые наклонные (РДГ), решетки-дробилки (РД и КРД).

Решетки с механизированной очисткой

- 1) Определяется максимальный секундный расход сточных вод:

$$q_{\max} = \frac{Q_{\text{ср.сут}} \cdot k}{n \cdot t \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ср.сут.}}$ – среднесуточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

n – количество смен работы на промышленном предприятии;

t – продолжительность смены, ч;

k – коэффициент неравномерности потока.

- 2) Определяется общее число прозоров в решетках:

$$n = \frac{K_{\text{см}} \cdot q_{\max}}{h_k \cdot v_p \cdot b}, \text{ шт}, \quad 2)$$

где $K_{\text{см}}$ – коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями, равен $1,05 \div 1,1$;

h_k – наполнение канала перед решеткой, равно $0,5 \div 3$ м;

b – ширина прозоров решетки, м, принимается по табл. 1 Приложения;

v_p – скорость движения воды в прозорах решетки, равная $0,8 \div 1,0$ м/с.

3) Рассчитывается общая ширина решеток B_p :

$$B_p = S \cdot (n - 1) + b \cdot n, \text{ м}, \quad (3)$$

где S – толщина стержней решетки, м, которая принимается по табл. 1

Приложений.

4) В соответствии с найденной шириной по табл.1 Приложений выбирается марка решеток и их количество N . Выписываются все необходимые характеристики.

5) Назначается число резервных решеток по табл. 1

Таблица1

Количество резервных решеток

Тип решетки	Число решеток	
	рабочих	резервных
С механизированной очисткой: - с прозорами 16-20мм - с прозорами свыше 20мм	1-3; больше 3 1 и больше	1; 2 1
Решетки-дробилки, устанавливаемые: - на трубопроводах - на каналах	1-3 1-3; больше 3	1 1; 2

6) Проверяется скорость воды в прозорах решетки:

$$v_p = \frac{K_{cm} \cdot q_{max}}{h_k \cdot n_1 \cdot b \cdot N}, \text{ м/с}, \quad (4)$$

где n_1 – количество прозоров в одной решетке, шт, принимается по табл.1

Приложений.

Скорость v_p должна быть в пределах $0,8 \div 1$ м/с. Если это условие не соблюдается, принимают другую марку решетки или их количество и повторяют расчет, начиная с пункта 2.

7) Рассчитывается величина уступа в месте установки решетки h_p :

$$h_p = \zeta_p \frac{v_p^2}{2g} P, \text{ м}, \quad (5)$$

где P - коэффициент увеличения потерь напора вследствие засорения решетки, равен 3;

ζ_p – коэффициент местного сопротивления решетки, определяется по формуле:

$$\zeta_p = \beta \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}, \quad (6)$$

где α – угол наклона решетки к горизонту, равный $60^\circ \div 80^\circ$;

β – коэффициент, зависящий от формы стержней, равен: 2,42 - прямоугольная форма; 1,83- прямоугольная форма с закругленной лобовой частью; 1,79 - круглая форма.

8) Рассчитывается количество $W_{отб}$, масса снимаемых сбросов за сутки $P_{отб}$ и в час $P'_{отб}$ для бытовых сточных вод:

$$\begin{aligned} W_{отб} &= \frac{q_{отб} \cdot N_{np}}{365000}, \text{ м}^3/\text{сут}; \\ P_{отб} &= \frac{750 W_{отб}}{1000}, \text{ т/сут}; \\ P'_{отб} &= \frac{1000 P_{отб} \cdot K}{24}, \text{ кг/ч} \end{aligned} \quad (7)$$

где $q_{отб}$ – удельное количество отбросов, зависящее от ширины прозоров решетки, л/(год·чел), при ширине прозоров b 16-20 мм – 8 л/(год·чел), при 25-35 – 3 л/(год·чел);

N_{np} – приведенное население, чел;

750 – средняя плотность отбросов;

K – коэффициент неравномерности поступления отбросов, равен 2.

9) Исходя из рассчитанной массы отбросов, по табл. 2 Приложений подбирается марка и количество дробилок.

10) Определяется количество технической воды, подводимое к дробилкам:

$$Q_{отб} = 40 P'_{отб}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (8)$$

Решетки с ручной очисткой

- 1) По формуле (2) определяется необходимое количество прозоров в решетках n (при этом коэффициент K_{cm} равен 1, а ширина прозоров b принимается в пределах 0,016-0,019м).
- 2) По формуле (3) определяется общая ширина решеток B_p , причем толщина стержней S принимается равной 0,006-0,008м.
- 3) Принимается число решеток N , рассчитывается ширина B_1 и количество прозоров n_1 в каждой из них:

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{B_p}{N}, \text{ м;} \\ n_1 &= \frac{n}{N}, \text{ шт.} \end{aligned} \tag{9}$$

- 4) По формуле (3) рассчитывается и проверяется действительная скорость воды в прозорах решетки v_p .
- 5) Назначается количество резервных решеток: при количестве рабочих до трех – 1, более трех рабочих – 2.
- 6) Определяются геометрические размеры камеры одной решетки (рис. 1) рассчитываются размеры входной и выходной частей канала l_1 и l_2 :

$$\begin{aligned} l_1 &= \frac{B_1 - A}{2 \operatorname{tg} \varphi}, \text{ м;} \\ l_2 &= 0.5 l_1, \text{ м,} \end{aligned} \tag{10}$$

где φ – угол расширения канала, равный $20^\circ \div 30^\circ$;

A – стандартная ширина канала (0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4 м и т.д.).

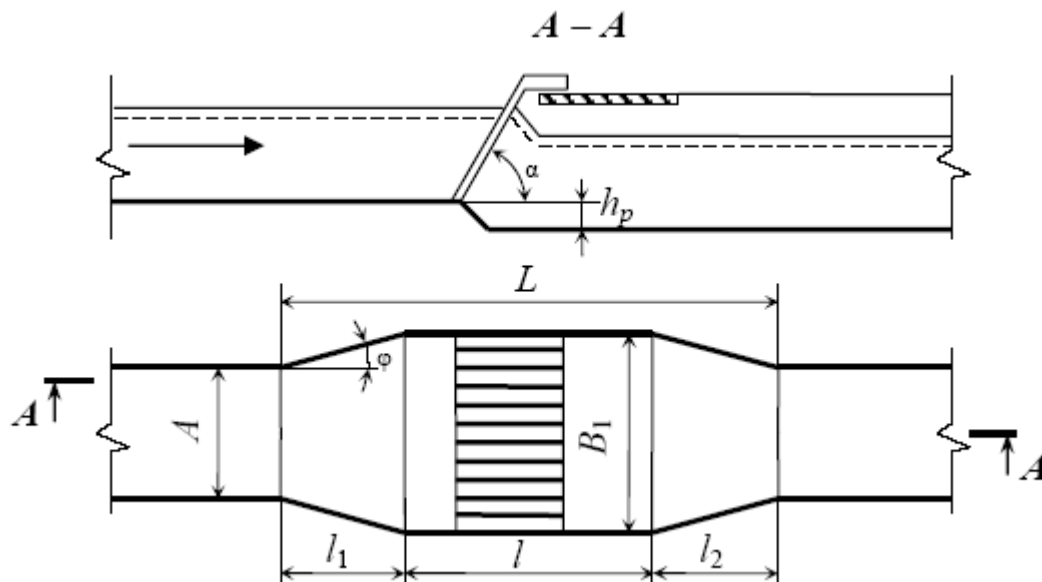


Рис. 1. Схема решетки с ручной очисткой

7) Определяется длина расширенной части канала l :

для вертикальных решеток: $l = 1,8A$, м;

для наклонных решеток: $l = 1,8A + \frac{h_k}{\operatorname{tg} \alpha}$, м, (11)

8) Находится общая длина камеры решетки L :

$$L = l_1 + l_2 + l, \text{ м.} \quad (12)$$

9) По формулам (5), (6) рассчитывается величина уступа в месте установки решетки h_p .

10) По формулам (7) рассчитывается количество и масса снимаемых отбросов.

Решетки-дробилки

1) Исходя из максимального расхода сточной воды, по табл.2 Приложений подбирается марка и количество решеток-дробилок. По табл. 1 назначается число резервных агрегатов.

2) Определяется скорость течения воды в щелевых отверстиях v :

$$v = \frac{q_{\max}}{N \cdot F}, \text{ м/с,} \quad (13)$$

где $q_{\max}$ – максимальный расход сточной воды, м³/с;

N –число рабочих решеток-дробилок, шт;

F — суммарная площадь щелевых отверстий в барабане решетки-дробилки, м^2 .

Скорость v должна быть в пределах, характерных для выбранной марки решетки-дробилки (табл. 2 Приложений).

2. Расчет песколовок

Эти сооружения предназначены для выделения из сточных вод нерастворимых минеральных примесей (главным образом песка); обычно улавливаются частицы размером 0,2 - 0,26 мм. Сооружают песколовки из сборных железобетонных элементов стандартных размеров.

В системах очистки наибольшее применение нашли песколовки с горизонтальным прямолинейным движением воды, горизонтальные с круговым движением воды, круглой формы с тангенциальным подводом воды и аэрируемые. Конструкцию сооружения выбирают в зависимости от количества сточных вод и концентрации твердых примесей.

Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды

1. Назначается количество отделений песколовок n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 40-50 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$.
2. Определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω :

$$\omega = \frac{q_{\max}}{n \cdot v_s}, \text{м}^2, \quad (14)$$

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

v_s — скорость движения сточных вод, $\text{м}/\text{с}$ (табл.2).

Таблица 2

Параметры различных типов песколовков

Песколов- ка	Гидравли- ческая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v_s , м/с, при притоке		Глубина H_s , м	Количество задержи- ваемого песка, л/сут·чел	Влаж- ность песка, %	Содержа- ние песка в осадке, %
		мини- мальном	макси- мальном				
Горизон- тальная	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	0,02	60	55-60
Аэри- руемая	13,2-18,7	-	0,08- 0,12	0,7-3,5	0,03	-	90-95
Танген- циальная	18,7-24,2	-	-	0,5	0,02	60	70-75

3. Рассчитывается длина песколовки L_s :

$$L_s = \frac{1000 K_s \cdot H_s \cdot v_s}{u_0}, \text{ м}, \quad (15)$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 3;

H_s – расчетная глубина песколовки, м (табл. 2);

u_0 – гидравлическая крупность песка, мм/с (табл.2).

Таблица 3

Параметры к расчету песколовков

Диаметр задерживае- мых частиц песка, мм	Гидравличе- ская круп- ность песка u_0 , мм/с	Значение K_s в зависимости от типа песколовков и отношения ширины B к глубине H_s аэрируемых песколовков			
		горизон- тальные	аэрируемые		
			$B:H=1$	$B:H=1,25$	$B:H=1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

4. Рассчитывается ширина одного отделения песколовки В:

$$B = \frac{\omega}{H_s}, \text{ м.} \quad (16)$$

Полученная ширина В округляется до ближайшего целого значения.

5. По рассчитанной ширине и длине принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально. В табл. 3 Приложений приведены основные типоразмеры горизонтальных песколовков.

6. Определяется скорость течения сточных вод в песколовке при минимальном (v_{min}) притоке:

$$v_{min} = \frac{q_{min}}{B \cdot n \cdot H_s}, \text{ м/с,} \quad (17)$$

где q_{min} – минимальный секундный расход сточных вод, м³/с.

Полученные скорости должны находиться в пределах 0,15-0,3 м/с.

7. Рассчитывается продолжительность протекания сточных вод в песколовке Т при максимальном притоке:

$$T = \frac{L_s}{v_{max}}, \text{ с.} \quad (18)$$

Продолжительность протока Т должна быть не менее 30 м.

8. Находится масса M_{oc} и суточный объем V_{oc} осадка, накапливаемого в песколовках:

$$M_{oc} = \frac{Q_{ср.сут} \cdot C_{в/в} \cdot 0,2}{10^6}, \text{ т/сут} \quad (19)$$

где $C_{в/в}$ – концентрация взвешенных веществ (в том числе и песка) в поступающей в песколовку воде, г/м³;

0,2 – доля взвешенных веществ, удаляемых из песколовки. Это ориентировочная величина и ею можно пользоваться, когда нет других данных.

Объем влажного песка определяется по формуле:

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot M_{oc}}{(100 - \gamma) \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (20)$$

где γ —влажность песка, равная 60%;

ρ —плотность песка, равная 1,5 т/м³.

9. Рассчитывается объем бункера одного отделения песколовки W :

$$W = \frac{V_{oc} \cdot T_{oc}}{n}, \text{ м}^3, \quad (21)$$

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

10. Рассчитывается глубина бункера песколовки h_o :

$$h_o = \frac{W}{B^2}, \text{ м}. \quad (22)$$

11. Определяется высота слоя осадка на дне песколовки h_{oc} :

$$h_{oc} = \frac{K_n \cdot w_{cym}}{B \cdot n \cdot L_s}, \text{ м}, \quad (23)$$

где K_n — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадка по площади, равный 3.

12. Рассчитывается полная строительная высота песколовки H_{cmp} :

$$H_{cmp} = H_s + h_{oc} + 0,5, \text{ м}. \quad (24)$$

Горизонтальные песколовки с круговыми движениями воды

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 15-20 тыс. м³/сут.
2. По формуле (14) определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω .
3. По формуле (15) рассчитывается длина окружности песколовки по средней линии L_s .
4. Определяется средний диаметр песколовки D_0 :

$$D_0 = \frac{L_s}{\pi}, \text{ м}. \quad (25)$$

5. Рассчитывается продолжительность протекания сточных вод в песколовке T при максимальном притоке:

$$T = \frac{\pi D_0}{v_s}, \text{с.} \quad (26)$$

Продолжительность протока Т должна быть не менее 30 с.

6. По табл. 4 Приложений в зависимости от пропускной способности принимается ширина кольцевого желоба песколовки $B_{жс}$.
7. Определяется наружный диаметр песколовки D :

$$D = D_0 + B_{жс}, \text{м.} \quad (27)$$

8. По рассчитанному диаметру принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально.
9. По формулам (20), (21) рассчитывается объем бункера одного отделения песколовки W .
10. Определяется высота бункера (конической части) песколовки h_k :

$$h_k = \frac{12W}{\pi(D_0^2 + d^2 + D_0d)}, \text{м,} \quad (28)$$

где d – диаметр нижнего основания бункера, равный 0,4.

11. Рассчитывается полная строительная высота песколовки $H_{стр}$:

$$H_{стр} = H_s + h_k + 0,5, \text{м.} \quad (29)$$

Тангенциальные песколовки

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 15-20 тыс. м³/сут.
2. Определяется площадь каждого отделения песколовки F :

$$F = \frac{3600 q_{\max}}{n \cdot q_0}, \text{м}^2, \quad (30)$$

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

q_0 – нагрузка по воде при максимальном притоке, равная 90-130 м³/(м²·ч).

3. Рассчитывается диаметр каждого отделения D :

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \text{м.} \quad (31)$$

Диаметр песколовки должен быть не более 6 м.

4. Рассчитываются глубина h_1 и высота бункера (конусной части) песколовки h_2 :

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{D}{2}; \\ h_2 &= \sqrt{D^2 - h_1^2}, \text{ м.} \end{aligned} \quad (32)$$

5. По формуле (20) находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках V_{oc} .
6. Рассчитывается период между выгрузками осадка из песколовки T_{oc} :

$$T_{oc} = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_2}{12V_{oc}}, \text{ сут.} \quad (33)$$

7. Рассчитывается полная строительная высота песколовки H_{cmp} :

$$H_{cmp} = h_1 + h_2 + 0,5, \text{ м.} \quad (34)$$

Вертикальные песколовки

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 15-20 тыс. м³/сут.
2. По формуле (30) определяется площадь каждого отделения песколовки F , при нагрузке по воде при максимальном притоке q_0 , равном 70-130 м³/(м²·ч).
3. По формуле (31) рассчитывается диаметр каждого отделения D .
4. Рассчитывается глубина песколовки h_1 и высота бункера (конусной части) песколовки h_2 :

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{t \cdot v}{1000}, \text{ м;} \\ h_2 &= D \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, \text{ м,} \end{aligned} \quad (35)$$

где t – продолжительность пребывания воды в песколовке, равная 120-180 с;

v – скорость восходящего потока воды в песколовке, равная гидравлической крупности песка u_0 , мм/с (табл. 3).

5. По рассчитанным параметрам принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально. В табл. 5 Приложений приведены основные показатели вертикальных песколовков.
6. По формуле (20) находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках V_{oc}
7. По формуле (33) рассчитывается период между выгрузками осадка из песколовков T_{oc} .
8. По формуле (34) рассчитывается полная строительная высота песколовки $H_{стр}$.

Аэрируемые песколовки

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 40-50 тыс. м³/сут.
2. По формуле (14) определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω .
3. Принимается соотношение ширины B и глубины H песколовки α (в пределах 1-1,5) и определяются сами значения глубины и ширины:

$$H = \sqrt{\frac{\omega}{\alpha}}, \text{ м};$$

$$B = \alpha \cdot H, \text{ м.} \quad (36)$$

4. Полученная ширина B округляется до ближайшего целого значения.
5. Рассчитывается длина песколовки L_s :

$$L_s = \frac{1000 K_s \cdot H_s \nu_s}{u_0}, \text{ м}, \quad (37)$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по табл.3;

H_s – расчетная глубина песколовки, м, равная $0,5H$;

u_0 – гидравлическая крупность песка, мм/с (табл. 2).

6. По рассчитанной ширине и длине принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально. В табл. 6 Приложений приведены основные показатели аэрируемых песколовков.

7. По формуле (20) находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках V_{oc} .
8. По формулам (21), (22) рассчитывается объем бункера сбора осадка одного отделения песколовки W и глубина бункера h_6 .
9. Определяется расход промывной воды при гидромеханическом удалении песка q_h :

$$q_h = v_h \cdot l_{sc} \cdot b_{sc}, \text{ л/с}, \quad (38)$$

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 приямка (бункера), $l_{sc} \approx L_{sc} - B$, м;

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

10. Определяется напор в начале смывного трубопровода H_0 :

$$H_0 = 5,4h_0 + 5,4 \frac{v_{mp}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (39)$$

где h_0 – максимальная высота слоя песка в начале пескового лотка, равная 0,2-0,5 м;

v_{mp} – скорость воды в начале смывного трубопровода, равная 3 м/с.

11. Рассчитывается общий расход воздуха для аэрирования песколовкок Q_{air} :

$$Q_{air} = J_a \cdot B \cdot L \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (40)$$

где J_a – интенсивность аэрации, равная 3-5 м³/(м²·ч).

Песковые площадки

Песок из песколовкок транспортируется по трубопроводу с большим объемом воды. Для обезвоживания песка предусматриваются песковые площадки и бункеры. Их располагают, в основном, вблизи песколовкок. Для промывки песка устанавливают напорные гидроциклоны диаметром 300 мм с напором пульпы 20 метров. Песковые бункеры рекомендуется размещать вне

здания и иметь приспособления для погрузки песка в автотранспорт. Песковые площадки устанавливают с ограждающими валиками высотой 1-2 метра. Размеры площадок принимают из условия нагрузки на них.

1. Определяется годовой объем песка, задерживаемого в песколовках $W_{зод}$:

$$W_{зод} = 365 \cdot V_{oc}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (41)$$

2. Рассчитывается рабочая площадь песковых площадок S_p :

$$S_p = \frac{W_{зод}}{h_{зод}}, \text{ м}^2, \quad (42)$$

где $h_{зод}$ – годовая нагрузка на площадки, равная не более $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

3. Находится общая площадь песковых площадок $S_{общ}$:

$$S_{общ} = (1,2 \dots 1,3) S_p, \text{ м}^2. \quad (43)$$

Песковые бункеры

1. По формуле (20) находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках V_{oc} .

2. Определяется необходимый объем бункеров W_b :

$$W_b = V_{oc} \cdot T, \text{ м}^3, \quad (44)$$

где T – продолжительность хранения песка в бункерах, равная 1,5-5 сут.

3. Рассчитывается объем одного бункера W_1 :

$$W_1 = \frac{\pi}{4} \left[D^3 + \frac{D}{3} (D^2 + D + 1) \right], \text{ м}^3, \quad (45)$$

где D – диаметр бункера, равный 1,5-2 м.

4. Находится количество бункеров n_b :

$$n_b = \frac{W_b}{W_1}, \text{ шт}. \quad (46)$$

Количество бункеров должно быть не менее двух.

3.Расчет отстойников

Отстойники применяются для предварительной очистки сточных вод. В них происходит выделение грубодисперсных примесей, которые под действием оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхности. По конструктивным признакам отстойники подразделяются на горизонтальные, вертикальные и радиальные.

Рассчитывается необходимый эффект осветления в отстойниках Э:

$$\mathcal{E} = 100 \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}}, \%, \quad (47)$$

где C_{en} – начальная концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающих в отстойник, мг/л;

C_{ex} – допустимая конечная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, мг/л.

По табл. 4 в зависимости от расхода сточных вод и необходимого эффекта осветления выбирается конструктивный тип отстойников.

Таблица 4

Производительность и эффект осветления различных отстойников

Отстойники	Производительность очистной станции, тыс. м ³ /сут	Эффект осветления, %
Горизонтальные	15-100	50-60
Вертикальные		40
- с нисходяще-восходящим потоком	2-20	60-65
Радиальные	свыше 20	50-55
С вращающимся сборно- распределительным устройством	свыше 20	80
Тонкослойные	-	65

Горизонтальные отстойники

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 :

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \text{ мм/с,} \quad (48)$$

где H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м (табл. 5);

K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника (табл. 5);

t_{set} – продолжительность отстаивания, для городских сточных вод эту величину допускается принимать по табл. 6;

h_1 – глубина слоя, равная 0,5 м;

n_2 – показатель степени, для городских сточных вод его следует определять по рис 2.

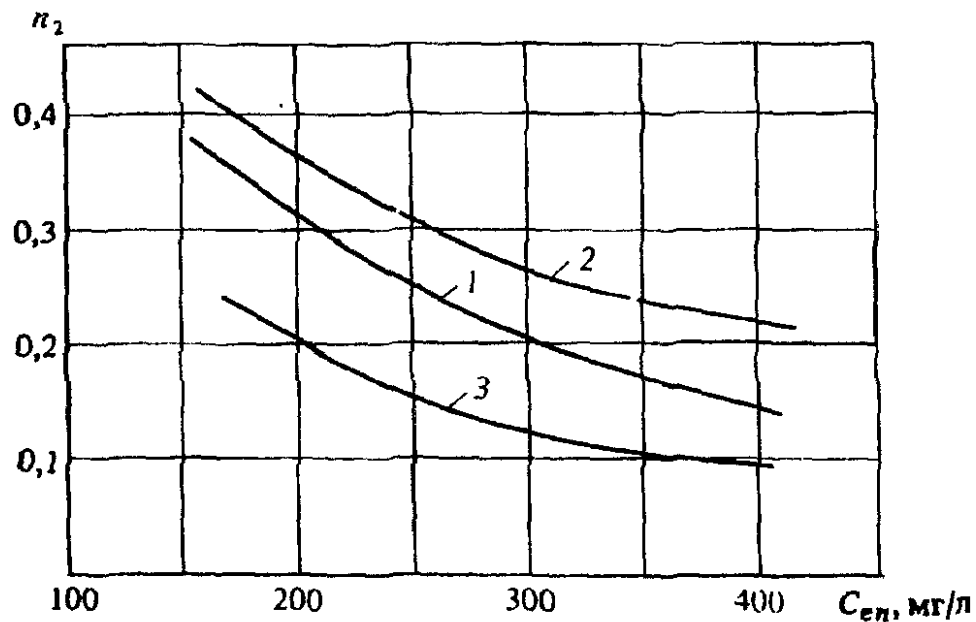


Рис.2. Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах C при эффекте отстаивания:

1 – при $\Theta = 50\%$; 2 – при $\Theta = 60\%$; 3 – при $\Theta = 70\%$

Таблица 5

Расчетные параметры первичных отстойников

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v_w , мм/с
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2H_{set} - 5H_{set}$	5-10
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2u_0 - 3u_0$
С тонкослойными блоками:				
-противоточная (прямоточная) схема работы	0,5-0,7	0,025-0,2	-	-
-перекрестная схема работы	0,8	0,025-0,2	-	-

Примечания: 1. Коэффициент K_{set} определяет гидравлическую эффективность отстойника и зависит от конструкции водораспределительных и водосборных устройств; указывается организацией-разработчиком.

Таблица 6

Продолжительность отстаивания воды в зависимости от эффекта ее осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1=500$ мм 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

Если температура сточной воды в производственных условиях отличается от 20^0 , то в формулу (48) вводится поправка:

$$u_0^t = \frac{\mu_{lab}}{\mu_{pr}} u_0, \text{ мм/с}, \quad (49)$$

где μ_{lab} – вязкость воды в лабораторных условиях;

μ_{pr} – вязкость воды при температуре t (табл. 7).

Таблица 7

Зависимость вязкости воды от температуры

Температура воды, °С	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
Коэффициент вязкости μ , 10^{-3} Н·с/м ²	0,169	0,549	0,656	0,801	0,894	1,01	1,14	1,308	1,519	1,702

2. Рассчитывается суммарная ширина всех отделений отстойника ΣB :

$$\Sigma B = \frac{1000 q_{max}}{v_w \cdot H_{set}}, \text{ м}, \quad (50)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточной воды, м³/с;

v_w – скорость рабочего потока, мм/с (табл.6).

3. По табл. 5 принимается ширина одного отделения отстойника B_{set} , м (в пределах $2H_{set} - 5H_{set}$). Рекомендуется выбрать ширину отделения, кратную 3 м. В табл. 7 Приложений приводятся основные параметры типовых первичных горизонтальных отстойников.

4. Определяется число отделений отстойника n (должно быть не менее двух):

$$n = \frac{\Sigma B}{B_{set}}. \quad (51)$$

5. Величину турбулентной составляющей v_{tb} , мм/с, в зависимости от скорости рабочего потока v_w , мм/с, надлежит определять по табл. 8.

Таблица 8

Турбулентная составляющая в зависимости от скорости рабочего потока

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

6. Проверяется скорость рабочего потока v_w :

$$v_w = \frac{1000 q_{\max}}{H_{\text{set}} \cdot B_{\text{set}} \cdot n}, \text{ мм/с.} \quad (52)$$

Скорость должна быть в пределах, указанных в табл. 5. Если это условие не соблюдается, изменяют величину H_{set} и скорость рабочего потока пересчитывают.

7. Определяется длина отстойника L_{set} :

$$L_{\text{set}} = \frac{v_w H_{\text{set}}}{K_{\text{set}} (u_0 - u_{\text{tb}})}, \text{ м,} \quad (53)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, принимается по табл. 8.

8. Рассчитывается полная строительная высота отстойника на выходе H :

$$H = H_{\text{set}} + H_1 + H_2, \text{ м,} \quad (54)$$

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

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

9. Определяется количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании за сутки:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{Q(C_{\text{en}} - C_{\text{ex}})}{(100 - p_{\text{mud}}) \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{сут,} \quad (55)$$

где Q – суточный расход сточных вод, м³/сут;

p_{mud} – влажность осадка, равная 94-96%;

γ_{mud} – плотность осадка, равная 1-1,1 г/см³.

10. Определяется вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud} :

$$W_{\text{mud}} = \frac{1}{6} (B_{\text{set}} - 0,5) (B_{\text{set}}^2 + 0,5 B_{\text{set}} + 0,25) \text{tg} \alpha, \text{ м}^3, \quad (56)$$

где α – угол наклона стенок приемка, равный 50-55°.

11. Определяется период между выгрузками осадка из отстойника T :

$$T = \frac{24n \cdot W_{\text{mud}}}{Q_{\text{mud}}}, \text{ ч.} \quad (57)$$

Рассчитанное значение T должно быть: при удалении осадка под гидростатическим давлением – не более 48 ч, при удалении осадка механическим способом – не более 8 ч.

Вертикальные отстойники

1. По формуле (48) определяется значение гидравлической крупности u_0 .
2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.
3. Рассчитывается диаметр центральной трубы d_{en} :

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{\max}}{\pi \cdot n \cdot v_{en}}}, \text{ м}, \quad (58)$$

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

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

Диаметр d_{en} округляется до сортаментного значения.

4. Определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000q_{\max}}{\pi \cdot n \cdot K_{set}(u_0 - v_{tb})}} + d_{en}^2, \text{ м}, \quad (59)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей мм/с, принимается по табл. 8.

По рассчитанному диаметру принимается типовой отстойник или проектируется индивидуально. В табл. 8 Приложений приведены параметры типовых вертикальных первичных отстойников.

5. Рассчитывается диаметр раструба d_p и отражательного щита $d_{щ}$:

$$\begin{aligned} d_p &= 1,35d_{en}, \text{ м;} \\ d_{щ} &= 1,3d_p, \text{ м.} \end{aligned} \quad (60)$$

6. Рассчитывается высота щели между низом центральной трубы и поверхностью отражательного щита H_1 :

$$H_1 = \frac{q_{\max}}{\pi m d_p v_{\text{щ}}}, \text{ м}, \quad (61)$$

где $v_{\text{щ}}$ – скорость движения в щели, равная 0,02 м/с.

7. Определяется общая высота цилиндрической части отстойника $H_{\text{ц}}$:

$$H_{\text{ц}} = H_{\text{сет}} + H_1 + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (62)$$

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

H_3 – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

8. Рассчитывается высота конусной части отстойника $H_{\text{к}}$:

$$H_{\text{к}} = 0,5 D_{\text{сет}} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ м}, \quad (63)$$

где α – угол наклона конического днища, равный 50-60°.

9. Рассчитывается общая высота отстойника H :

$$H = H_{\text{ц}} + H_{\text{к}}, \text{ м}. \quad (64)$$

10. По формуле (55) определяется суточное количество осадка, задерживаемое в отстойниках $Q_{\text{муд}}$.

Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком

1. По формуле (48) определяется значение гидравлической крупности u_0 .
2. Принимается стандартный диаметр отстойника $D_{\text{сет}}$ равный 4, 6 или 9 м, затем рассчитывается количество отделений отстойников n :

$$n = \frac{q_w}{1,41 K_{\text{сет}} D_{\text{сет}}^2 u_0}, \quad (65)$$

где q_w – часовой расход сточных вод, м³/ч.

Количество отделений отстойника n должно быть не менее двух.

3. Определяется диаметр D_n и высота кольцевой перегородки H_n :

$$\begin{aligned} D_n &= D_{set} \sqrt{0,5}, \text{ м}; \\ H_p &= \frac{2H_{set}}{3}, \text{ м}. \end{aligned} \quad (66)$$

4. Определяется общая высота цилиндрической части отстойника $H_{ц}$:

$$H_{ц} = H_{set} + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (67)$$

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

H_3 – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

5. По формуле (63) рассчитывается высота конусной части отстойника $H_{к}$.
 6. По формуле (64) рассчитывается общая высота отстойника H .
 7. По формуле (55) определяется суточное количество осадка, задерживаемое в отстойниках Q_{mud} .

Радиальные отстойники

1. По формуле (48) определяется значение гидравлической крупности u_0 .
 2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.

Затем определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000q_{max}}{\pi K_{set}(u_0 - v_{tb})}}, \text{ м}, \quad (68)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, принимается по табл.

7.

По рассчитанному диаметру принимается типовой отстойник (таблица 9 Приложений) или проектируется индивидуально.

3. Рассчитывается скорость на середине радиуса отстойника v :

$$v = \frac{2q_{max}}{\pi D_{set} H_{set}}, \text{ м/с}. \quad (69)$$

Скорость должна быть не больше значений, указанных в табл. 6. В противном случае принимается другое количество отделений отстойников.

4. По формуле (64) определяется общая высота отстойника H .
5. По формуле (55) определяется количество осадка, устанавливаемого за сутки Q_{mud} .

Отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством

1. По формуле (48) определяется значение гидравлической крупности u_0 .
2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.
3. По формуле (68) определяется диаметр отстойника D_{set} , который округляется до наибольшего целого значения, или принимается как диаметр типового отстойника – 18 м или 24 м.
4. Определяется производительность одного отделения отстойника:

$$q_{set} = 2,8K_{set}(D_{set}^2 - d_{en}^2)(u_0 - \nu_{tb}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (70)$$

где d_{en} – диаметр впускного устройства, равный 1 м.

5. Определяется период вращения водораспределительного устройства T :

$$T = \frac{16,67 K_{set} H_{set}}{u_0}, \text{ мин.} \quad (71)$$

6. Рассчитывается радиус водораспределительного лотка $R_{\text{л}}$:

$$R_{\text{л}} = 0,5D_{set} - b_3, \text{ м}, \quad (72)$$

где b_3 – зазор между стенкой и фермой, равный 0,1-0,15 м.

7. Рассчитывается ширина водораспределительного лотка B_p :

$$B_p = m\sqrt{R_{\text{л}}^2 - l_{\text{л}}^2}, \text{ м}, \quad (73)$$

где $m=1/11$ или $1/12$;

l_n – удаление расчетного створа лотка от центра отстойника, м.

8. Рассчитывается высота водослива $h_{сб}$:

$$h_{сб} = 0,124 \left(\frac{4q_{set}}{D_{set}^2} l_n \right)^{2/3}, \text{ м.} \quad (74)$$

9. По формуле (64) определяется общая высота отстойника H .

10. По формуле (55) определяется количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

4. Расчет гидроциклонов и центрифуг

Гидроциклоны и центрифуги предназначены для осветления воды, обесшламливания, сгущения шламов и продуктов флотации, обогащения тонких фракций угля и руд в водной среде и тяжелых суспензиях в центробежном поле, создаваемом в результате вращения пульпы.

Открытые гидроциклоны

1. Выбирается тип открытого гидроциклона (без внутренних устройств, с конической диафрагмой и внутренним цилиндром, многоярусные с центральным выпуском, многоярусные с периферийным отводом воды). В табл. 10 Приложения приведены необходимые для расчета параметры гидроциклонов.

2. Определяется коэффициент пропорциональности, зависящий от типа гидроциклона K_{hc} :

- без внутренних устройств: 0,61;
- с конической диафрагмой и внутренним цилиндром: 1,98;
- многоярусные

с центральным выпуском:

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

- многоярусные с

периферийным отводом воды:

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

где n_{ti} – число ярусов (табл.11 Приложения);

n'_{ti} – число пар ярусов (табл. 11 Приложения);

D_{hc} – диаметр гидроциклона, м (табл. 11 Приложения);

d_d – диаметр центрального отверстия диафрагмы, м (табл.11 Приложения).

3. Рассчитывается удельная гидравлическая нагрузка на гидроциклон q_{hc} :

$$q_{hc} = 3,6K_{hc}u_0, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (76)$$

где u_0 – гидравлическая крупность частиц, которые необходимо выделить для обеспечения требуемого эффекта, мм/с.

4. Находим производительность одного аппарата Q_{hc} :

$$Q_{hc} = 0,785 q_{hc} D_{hc}^2, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (77)$$

5. Определяется количество рабочих аппаратов n :

$$n = \frac{q_w}{Q_{hc}}, \text{ шт}, \quad (78)$$

где q_w – максимальный часовой расход сточной воды, м³/ч.

6. По табл. 11 Приложения принимаются основные размеры гидроциклона.

Напорные гидроциклоны

1. По крупности задерживаемых частиц δ , мкм определяется диаметр гидроциклона D_{hc} :

Таблица 9

Зависимость диаметра гидроциклона от крупности задерживаемых
частиц

D_{hc} , мм	25	40	60	80	100	125	160	200	250	320	400	500
δ , мкм	8-12	10-30	15-35	18-40	20-50	25-60	30-70	35-85	40-110	45-150	50-170	55-200

2. По табл.11 или 12 Приложений подбирается марка гидроциклонов, выписываются необходимые технические параметры.

3. Определяется производительность гидроциклона Q_{hc} :

$$Q_{hc} = 9,58 \cdot 10^{-3} d_{en} d_{ex} \sqrt{g \Delta P}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (79)$$

где ΔP – потери давления в гидроциклоне, МПа;

d_{en} – диаметр питающего патрубка, мм;

d_{ex} – диаметр сливного патрубка, мм.

Потери давления ΔP можно определить в зависимости от диаметра цилиндрической части D_{hc} по табл. 10:

Таблица 10

Зависимость потери давления от диаметра гидроциклона

D_{hc} , мм	50	75	250	350	500
ΔP , МПа	0,1-0,15	0,15-0,2	0,15-0,25	0,2-0,3	0,25-0,35

4. По формуле (78) находится количество рабочих аппаратов. Число резервных аппаратов принимается:

- при очистке сточных вод, твердая фаза которых не обладает абразивными свойствами: 1 – при числе рабочих аппаратов до 10, 2 – при числе до 15, по одному на каждые 10 при числе рабочих аппаратов свыше 15;
- при очистке сточных вод с абразивной твердой фазой – 25% от числа рабочих аппаратов.

1. Выбирается вид центрифуги:

- непрерывного действия – для очистки сточных вод с расходом до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, когда требуется выделить частицы гидравлической крупностью $0,2 \text{ мм/с}$ (противоточные) и $0,05 \text{ мм/с}$ (прямоточные);
- периодического действия – применяют для очистки сточных вод, расход которых не превышает $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, а также при необходимости выделения частиц гидравлической крупностью $0,05\text{-}0,01 \text{ мм/с}$.

2. По результатам лабораторных исследований определяется фактор разделения Fr и продолжительность центрифугирования t_{cf} , с, при которых обеспечивается необходимая степень очистки сточной воды.

3. Производится подбор необходимого типоразмера центрифуги (табл. 13 или 14 Приложений).

4. Определяется объемная производительность центрифуги:

$$Q_{cf} = 3600 \frac{W_{cf} K_{cf}}{t_{cf}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (80)$$

где W_{cf} – объем ванны ротора центрифуги, м^3 ;

K_{cf} – коэффициент использования объема центрифуги, принимаемый равным $0,4\text{-}0,6$.

5. Определяется количество рабочих центрифуг n :

$$n = \frac{q_w}{Q_{cf}}, \text{ шт}, \quad (81)$$

где q_w – максимальный часовой расход сточной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$.

5. Расчет фильтров с зернистой загрузкой

Фильтры с зернистой загрузкой рекомендуются следующих конструкций: однослойные, двухслойные и каркасно-засыпные (КЗФ).

В качестве фильтрующего материала допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми технологическими свойствами, химической стойкостью и механической прочностью.

Расчет конструктивных элементов фильтров надлежит производить согласно СНиП 2.04.02-84 и СНиП 2.04.03-85.

Расчетные параметры фильтров с зернистой загрузкой для глубокой очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод после биологической очистки следует принимать по табл.11–16.

1. По табл. 11-16 выбираются необходимые для дальнейшего расчета параметры.
2. Определяется расчетный расход сточной воды, подаваемой на фильтры Q_ϕ :

$$Q_\phi = 20,4q_w, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (82)$$

где q_w – максимальный часовой приток сточной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$.

3. Находится количество промывок каждого фильтра за сутки n :

$$n = 24 / T_\phi. \quad (83)$$

4. Рассчитывается общая площадь фильтров F_ϕ :

$$F_\phi = \frac{Q_\phi(1+m)}{\nu_\phi \left(T - \frac{t_4 \cdot n}{60} \right) - 0,06n(w_1 t_1 + w_2 t_2 + w_3 t_3)}, \text{ м}^2, \quad (84)$$

где m – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку барабанных сеток, равный 0,003-0,005;

w_1 – интенсивность, равная 16 – 18 л/(с·м²) начального взрыхления верхнего слоя загрузки продолжительностью t_1 , равная 6 – 8 мин;

w_2 — интенсивность подачи воды, л/(с·м²) с продолжительностью водо-воздушной промывки t_2 , мин;

w_3 — интенсивность промывки, л/(с·м²) продолжительностью t_3 , мин;

t_4 — продолжительность простоя фильтра в связи с промывкой, равная 20 мин;

T — продолжительность работы станции в течение суток, ч.

Начальное гидравлическое взрыхление верхнего слоя принимается только для фильтров с подачей воды сверху вниз с интенсивностью и продолжительностью мин. Интенсивность подачи воды w_2 учитывается в формуле (84) только в случае применения водо-воздушной промывки загрузки.

5. Определяется число секций фильтров N и площадь одной секции фильтра F_1 :

$$\begin{aligned} N &= 0,5\sqrt{F_\phi} ; \\ F_1 &= \frac{F_\phi}{N}, \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (85)$$

Общее количество секций фильтров N должно быть не менее четырех: один в резерве, один на промывке и два рабочих. По рассчитанной площади F_1 принимаются размеры в плане одного фильтра.

6. Принимается количество секций фильтров, находящихся в ремонте N_p : один или более. Рассчитывается скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы (т.е. при отключении фильтров на промывку и ремонт) $v_{\phi.\phi}$:

$$v_{\phi.\phi} = \frac{v_\phi N}{N - N_p}, \text{ м/с.} \quad (86)$$

Расчет распределительной системы фильтра

В фильтре распределительная система служит как для равномерного распределения промывной воды по площади фильтра, так и для сбора профильтрованной воды (см. рис. 3, вид 1, сечение Б–Б и сечение В–В).

Расчет распредел. системы осуществляется по расходу промывных вод.

7. Определение количества промывной воды, приходящейся на один фильтр ($q_{пр}$):

$$q_{пр} = F \cdot \omega / 1000, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (87)$$

8. Определение диаметра коллектора, округлить до целых десятков ($D_{кол}$):

$$D_{кол} = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot q_{пр}}{\pi \cdot v_{кол}}}, \text{ мм}, \quad (88)$$

где $v_{кол}$ – рекомендуемая скорость воды в коллекторе ($v_{кол} = 1 \div 1,2$ м/с)

Диаметр трубы коллектора следует принимать по ГОСТам на трубы.

9. Расчет площади фильтра, приходящегося на одно ответвление:

$$f_{отв} = m \cdot \left(\frac{B - 0,001 \cdot D_{кол}}{2} \right) = m \cdot l_{отв}, \text{ м}^2, \quad (89)$$

где m – расстояние между осями ответвлений, м ($m = 0,25 \div 0,3$ м);

B – ширина фильтра, м;

$l_{отв}$ – длина одного ответвления, м.

10. Количество воды, приходящейся на одно ответвление:

$$q_{отв} = f_{отв} \cdot \omega / 1000, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (90)$$

11. Диаметр труб ответвлений округлить до целых, составит:

$$D_{отв} = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot q_{отв}}{\pi \cdot v_{отв}}}, \text{ мм}, \quad (91)$$

где $v_{отв}$ – рекомендуемая скорость воды в ответвлениях ($v_{отв} = 1,8 \div 2,0$ м/с).

12. Общее количество ответвлений ($n_{отв}$) в одном фильтре составит:

$$n_{\text{отв}} = 2 \cdot L / m. \quad (92)$$

В нижней части ответвлений под углом 60° предусматриваются отверстия диаметром $d_o = 10\text{--}12$ мм.

13. Суммарная площадь отверстий составит:

$$\Sigma f_o = \frac{(0.25 \div 0.3) \cdot F}{100}, \text{ м}^2. \quad (93)$$

14. Общее количество отверстий (n_o) в распределительной системе составит:

$$n_o = \Sigma f_o / f_o. \quad (94)$$

15. Количество отверстий на одном ответвлении (n_o') составит:

$$n_o' = n_o / n_{\text{отв}}. \quad (95)$$

16. Расстояние между отверстиями (l_o) составит (рекомендуемое $l_o = 200\text{--}250$ мм):

$$l_o = 1000 \cdot l_{\text{отв}} / n_o', \text{ мм}. \quad (96)$$

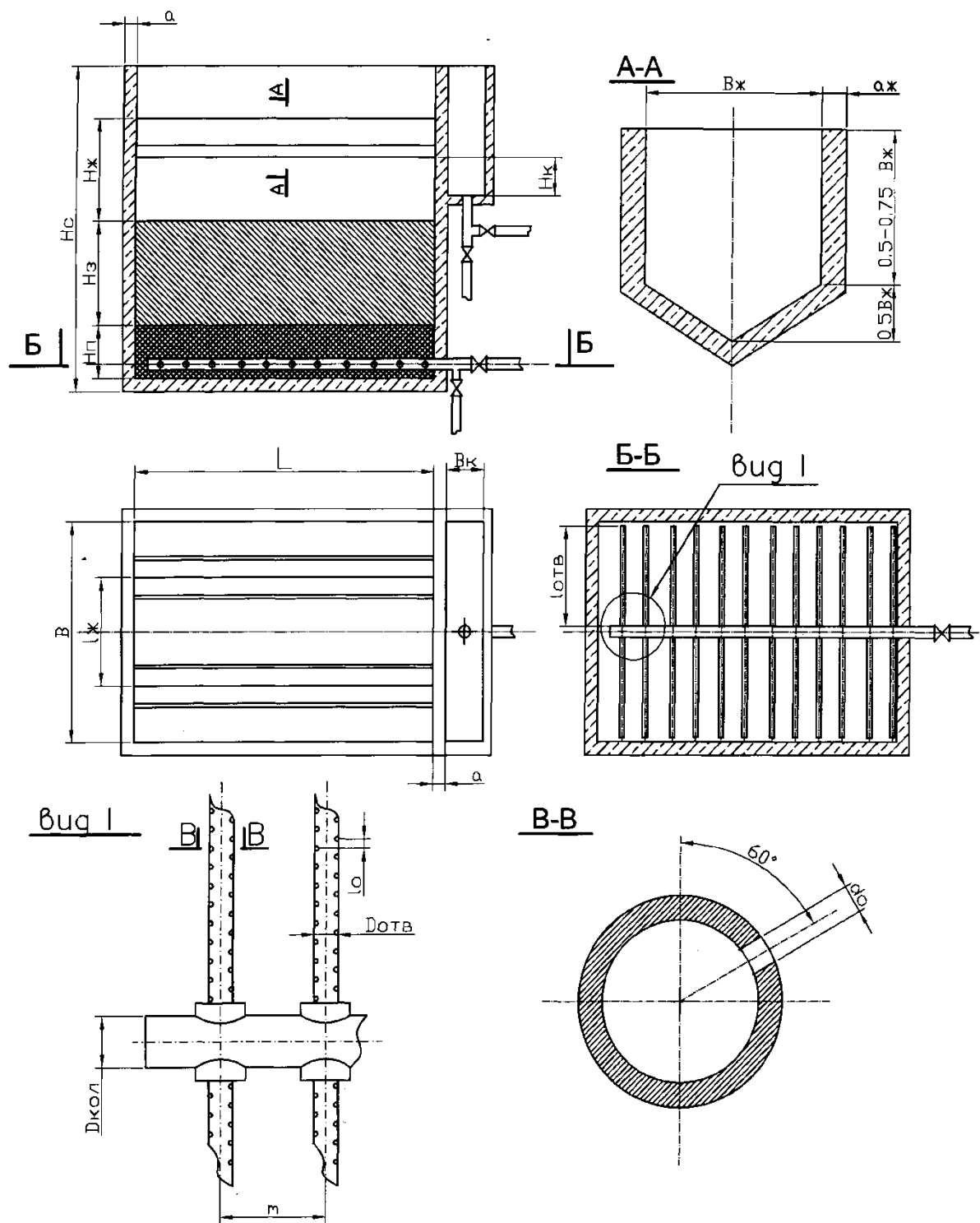


Рис. 3. Схема безнапорного фильтра с зернистой загрузкой

Расчет устройств для сбора и отвода воды

Сбор и отвод загрязненной воды при промывке фильтров осуществляется при помощи желобов, размещаемых над поверхностью фильтрующей загрузки (см. рис.3, вид в плане, вид с боку и сечение А–А). В практике применяются желоба, у которых верхняя часть поперечного сечения является прямоугольной, а нижняя – треугольной (см. рис. 3 сечение А–А).

17. Ширину желоба определяют по формуле:

$$B_{\text{ж}} = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1.57 + a)^3}}, \text{ м}, \quad (97)$$

где $q_{\text{ж}}$ – расход промывной воды, приходящейся на один желоб, $\text{м}^3/\text{с}$

$$q_{\text{ж}} = q_{\text{пр}}/n_{\text{ж}}. \quad (98)$$

18. Количество желобов ($n_{\text{ж}}$) составляет:

$$n_{\text{ж}} = B/l_{\text{ж}}, \quad (99)$$

где $l_{\text{ж}}$ – рекомендуемое расстояние между желобами ($l_{\text{ж}} = 1.5 \div 2.2 \text{ м}$);

a – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимаемое равным либо 1, либо 1.5;

K – коэффициент, равный 2,1 для желобов с треугольным основанием.

19. Определение высоты кромки желоба над поверхностью фильтрующей загрузки ($H_{\text{ж}}$):

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \cdot e}{100} + 0.3, \text{ м}, \quad (100)$$

где H_3 – высота слоя фильтрующей загрузки, м (по табл. 11–16);

e – величина относительного расширения загрузки при промывке, % (по табл. 16).

20. Определение расстояния от дна желоба до дна бокового сборного канала ($H_{\text{к}}$):

$$H_k = 1.73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{пр}}^2}{g \cdot b_k^2}} + 0.2, \text{ м}, \quad (101)$$

где b_k – минимально допустимая ширина канала, принимаемая равной 0,7 м;
 g – ускорение свободного падения, 9.81 м/с².

21. Расхода воды на промывку фильтра:

$$P = \frac{\omega \cdot F \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{час}} \cdot T_p \cdot 1000} \cdot 100, \%, \quad (102)$$

где T_p – продолжительность работы фильтра между двумя промывками, ч:

$$T_p = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (103)$$

где $T_0 = 24/n$ – продолжительность рабочего фильтроцикла, ч.

Таблица 11

Основные параметры фильтров с зернистой загрузкой

Фильтр	Параметры фильтрующей загрузки				Высота слоя, м	Скорость фильтрации при режиме, м/ч	
	фильтрующий материал	гранулометрическая характеристика загрузки d, мм				нормальном	форсированном
		max	min	mid			
Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз	Кварцевый песок	1,2	2	1,5-1,7	1,2-1,3	6-7	7-8
	Поддерживающие слои Слой гравия	2	5	-	0,15-0,2		
		5	10	-	0,1-0,15		
		10	20	-	0,1-0,15		
		20	40	-	0,2-0,25		
Однослойный крупнозернистый с подачей воды сверху вниз	Гранитный щебень	3	10	5,5	1,2	16	18
Двухслойный с подачей воды сверху вниз	Антрацит или керамзит	1,2	2	-	0,4-0,5	7-8	9-10
	Кварцевый песок	0,7	1,5	-	0,6-0,7		
	Поддерживающие слои - гравий	2	5	-	0,15-0,2		
		5	10	-	0,1-0,15		
		10	20	-	0,1-0,15		
Каркасно-засыпной (КЗФ)	Кварцевый песок	20	40	-	0,2-0,25	10	15
		0,8	1	-	0,9		
	Каркас - гравий	1	40	-	1,8		
		40	60	-	0,5		

Таблица 12

Основные параметры фильтров с зернистой загрузкой

Фильтр	Интенсивность промывки, л/с м ²	Продолжительность промывки, мин	Эффект очистки, %	
			по БПК _{полн}	по взвешенным веществам
Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз	Воздух 18-20	2	50-60	70-75
	Воздух 18-20 и вода 3-5	10-12		
	Воздух 18-20 и вода 3-5	10-12		
	Вода 7	6-8		
	Вода 7	6-8		
Однослойный крупнозернистый с подачей воды сверху вниз	Воздух 16	3	35-40	45-50
	Воздух 16 и вода 10	4		
	Вода 15	3		
Двухслойный с подачей воды сверху вниз	Вода 14-16	10-12	60-70	70-80
Каркасно-засыпной (КЗФ)	Воздух 14-16 и вода 6-8	5-7	70	70-80
	Вода 14-16	3		

Таблица 13

Характеристики фильтров, применяемых при водоподготовке

Тип фильтров по скорости	по напору	Характеристика фильтрующего слоя		Скорость фильтрования, м/ч	Конструкция фильтра	Площадь в м ²	Назначение фильтра
		диаметр зерен, мм	высота фильтрующего слоя, в м				
Скорые	Безнапорные с кварцевой загрузкой	0,5-1,2	0,7	6	Прямоугольный или круглый железобетонный	4-120 5-60	Для полного осветления воды с коагулированной взвесью
		0,7-1,5	1,2-1,3	8			
		0,9-1,8	1,8-2	10			
	Безнапорные двухслойные с загрузкой: антрацитовый (верхний слой) кварцевой (нижний слой)						
		0,8-1,8	0,4-0,5	10			
		0,5-1,2	0,6-0,7	10			
Сверхскорые	Безнапорные двухплоточные (фильтры АКХ)	0,5-1,5	1,45-1,65	12	Стальные цилиндрические вертикальные горизонтальные	0,8-9,1 15-30	Для частичного осветления воды для технических целей
	Напорные (P ≤ 6 Атм) вертикальные горизонтальные	0,8-1,8	1,2	10-12			
		0,8-1,8	0,75	10-12			
		0,5-1	0,45	25-50			
Сверхскорые	Напорные фильтры системы Г. Н. Никифорова (P > 2,5 Атм)				Стальные цилиндрические вертикальные	Один фильтр 7 м ² или батарея 7×6=42 м ²	Для частичного осветления воды или полного осветления от крупной взвеси

Таблица 14

Характеристики фильтров

Крупность зерен, мм	Высота слоя, мм
40-20	Верхняя граница слоя должна быть на уровне верха распределительной трубы, но не менее чем на 100 мм выше отверстий
20-10	100-150
10-5	100-150
5-2	50-100

Примечания:

1. При водовоздушной промывке с подачей воздуха по трубчатой системе высоту слоев крупностью 10-5 мм и 5-2 мм следует принимать по 150-200 мм каждый.
2. Для фильтров с крупностью загрузки менее 2 мм следует предусматривать дополнительный поддерживающий слой с размером зерен 2-1,2 мм высотой 100 мм.

Таблица 15

Характеристики промывки фильтров

Фильтры и их загрузка	Интенсивность промывки, л/с·м ²	Продолжительность промывки, мин	Величина относительного расширения загрузки, %
Скорые с однослойной загрузкой диаметром D, мм: 0,7-0,8 0,8-1 1-1,2	12-14 14-16 16-18	6-5	45 30 25
Скорые с двухслойной загрузкой	14-16	7-6	50

Примечания:

1. Большим значениям интенсивности промывки соответствуют меньшие значения продолжительности.
2. При неподвижном устройстве для верхней промывки интенсивность ее следует принимать 3-4 л/с·м², напор 30-40 м. Продолжительность промывки 5-8 мин, из них 2-3 мин до проведения нижней промывки. Распределительные трубы следует располагать на расстоянии 60-80 мм от поверхности загрузки через каждые 700-1000 мм. Расстояние между отверстиями в распределительных трубах или между насадками необходимо принимать 80-100 мм. При вращающемся устройстве интенсивность промывки следует принимать 0,5-0,75 л/с·м², напор 40-45 м.

Таблица 16

Основные характеристики фильтров

Фильтры	Характеристика фильтрующего слоя					Скорость фильтрования, м/ч	
	Материал загрузки	диаметр зерен, мм		коэффициент неоднородности загрузки	высота слоя, м	при нормальном движении	при форсированном движении
Однослойные скорые фильтры с загрузкой различной крупности	Кварцевый песок	min	max	mid			
		0,5	1,2	0,7-0,8	1,8-2	0,7-0,8	6-7,5
		0,7	1,6	0,8-1	1,6-1,8	1,3-1,5	7-9,5
	Дробленый керамзит	0,8	2	1-1,2	1,5-1,7	1,8-2	10-12
		0,5	1,2	0,7-0,8	1,8-2	0,7-0,8	7-9
		0,7	1,6	0,8-1	1,6-1,8	1,3-1,5	8,5-11,5
Скорые фильтры с двухслойной загрузкой	Кварцевый песок	0,8	2	1-1,2	1,5-1,7	1,8-2	12-14
		0,5	1,2	0,7-0,8	1,8-2	0,7-0,8	8,5-12
		0,8	1,8	0,9-1,1	1,6-1,8	0,4-0,5	
	Дробленый керамзит или антрацит						
Примечания.							
1, Расчетные скорости фильтрования в указанных пределах должны приниматься в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, технологии ее обработки перед фильтрованием и других местных условий, При очистке воды для хозяйственно-питьевых нужд надлежит принимать меньшие значения скоростей фильтрования,							
2, Однослойные скорые фильтры с крупностью загрузки 0,8-2 мм надлежит применять только для производственного водоснабжения,							
3, Допускаются отклонения в крупности загрузки фильтров в пределах 10 %,							
4, При использовании фильтров в схемах очистки воды двухступенчатым фильтрованием скорости фильтрования на них следует принимать на 10-15% больше,							
5, При применении загрузок из дробленых керамзита и антрацита водовоздушная промывка не допускается,							

6. Расчет нефтеловушек с тонкослойными блоками

Нефтеловушки применяют для механической очистки сточных вод от нефтепродуктов, способных к гравитационному отделению (всплыванию), и от осаждающихся твердых механических примесей. Продуктоловушки используются с той же целью для отстаивания из воды некоторых специфических веществ (например, парафина из сточных вод цехов синтетических жирных кислот на нефтехимических предприятиях).

Горизонтальная нефтеловушка представляет собой отстойник, разделенный продольными стенками на параллельные секции (рис. 4).

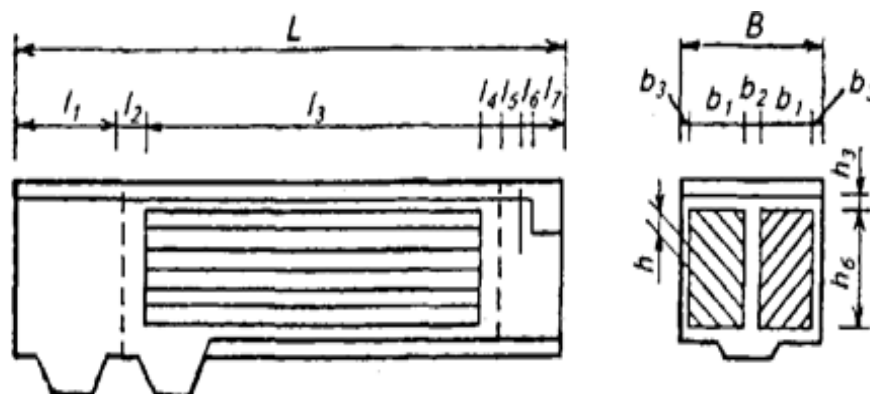


Рис. 4. Расчетная схема многоярусной нефтеловушки с перекрёстным движением воды и осадка

1. Назначается ширина секции нефтеловушки (B):

$$B = 2b_1 + b_2 + 2b_3, \quad (104)$$

где b_1 – ширина полочного блока; назначается, исходя из расстояния между опорами, при котором обеспечивается допустимый прогиб, ($\Delta\delta = 2-5$ мм) листового материала, выбранного для изготовления полок блока ($b_1 = 0,65-0,75$ м);

b_2 – расстояние между блоками по ширине канала, $b_2 = 200$ мм;

b_3 – расстояние между блоком и боковой стенкой, $b_3 = 150$ мм.

2. Далее необходимо определить высоту отстойной части (H) и число секций нефтеловушки (n), а также количество (N). С этой целью надо рассчитать производительность нефтеловушки при различных глубинах H и количествах секций при разных рекомендуемых скоростях движения воды. Результаты записать в табл.17.

Таблица 17

Зависимость производительности нефтеловушки (Q м³/час) от ее глубины и числа секций

Глубина (H), м	1,5	1,75	2,0	2,3	2,5
Число секций $n=1$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=2$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=3$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					
Число секций $n=4$					
$Q_{\min}$ ($v= 5$ мм/с)					
Q_{mid} ($v= 7,5$ мм/с)					
$Q_{\max}$ ($v= 10$ мм/с)					

3. Производительность определяется по формуле:

$$Q = 7,2 \cdot K_2 \cdot b_1 \cdot H \cdot v \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (105)$$

где K_2 – коэффициент учитывающий работу распределительных устройств ($K_2 = 1,2 - 1,3$);

v – скорость потока в ярусе, мм/с ($v=5 - 10$ мм/с).

Сравнивая расчетную производительность с расходом воды, поступающей на очистку, выбрать необходимые параметры.

4. Рассчитать длину секции:

$$L=l_1+l_2+l_3+l_4+l_5+l_6+l_7, \text{м}, \quad (106)$$

где l_1 – длина зоны грубого осветления; назначается, исходя из конструктивных размеров грязевого приемка, но не должна быть меньше длины l'_1 рассчитанной, исходя из расхода Q_1 , приходящегося на одну секцию ($\text{м}^3/\text{ч}$) и продолжительности пребывания рабочего потока в этой зоне $t = 3-4$ мин при коэффициенте использования объема зоны (k_u) 0,5.

$$l_1 \geq l'_1 = \frac{Q_1 \cdot t}{60 \cdot H \cdot B \cdot k_u}, \quad (107)$$

$$Q_1 = Q/n;$$

l_2 – назначается, исходя из ширины водораспределительного устройства и расстояния для свободного прохождения скребкового транспортера ($l_2 = 1,5 - 1,75$ м);

l_3 – длина ярусного пространства;

$$l_3 = 3,6 \cdot K_1 \cdot v \cdot T_p, \quad (108)$$

K_1 – коэффициент запаса, учитывающий снос по поверхности пластин выделенных в ярусе частиц нефти и осадка; $K_1 = 1,2 - 1,3$; если ярусы образованы гофрированными пластинами, то $K_1 = 1$;

T_p – продолжительность пребывания рабочего потока в ярусе, ч;

$$T_p = \frac{K_2 \cdot h}{3600 \cdot u_0}, \quad (109)$$

где h – высота яруса; рекомендуется принимать $h = 100 - 150$ мм;

u_0 – гидравлическая крупность частиц нефтепродуктов, которые надо выделить ($u_0 = 0,1 - 0,15$ мм/с).

l_4 – назначается из условия формирования рабочего потока, выходящего из ярусов; $l_4 = 0,75$ м;

l_5 – расстояние между дырчатой перегородкой и полупогружной перегородкой; $l_5 = 0,3 - 0,5$ м;

l_6 – расстояние между полу погруженной перегородкой и водосливом: $l_6 = 0,4$ м;

l_7 – ширина водоприемного лотка $l_7 = 0,3 - 0,5$ м.

5. Определить число блоков и ярусов в блоке исходя из их размеров. Обычно длина тонкослойных блоков составляет 0,7 м, а высота – 1,5–1,6 м.

7. Расчет сооружений для ионообменной очистки воды

Ионообменные установки следует применять для глубокой очистки сточных вод от минеральных и органических ионизированных соединений и утилизации ценных компонентов (рис. 5, 6).

Сточные воды, подаваемые на установку, не должны содержать: солей – свыше 3000 мг/л; взвешенных веществ – свыше 8 мг/л; ХПК не должна превышать 8 мг/л.

При большем содержании в сточной воде взвешенных веществ и большей ХПК необходимо провести ее предварительную очистку.

Расчет ионитовых фильтров можно проводить двумя путями.

1. По заданной площади фильтрования принимают определенное количество стандартных фильтров и рассчитывают время работы (межрегенерационный период) каждого фильтра.

2. Задаются количеством регенераций в сутки и рассчитывают необходимое количество стандартных фильтров.

Первый способ целесообразно применять при малых расходах сточных вод и небольшой их загрязненности, т.е. когда межрегенерационный период составляет несколько суток. Второй способ – при относительно больших расходах сточных вод.

Расчет фильтров по варианту № 1

1. Определение суммарной площади фильтрования:

$$F_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{час}}}{v_f}, \text{ м}^2, \quad (110)$$

где $Q_{\text{час}}$ – максимальный часовой расход сточных вод, м³/ч;

v_f – рабочая скорость фильтрования воды, м/ч.

Скорость фильтрования зависит от общего солесодержания воды (P , мг-экв/л), табл.18.

Таблица 18

Зависимость скорости фильтрования от солесодержания воды

P , мг-экв/л	v_f , м/ч
≤ 5	20
$5 \div 15$	15
$15 \div 20$	10
> 20	8

Общее солесодержание можно рассчитать по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{E_i}, \text{мг-экв/л}, \quad (111)$$

где C_i – концентрация i -того металла, мг/л; E_i – эквивалентная масса i -того металла, мг-экв/мг.

2. Выбираем типовой (стандартный) фильтр (табл.16-17Приложения).

3. Определение площади фильтрации одного фильтра:

$$F_f = \frac{\pi \cdot D_f^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (112)$$

где D_f – диаметр типового фильтра, м.

4. Количество фильтров:

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_f}. \quad (113)$$

5. Определение объема ионита:

$$W_{uf} = F_f \cdot H_{cl}, \text{ м}^3, \quad (114)$$

где H_{cl} – высота загрузки ионита, м (табл.16-17Приложения).

6. Определение продолжительности межрегенерационного периода фильтрации:

$$T = \frac{N \cdot W_{uf} \cdot POE}{Q_{час} \cdot (P_{нач} - P_{кон})}, \text{ ч}, \quad (115)$$

где POE – рабочая обменная емкость ионита (приводится в каталогах на иониты), г-экв/м³;

$P_{нач}$, $P_{кон}$ – начальное и конечное солесодержание воды соответственно, г-экв/м³.

Расчет фильтров по варианту № 2

1. Задаемся количеством регенераций фильтра и определяем суммарный объем загрузки ионита:

$$\Sigma W_u = \frac{T \cdot Q_{час} \cdot (P_{нач} - P_{кон})}{POE}, \text{ м}^3, \quad (116)$$

где T – продолжительность межрегенерационного периода, ч:

$$T = \frac{24}{n} - (t_{взр} + t_{рег} + t_{отм}), \text{ ч}, \quad (117)$$

где $t_{взр}$ – продолжительность взрыхления фильтра, 0,25 ч;

$t_{рег}$ – продолжительность регенерации, 0,42 ч;

$t_{отм}$ – продолжительность отмывки, 0,83 ч.

n – число регенераций фильтра в сутки (1÷3).

2. Выбираем стандартный фильтр из каталога и определяем объем загрузки ионита для одного фильтра (W_{uf}) по формуле (114).

3. Определяем количество фильтров:

$$N = \frac{\Sigma W_u}{W_{uf}}. \quad (118)$$

4. Определяем фактическую площадь фильтрования ($\Sigma F_{раб}$) и фактическую скорость фильтрования (v_{ff}):

$$\Sigma F_{\text{раб}} = N \cdot \frac{\pi \cdot D_f^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (119)$$

$$v_{\text{ff}} = \frac{Q_{\text{час}}}{\Sigma F_{\text{рав}}}, \text{ м/ч} \quad (120)$$

v_{ff} должна быть меньше или равна рекомендуемой скорости фильтрования (табл. 18).

Расчет количества реагентов и воды на одну регенерацию каждого фильтра

1. Определить массу реагента:

$$G_p = \frac{POE \cdot W_{\text{uf}} \cdot E_p \cdot D_p}{1000}, \text{ кг}, \quad (121)$$

где E_p – эквивалентная масса реагента, г-экв/г;

D_p – удельный расход реагента на регенерацию, г-экв/г-экв (емкости ионита);

Таблица 19

Таблица характеристик основных реагентов

Реагент	D_p , г-экв/г-экв	E_p , г-экв/г	C , %	$v_{\text{рег}}$, м/ч
H ₂ SO ₄	2.5	49	7–10	2
HCl	2.5	36.5	7–10	2
NaOH	2.5÷3.0	40	4–6	1÷1.5
NaCl	2.5÷3.4	58.5	10	2
Na ₂ CO ₃	2.5÷3.0	53	4–6	1÷1.5

2. Определить объем воды на процесс регенерации:

а) на растворение реагента:

$$q_{\text{раств}} = \frac{G_p \cdot (100 - C_{\%})}{1000 \cdot C_{\%}}, \text{ м}^3, \quad (122)$$

где $C_{\%}$ – концентрация реагента, % (табл. 19)

б) на взрыхление ионита:

$$q_{\text{взр}} = \frac{\omega_{\text{взр}} \cdot F_f \cdot t_{\text{взр}} \cdot 60}{1000}, \text{ м}^3, \quad (123)$$

где $\omega_{\text{взр}}$ – интенсивность взрыхления $3 \div 4$ л/(с·м²);

$t_{\text{взр}}$ – продолжительность взрыхления фильтра, 15 мин.

в) на отмывку ионита:

$$q_{\text{отм}} = \omega_{\text{отм}} \cdot F_f \cdot H_{\text{сл}}, \text{ м}^3, \quad (124)$$

где $\omega_{\text{отм}}$ – интенсивность отмывки, $2.5 \div 3.0$ м³/м³(ионита)

г) Общее количество воды на регенерацию:

$$q_{\Sigma} = q_{\text{раств}} + q_{\text{взр}} + q_{\text{отм}}, \text{ м}^3. \quad (125)$$

Общий расход воды на собственные нужды составит:

$$q = q_{\Sigma} \cdot n \cdot N, \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (126)$$

$$q_{\%} = \frac{q}{Q_{\text{сут}}} \cdot 100\%, \quad (127)$$

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

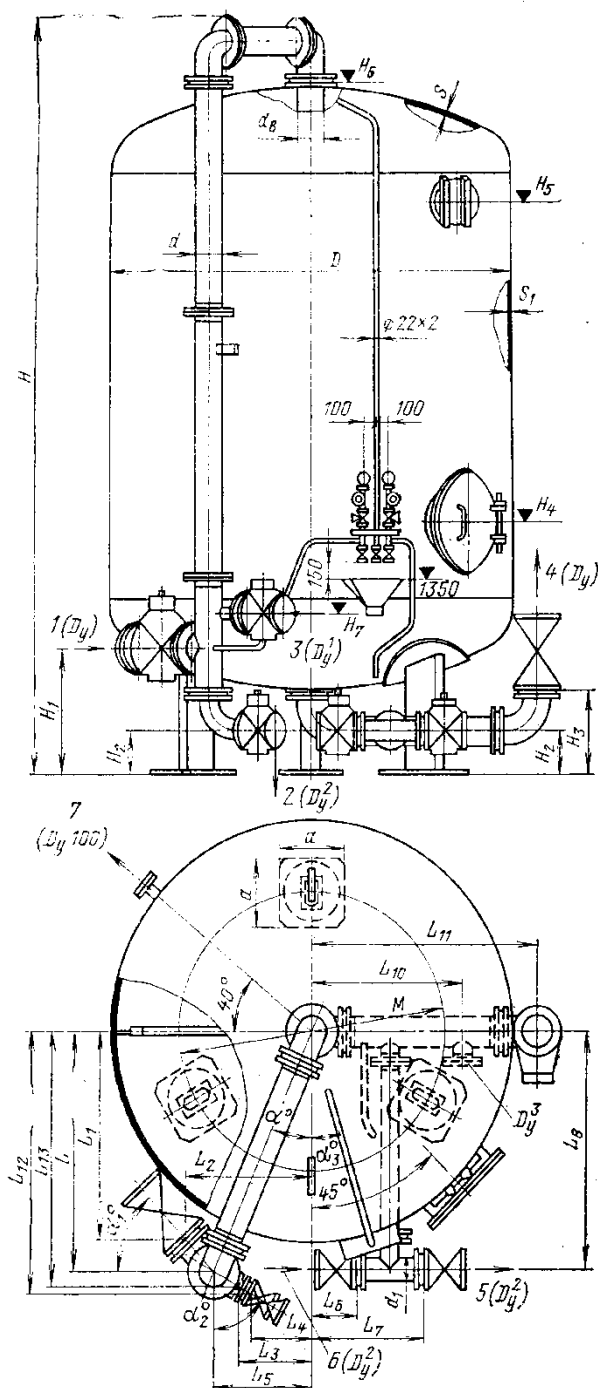


Рис 5. Фильтры ионообменные параллельноточные первой ступени (водородные и натриевые) диаметром от 2000 до 3400 мм. 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – спуск промывочной воды; 3 – подвод регенерационного раствора; 4 – выход обработанной воды; 5 – спуск отмывочной воды; 6 – подвод промывочной воды; 7 – штуцер для гидровыгрузки, установлен на отметке для фильтров диаметром: 2000 – 915 мм, 2600 – 1050 мм, 3000 – 1210 мм.

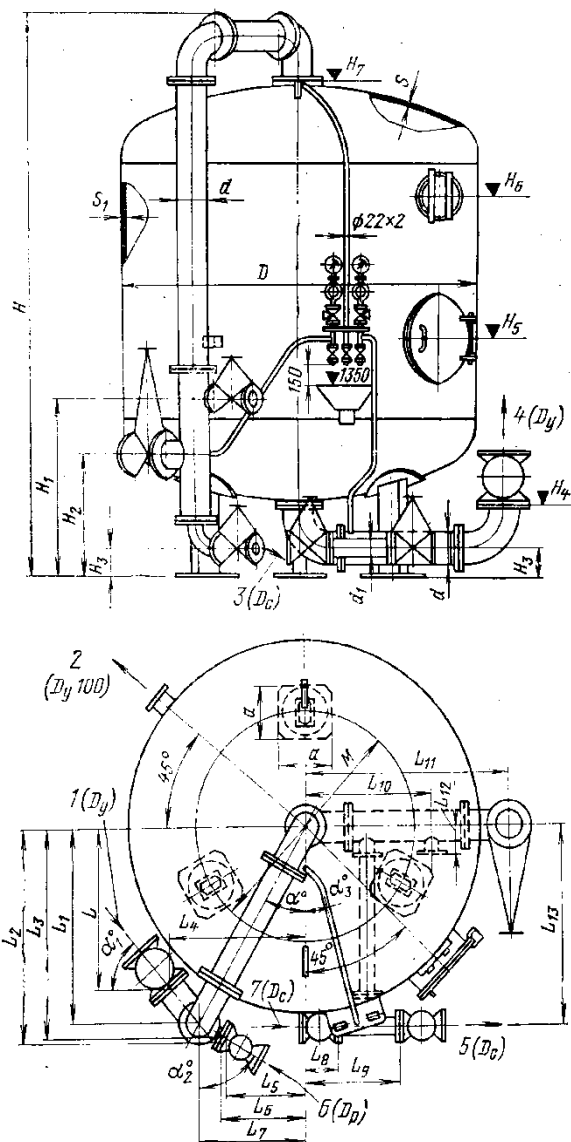


Рис 6. Фильтры ионообменные параллельноточные второй ступени (водородные и натриевые) диаметром от 2000 до 3000 мм. 1 – подвод обрабатываемой воды; 2 – штуцер для гидровыгрузки, установлен на отметке для фильтров диаметром: 2000 – 960 мм; 2600 – 1110 мм; 3000 – 1300 мм; 3 – спуск промывочной воды; 4 – выход обработанной воды; 5 – спуск отмывочной воды; 6 – подвод регенерационного раствора; 7 – подвод промывочной воды.

Библиографический список

- Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
- Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
- Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод.- М.: Стройиздат, 1990.
- Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2003.-152 с.
- Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов.- М.: АСВ, 2004. - 704с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Характеристика решеток

Марка	Размеры канала перед решеткой В×Н, мм	Ширина прозоров, мм	Толщина стержней, мм	Число прозоров
МГ5Т	2000×3000	16	8	84
МГ6Т	2000×2000	16	8	84
МГ7Т	800×1400	16	8	31
МГ8Т	1400×2000	16	8	55
МГ9Т	1000×1200	16	8	39
МГ10Т	1000×2000	16	8	39
МГ11Т	1000×1600	16	8	39
МГ12Т	1600×2000	16	8	64
РМУ-1	600×800	16	6	21
РМУ-2	1000×1000	16	6	39
РМУ-3	1000×2000	16	6	39
РМУ-4	1500×2000	16	6	60
РМУ-5	2000×2000	16	6	84
РМУ-6	2000×2500	16	6	84
РМУ-7	2500×3000	16	6	107
РМН	800×3000	10;6	10	40;50
РГД	900×1000	10	10	45
РСФ-01	900×1000	4	3	130
PS-16	800×1000	5	3	100
PS-35	1500×3000	3	3	250

Таблица 2

Основные характеристики комбинированных решеток-дробилок

Марка	Макс. производительность, м ³ /ч	Ширина щелевых отверстий, мм	Площадь щелевых отверстий, м ²	Диаметр барабана, мм	Скорость движения в прозорах, м/с	Мощность электро-двигателя, кВт
РД-100	30	8	0,00764	100	1-1,2	0,27
РД-200	60	8	0,019	180	1-1,2	0,6
РД-400	420	10	0,119	400	1-1,2	0,8
РД-600	2000	10	0,455	635	1-1,2	1,5
КРД	1700	16	-	-	0,6-0,8	0,6; 4

Таблица 3

Основные типоразмеры горизонтальных песколовков

Показатели	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 отделения: - сечение, м ²	1,62	1,54	3,02	2,9	3,02
- длина, м при u ₀ , мм/с: 18,7 24,2	15,8 13	15,4 12,4	18,2 16,3	17,7 15,6	18,2 16,3
- глубина, м	0,58	0,55	0,67	0,65	0,67
- ширина, м	3	3	3	4,5	4,5

Таблица 4

Основные показатели горизонтальных песколовков
с круговым движением воды

Пропускная способность		Основные размеры, мм			
м ³ /сут	л/с	диаметр	расстояние между центрами отделений	ширина кольцевого желоба	ширина лотков впуска и выпуска воды
1400-2700	31-56	4000	6000; 6500	500; 800	200
2700-4200	56-83				250
4200-7000	83-133				300
7000-10000	133-183				350
10000-17000	183-278	6000	10000; 11000	1000	600
17000-25000	278-394			1400	900
25000-40000	394-590			1500	900
40000-64000	590-920			1800	900

Таблица 5

Основные показатели типовых вертикальных песколовок

Марка песколовки	LPB 450	LPB 600	LPB 800	LPB 1000	LPB 1200	LPB 1500	LPB 1700
Расход воды, Q, не более, л/с	5,5	12	22	33	50	80	104
H, мм	2910	2910	4010	4010	4010	4010	4010
H ₁ , мм	2550	2550	3610	3610	3610	3610	3610
H ₂ , мм	2450	2450	3450	3450	3450	3450	3450
D, D ₁ , мм	160	200	200	250	250	315	315
D ₂ , мм	700	1100	1400	1600	2000	2300	2500
D ₃ , мм	450	600	800	1000	1200	1500	1700
Запас песка, м ³	0,06	0,10	0,26	0,39	0,75	0,94	0,94
Глубина аккумулирующего пространства, мм	600	600	750	750	800	800	800
Масса, не более, кг	50	70	105	125	140	160	185

Таблица 6

Основные показатели типовых аэрируемых песколовок

Номер типового проекта 902-2-...	Пропуск- ная способ- ность, тыс. м ³ /сут	Число отделе- ний	Размеры, м			Отно- шения В/Н	Расход воздуха на аэрацию, м ³ /ч, при интенсивности 3 м ³ /м ² ·ч
			ширина отделения, В	глубина, Н	длина, L		
-	70	2	3,0	2,1	12	1,34	200
...284	100	3	3,0	2,1	12	1,34	300
-	140	2	4,5	2,8	18	1,5	460
...286	200	3	4,5	2,8	18	1,5	690
...287	280	4	4,5	2,8	18	1,5	920

Таблица 7

Основные параметры горизонтальных отстойников

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

Таблица 8

Основные параметры вертикальных отстойников
с выпуском через центральную трубу

Номер типового проекта 902-2-	Материал	Диаметр, м	Строительная высота, м		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5ч
			цилиндрической части	конической части	
..-19	Монолитный железобетон	4	4,1	1,8	31
..-20		6	4,1	2,8	69,5
..-165	Сборный железобетон	6	4,2	3,3	69,5
..-166		9	4,2	5,1	156,5

Таблица 9

Основные параметры радиальных отстойников

Диаметр, м	Глубина зоны отстаивания, м	Расчетный объем зоны, м ²		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5ч
		осадка	отстойной	
18	3,1	120	788	550
24	3,1	210	1400	930
30	3,1	340	2190	1460
40	3,65	710	4580	3054
50	4,7	1180	9220	6150
54	5,7	1370	10500	7000

Основные параметры открытых гидроциклонов

Показатель	Гидроциклон		
	без внутренних устройств	с диафрагмой	с диафрагмой и цилиндрической перегородкой
Диаметр цилиндрической части D , м	2-10	2-6	2-6
Высота цилиндрической части $H_{ц}$, м	D	D	D
Угол наклона конической части, град	60	60	60
Диаметр водосливного лотка, D_1 , м	$D+1$	$D+1$	$D+1$
Высота водослива h , м	0,5	0,5	0,5
Диаметр впускного патрубка $d_{пит}$, м	$0,07D$	$0,05D$	$0,05D$
Число впусков	2	2	2
Диаметр водослива, D_2 , м	$D+0,2$	$D+0,2$	$D+0,2$
Высота лотка h_1 , м	-	0,7	-
Угол конуса диафрагмы, град	-	45	-
Диаметр отверстия в диафрагме, D_3 , м	-	$0,5D$	$0,5D$
Диаметр цилиндра D_4 , м	-	-	$0,85D$
Высота цилиндра $H_{цв}$, м	-	-	$0,8D$
Высота конуса H , м	-	-	$0,1D$

Таблица 11

Основные параметры напорных гидроциклонов

На именование Конструктивного элемента	Единица измерения	Тип гидроциклона по рис.				
		7, а	7, б	7, в	8	9
Диаметр аппарата	м	2-10	2-6	2-6	2-6	2-6
Высота цилиндрической части H	доля от D_{hc}	$D_{hc} c$	D_{hc}	$D_{hc} +0,5$	-	-
Размер впускного патрубка	»	0,07	0,05	0,05	Определяется по скорости входа	
Количество впусков n_l	шт.	2	2	2	3	3
Угол конической части α	град	60	60	60	60	60
Угол конуса диафрагм β	»	-	90	90	90-60	90-60
Диаметр центрального отверстия в диафрагме d_1	доля от D_{hc}	-	0,5	0,5	0,6-1,4 м	0,9-1,6 м
						0,6-1,0
Диаметр внутреннего цилиндра D_1	то же	-	-	0,88	-	-
Высота внутреннего цилиндра H_1	»	-	-	1,0	-	-
Высота водосливной стенки над диафрагмой H_2	м	-	0,5	0,5	-	-
Диаметр водосливной стен, D_2	в долях от D_{hc}	D_{hc}	$D_{hc} +0,2$	$D_{hc} +0,2$	$D_{hc} +0,2$	$D_{hc} +0,2$
Диаметр полупогруженной кольцевой перегородки D_3	То же	$D_{hc} -0,2$	D_{hc}	D_{hc}	D_{hc}	D_{hc}
Высота ярусов h_{ti}	м	-	-	-	0,1-0,25	0,1-0,2
Число ярусов n_{ti}	шт.	-	-	-	4-20	4-20
Зазор между корпусом и диафрагмой ΔD	м	-	0	0	0,05-0,07	0,1-0,15
Ширина шламоотводящей щели b	г	-	-	-	0,1-0,15	-
Скорость потока на входе в аппарат u_{bn} ,	м/с	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,4	0,3-0,4
Скорость потока на входе в раструб выпуска $u_{вых}$	»	-	-	-	$\leq 0,1$	-
Количество выпусков из яруса n_3	шт.	-	-	-	3	-

Напорные гидроциклоны опытно-экспериментального завода Дзержинского

Наименование узлов и деталей. Технические параметры	Размеры основных узлов и деталей									
	тип гидроциклонов									
	ГН-25	ГН-40	ГН-60	ГН-80	ГНС-100	ГНС-125	ГНС-160	ГНС-200	ГНС-250	ГНС-320
Диаметр: цилиндрической части $D_{\text{цс}}$, мм	25	40	60	80	100	125	160	200	250	320
питающего патрубка $d_{\text{еп}}$, мм	4, 6, 8	6, 8, 12	8, 12, 16	10, 12, 16, 20	12, 16, 20, 25	16, 25, 32, 40	20, 25, 32, 40, 50	25, 32, 40, 50, 60	32, 40, 50, 60, 80	40, 50, 60, 80, 100, 125, 160
сливного патрубка $d_{\text{сл}}$, мм	5, 8, 12	8, 12, 16	12, 16, 20	16, 20, 32	20, 32, 40	25, 32, 40, 50	32, 40, 50, 60	40, 50, 60, 80, 100, 125, 160, 200	50, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500	60, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 600, 800, 1000
шламового патрубка $d_{\text{шл}}$, мм	3, 4, 5	4, 5, 6	5, 6, 8	6, 8, 10, 12	8, 10, 12, 16	8, 10, 12, 16	10, 12, 16, 20, 25	12, 16, 20, 25	16, 20, 25, 32, 40	20, 25, 32, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 600, 800, 1000
Угол конусности конической части α , град	5, 10, 15	5, 10, 15	5, 10, 15, 20	5, 10, 15, 20	10, 15, 20	10, 15, 20	10, 15, 20	10, 15, 20, 30	10, 15, 20, 30	15, 20, 30, 45
Высота цилиндрической части $H_{\text{ц}}$, мм	25, 50, 75, 100	40, 80, 60, 120, 160	60, 120, 180, 240	80, 100, 240, 320	100, 200, 300, 400	125, 250, 375	100, 320, 480	200, 400, 600	250, 500, 750	320, 500, 750, 1000
Глубина погружения сливного патрубка $H_{\text{г}}$, мм	10, 16, 25	16, 25, 32	25, 32, 40	32, 40, 64	40, 64, 80	50, 64, 80, 100	61, 80, 100, 120	80, 100, 120, 160	120, 160, 200, 250	160, 200, 250, 320, 400, 500, 600, 800, 1000
Объемная производительность $Q_{\text{в}}$ при $P_{\text{ен}} = 0,1$ МПа	0,3-1,1	0,6-2,2	1,1-3,7	1,8-6,4	2,7-10,1	4,4-21,1	6,7-31,8	10,2-47,4	10,3-78,7	21,05-117,3
Граничная крупность разделения $\delta_{\text{гр}}$, мкм	2,3-64	2,3-84,9	3,4-92,9	4,3-103,0	6,1-150	6,6-311	8,9-330,8	10,5-342	12,5-413,3	15,3-685,5

* ГНС - со сборными элементами рабочей камеры. ГН - гидроциклон напорный с монолитными элементами.

Таблица 13

Основные параметры осадительных центрифуг

Марка	Примерная производительность по суспензии, м ³ /ч	Наибольший внутренний диаметр, мм	Наибольшее число оборотов, мин	Наибольший фактор разделения по наибольшему диаметру, Fr	Отношение длины ротора к диаметру	Мощность электроприводов, кВт	Габариты, м (длина, ширина, высота)	Масса установки общая, кг
ОГШ-352К-6	3-5	350	4000	3140	1,8	20	2,38;1,59;1,03	1830
ОГШ-352К-1	1-3	350	4000	3140	1,8	7,5	1,63;1,09;0,72	950
ОГШ-501К-6	7-10	500	2650	2000	1,8	30	2,59;2,2;1,08	3430
ОГШ-631К-2	35	630	2000	1415	3,76	100	4,53;2,78;1,43	10118
ОГШ-802К-7	15-20	800	1850	1500	2,2	100	4,98;2,94;2,36	14500

Таблица 14

Основные параметры осадительных центрифуг периодического действия

Марка	Внутренний диаметр ротора, мм	Рабочая высота ротора, мм	Рабочая емкость ротора, л	Предельная загрузка, кг	Наибольшее число оборотов, мин	Фактор разделения, Fr	Мощность электроприводов, кВт	Габариты, м (длина, ширина, высота)
ОТР-10	105	-	6	10	15000	13000	1,7	0,8;0,64;1,68
ОТР-15	150	-	11,8	20	13500	15000	7	1,13;0,59;1,96
ОМД-802К, Г-4	800	400	80	180	1250	700	4	1,75;1,25;1,11
ОМД-1202К, Г-2	1200	500	250	375	950	605	7	2,12;1,8;1,18
20ГН-2201У-1	2200	-	270	3500	600	445	127,2	6,4;5;5,23

Таблица 15

Основные параметры горизонтальной нефтеловушки

Номер типового проекта 902-2-...	Глубина проточной части, м	Строительные размеры секций, м			Число секций	Пропускная способность, м ³ /ч
		ширина	длина	высота		
...-157	1,2	2	12	2,4 и 3,6	1	18
...-158	1,2	2	12		2	36
...-159	1,25	3	18		2	72
...-160	1,5	3	24		2	108
...-161	2	3	30		2	162
...-2	2	6	36	2,4	2	396
...-17					3	594
...-18					4	792

Таблица 16

Присоединительные размеры (мм) ионообменных параллельноточных фильтров первой ступени
(водородных и натриевых с $H_{\text{сд}} = 2500 \text{ мм}$)

Диаметр фильтра, D	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	L	L ₁	L ₂	L ₃			
2000	4930	730	245	490	1510	3910	4535	990	885	680	975	755			
2600	5205	775	275	520	1670	4000	4805	1100	1400	1210	970	665			
3000	5470	875	380	625	1850	4180	5070	1085	1740	1555	870	555			
3400	5740	890	295	615	1940	4275	5230	1550	1900	1640	1245	930			
Диаметр фильтра, D	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	d	d _к			
2000	745	885	270	570	1170	200	750	1170	1010	1000	159	160			
2600	645	810	270	670	1430	225	1000	1480	1495	1485	159	160			
3000	510	700	405	855	1700	225	1175	1680	1835	1815	159	160			
3400	880	1095	465	915	1895	225	1375	1900	1900	1900	219	225			
Диаметр фильтра, D	d ₁	D _к	Dy ¹	Dy ² Dy ³	a ⁰	a ₁ ⁰	a ₂ ⁰	a ₃ ⁰	M	a	S	S ₁			
2000	89	150	80	80	45	67	48	17	1400	290	10	8			
2600	108	150	80	100	30	50	60	15	1600	370	12	10			
3000	108	150	100	100	22	47	63	18	2000	420	12	10			
3400	108	200	100	100	30	60	90	16	2000	490	14	12			
Диаметр фильтра, D	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
1000	3598	482	230	862	213	340	1130	2890	3380	206	83	588	524	567	317
1500	3928	574	272	1004	264	416	1310	3070	3664	863	727	666	468	604	472
Диаметр фильтра, D	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	D _к	D ₂	d _к	a ⁰	a ₁ ⁰	a ₂ ⁰	a ₃ ⁰	a	S
1000	567	654	125	252	674	323	1016	720	50	70	80	20	23	160	8
1500	772	874	150	452	904	923	1520	1000	80	35	65	65	15	220	10

Таблица 17

Присоединительные размеры (мм) ионообменных параллельноточных фильтров второй ступени
(водородных и натриевых с Нсл = 1500 мм)

Диаметр фильтра, D	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄		
2000	3630	1175	680	245	490	1510	2610	3235	660	885	1010	1000	990		
2600	4015	1060	780	195	520	1660	2700	3505	1170	1400	1512	1480	1000		
3000	4385	1095	805	225	625	1850	2880	3775	1515	1705	1805	1775	920		
Диаметр фильтра, D	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	d	d ₁	d _к	d _в		
2000	730	750	885	270	570	790	1170	200	1170	159	89	159	160		
2600	615	665	810	270	670	900	1500	225	1430	219	108	219	225		
3000	470	540	690	385	835	1150	1730	250	1700	273	108	219	225		
Диаметр фильтра, D	D _у	D _р	D _с	D _в	a ⁰	a ₁ ⁰	a ₂ ⁰	a ₃ ⁰	M	a	S	S ₁	S ₁		
2000	150	80	80	80	45	65	50	17	1400	290	10	10	8		
2600	200	80	100	100	30	50	61	15	1600	370	12	12	10		
3000	250	100	100	100	22	40	65	18	2000	420	12	12	10		
Диаметр фильтра, D	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
1000	2933	491	187	821	186	338	1130	2170	2662	213	65	535	535	586	317
1500	3314	612	160	872	185	412	1310	2350	2948	863	659	400	445	604	472
Диаметр фильтра, D	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	D _н	D ₂	d _у	d _у ¹	a ₃ ⁰	a	S	S ₁
1000	567	654	150	302	704	354	354	1016	720	80	50	70	80	8	8
1500	772	894	175	452	979	937	958	1520	1000	125	80	35	65	10	8

СОДЕРЖАНИЕ

1. Расчет решеток.....	3
2. Расчет песколовок.....	8
3. Расчет отстойников	17
4. Расчет гидроциклонов и центрифуг.....	26
5. Расчет фильтров с зернистой загрузкой.....	29
6. Расчет нефтеловушек с тонкослойными блоками.....	42
7. Расчет сооружений для ионообменной очистки воды.....	46
Библиографический список	52
Приложения.	53