

МОДУЛЬ 2

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГИДРОСФЕРЫ

Задание № 3. Расчет решеток для очистки сточных вод

Цель работы – изучить методику и произвести расчет решеток для очистки сточных вод.

Основные теоретические сведения

Нормы проектирования для вновь строящихся и реконструируемых систем наружной канализации постоянного назначения городских и близких к ним по составу производственных сточных вод, а также дождевой канализации устанавливает СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» [6].

При расчете решеток (рис. 3.1) для поверхностных сточных вод определяют их размеры и потери напора при прохождении стока через решетку.

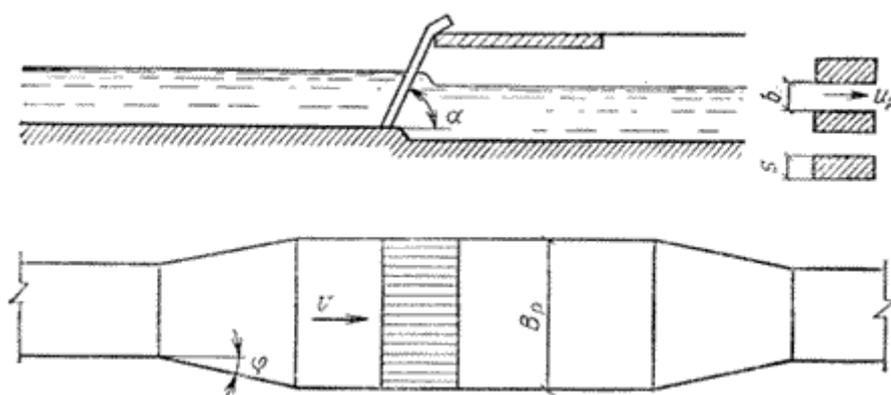


Рис. 3.1. Схема решетки для очистки сточных вод

Величину расхода стоков q , м³/с, определяют по формуле

$$q = \omega v_p = b n h_1 v_p, \quad (3.1)$$

где ω – площадь живого сечения решетки, м^2 ; v_p – заданная скорость движения через решетку, принимаемая равной 0,8–1 м/с; b – ширина прозоров решетки, м; n – число прозоров решетки, шт.; h_1 – глубина потока воды, м.

Прозоры решеток (размеры отверстий сит) должны быть не более 16 мм. Рекомендуется использовать решетки с прозорами не более 10 мм. Допускается, в зависимости от принимаемой технологической схемы очистных сооружений, применение решеток (сит) с меньшими прозорами, процеживателей, измельчителей, двухступенчатых схем процеживания (грубые и тонкие решетки) и т. п.

Для решеток с ручной очисткой $h_1 = 1$ м; с механизированной очисткой – $h_1 = 1,2–3$ м.

Число прозоров решетки:

$$n = k \frac{q}{bh_1v_p} \quad (3.2)$$

где k – коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями и задержанными загрязнениями ($k = 1,05$).

Общая ширина решеток, м:

$$B_p = b \cdot n + S \cdot (n - 1), \quad (3.3)$$

где S – толщина стержней, м.

Затем принимается число решеток N и ширина B_1 каждой из них:

$$\begin{aligned} B_1 &= B_p / N, \\ N &= B_p / B_1. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Потери напора в решетках равны

$$h_m = p \cdot \xi \cdot v^2 / 2g, \quad (3.5)$$

где p – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки, принимается $p \approx 3$; v – скорость движения воды в камере перед решеткой, $v = 0,7–0,8$ м/с; g – ускорение свободного падения, $g = 9,8$ м/с²; ξ – коэффициент местного сопротивления решетки, зависит от формы стержней и определяется по формуле

$$\xi = \beta \cdot (S/b)^{4/3} \cdot \sin \alpha, \quad (3.6)$$

где $\alpha = 60–70$ ° – угол установки решетки к горизонту; β – коэффициент,

равный для прямоугольных стержней $\beta = 2,42$, для круглых стержней $\beta = 1,72$.

Количество плавающего мусора на 1000 га в среднем составляет для дождевых и поливочных вод $0,2 \text{ м}^3$, а для талых вод – $0,3 \text{ м}^3$.

Методика расчета решеток применима и для промышленных сточных вод, содержащих нефтепродукты и механические загрязнения.

Пример расчета

Рассчитать параметры решетки для очистки сточных вод, если известно, что средний расход стоков на объекте $q = 50 \text{ л/с} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$. Чистка решеток осуществляется ручным способом, стержни каждой решетки прямоугольного сечения с толщиной 8 мм, угол установки решеток к горизонту – 60° .

Число прозоров решетки определим по формуле (3.2):

$$n = 1,05 \cdot 0,05 / (0,016 \cdot 1 \cdot 0,8) = 4,1.$$

Принимаем число прозоров – 5.

Общая ширина решеток (3.3) равна

$$B_p = 0,016 \cdot 5 + 0,008 \cdot 4 = 0,112 \text{ м}.$$

Ширина каждой из решеток ($N = 1$) будет равна (3.4):

$$B_1 = 0,112 / 1 = 0,112 \text{ м}.$$

Коэффициент местного сопротивления решетки (3.6) равен

$$\xi = 2,42 \cdot (0,008 / 0,016)^{4/3} \cdot 0,866 = 0,83$$

Потери напора в решетках равны (3.5):

$$h_m = 3 \cdot 0,83 \cdot 0,7^2 / (2 \cdot 9,8) = 0,062 \text{ м}.$$

Алгоритм выполнения практической работы

1. Изучить теоретические сведения и пример по методике расчета решеток для очистки сточных вод, которые представлены в методических указаниях к работе.

2. Выбрать вариант задания к работе (табл. 3.1). Номер варианта выбирается студентами по первым двум буквам фамилии (табл. 3.2).

3. Произвести необходимые расчеты.

4. Составить отчет по практической работе в соответствии с требованиями (прил. А).

5. Ответить на вопросы самоконтроля.

Таблица 3.1

№ варианта	Средний расход стоков на объекте q , л/с	Угол установки решеток к горизонту α , °	Толщина стержней решетки S , мм	Форма стержней решетки	Очистка решеток
1.	50	60	6	круглая	ручная
2.	60	65	8	прямоуг.	механич.
3.	70	70	10	круглая	ручная
4.	80	60	6	прямоуг.	механич.
5.	90	65	8	круглая	ручная
6.	100	70	10	прямоуг.	механич.
7.	110	60	6	круглая	ручная
8.	120	65	8	прямоуг.	механич.
9.	130	70	10	круглая	ручная
10.	140	60	12	прямоуг.	механич.
11.	150	65	14	круглая	ручная
12.	160	70	16	прямоуг.	механич.
13.	170	60	18	круглая	ручная
14.	180	65	20	прямоуг.	механич.
15.	190	70	10	круглая	ручная
16.	200	60	12	прямоуг.	механич.
17.	210	65	14	круглая	ручная
18.	220	70	16	прямоуг.	механич.
19.	230	60	18	круглая	ручная
20.	240	65	20	прямоуг.	механич.
21.	250	60	6	прямоуг.	механич.
22.	50	65	8	круглая	ручная
23.	60	70	10	прямоуг.	механич.

№ варианта	Средний расход стоков на объекте q, л/с	Угол установки решеток к горизонту α, °	Толщина стержней решетки S, мм	Форма стержней решетки	Очистка решеток
24.	70	60	6	круглая	ручная
25.	80	65	8	прямоуг.	механич.
26.	90	70	10	круглая	ручная
27.	100	60	6	прямоуг.	механич.
28.	110	65	8	круглая	ручная
29.	120	70	10	прямоуг.	механич.
30.	130	60	12	круглая	ручная
31.	140	65	14	прямоуг.	механич.
32.	150	70	16	круглая	ручная
33.	160	60	18	прямоуг.	механич.
34.	170	65	20	круглая	ручная
35.	180	70	10	прямоуг.	механич.
36.	190	60	12	круглая	ручная
37.	200	65	14	прямоуг.	механич.
38.	210	70	16	круглая	ручная
39.	220	60	18	прямоуг.	механич.
40.	230	65	20	круглая	ручная
41.	240	60	14	прямоуг.	механич.
42.	250	65	16	круглая	ручная
43.	100	70	18	прямоуг.	механич.
44.	110	60	20	круглая	ручная
45.	120	65	10	прямоуг.	механич.
46.	130	70	12	круглая	ручная
47.	140	60	14	прямоуг.	механич.
48.	150	65	16	круглая	ручная
49.	160	70	18	прямоуг.	механич.
50.	170	60	20	круглая	ручная

Выбор варианта

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Аа-Ак	1	Ма-Мл	21
Ал-Ая	2	Мк-Мя	22
Ба-Бк	3	На-Нл	23
Бл-Бя	4	Нм-Ня	24
Ва-Вк	5	Оа-Ок	25
Вл-Вя	6	Ол-Оя	26
Га-Гк	7	Па-Пк	27
Гл-Гя	8	Пл-Пя	28
Да-Дк	9	Ра-Рк	29
Дл-Дя	10	Рл-Ря	30
Еа-Ея	11	Са-Ск	31
Ёа-Ёя	12	Сл-Ся	32
Жа-Жя	13	Та-Тк	33
За-Зя	14	Тл-Тя	34
Иа-Ик	15	Уа-Ул	35
Ил-Ия	16	Ум-Уя	36
Ка-Кл	17	Фа-Фя	37
Км-Кя	18	Ха-Хя	38
Ла-Лк	19	Ца-Ця	39
Лл-Ля	20	Ча-Чя	40

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Ша-Шл	41	Эл-Эя	46
Шм-Шя	42	Юа-Юл	47
Ща-Щл	43	Юм-Юя	48
Щм-Щя	44	Яа-Ял	49
Эа-Эк	45	Ям-Яя	50

Вопросы самоконтроля

1. Для очистки каких сточных вод могут применяться решетки?
2. От чего зависят потери напора воды в решетках?
3. Назовите основные расчетные параметры решеток.

Задание № 4. Расчет песколовков для очистки сточных вод

Цель работы – ознакомиться с методикой и рассчитать параметры песколовков для очистки сточных вод/

Основные теоретические сведения

Нормы проектирования для вновь строящихся и реконструируемых систем наружной канализации постоянного назначения городских и близких к ним по составу производственных сточных вод, а также дождевой канализации устанавливает СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» [6].

Для очистки поверхностного стока наиболее целесообразно применять горизонтальные или тангенциальные песколовки.

В *горизонтальных песколовках* (рис. 4.1) сточная вода поступает в прямоугольную емкость и перемещается вдоль нее, при этом песок оседает под действием силы тяжести по всей длине емкости. Очищенная от песка вода переливается через поперечную перегородку в карман чистой воды и отводится на последующие стадии очистки по трубопроводу. Осевший на дно песок собирается скребками в бункер для сбора и удаления песка и периодически отводится на обезвоживание.

Длину *горизонтальных песколовков* L , м, рекомендуется определять по формуле

$$L = 1000 \cdot k \cdot h_p \cdot v / u_0, \quad (4.1)$$

где $k = 1,7$ – коэффициент, учитывающий неполное использование зоны отстаивания; h_p – расчетная глубина песколовки, принимается в диапазоне от 0,5 до 2 м; v – скорость движения сточных вод, при максимальном притоке $v_{\text{макс}} = 0,3$ м/с; u_0 – гидравлическая крупность частиц песка (средняя скорость осаждения частиц песка заданной крупности), на задержание которых рассчитывается песколовка, мм/с.

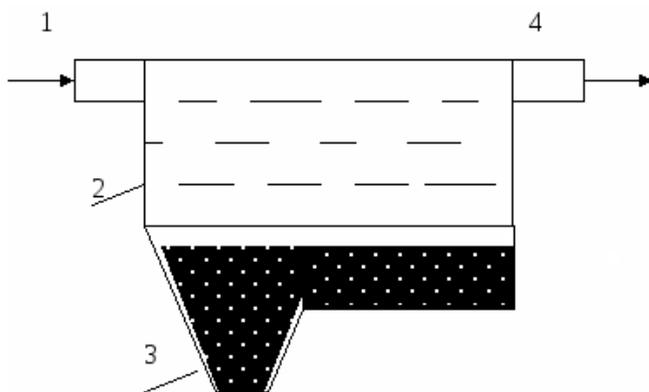


Рис. 4.1. Горизонтальная песколовка: 1 – входной патрубок, 2 – корпус, 3 – шламосборник, 4 – выходной патрубок

Площадь живого сечения песколовки F определяется из уравнения неразрывности струи:

$$q = F \cdot v_{\text{макс}}, \quad (4.2)$$

$$F = q / v_{\text{макс}}, \quad (4.3)$$

где q – максимальный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{макс}}$ – максимальная скорость движения сточных вод, $\text{м}/\text{с}$, откуда определяют ширину песколовки B , м :

$$B = F / h_p. \quad (4.4)$$

При нескольких отделениях песколовки ширина одного отделения, м :

$$b = B / n, \quad (4.5)$$

где n – количество песколовок или их отделений.

Ширина отделений обычно принимается от 0,5 до 2 м.

Для определения высоты слоя осадка, задерживаемого в песколовке ($h_{\text{ос}}$), устанавливается общий объем задержанного осадка $W_{\text{ос}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$W_{\text{ос}} = q \cdot C_0 \cdot 0,15 / [(100 - w) \cdot v \cdot 10^4], \quad (4.6)$$

где C_0 – концентрация взвешенных веществ в поступающем стоке, $\text{мг}/\text{л}$. w – влажность осадка, % (60–70 %); v – плотность осадка, $\text{г}/\text{см}^3$ (1,2–1,5 $\text{г}/\text{см}^3$).

Обычно число суток между чистками песколовки принимается $N = 0,5 \dots 2$ суток.

Толщина осажденного слоя между чистками, м , равна

$$h_{\text{ос}} = 24 W_{\text{ос}} \cdot N / (L \cdot B). \quad (4.7)$$

Общая строительная глубина песколовки, м, определяется по формуле

$$H = h_6 + h_p + h_{oc}, \quad (4.8)$$

где h_6 – высота бортов над уровнем воды в песколовке (принимается 0,2–0,4 м).

Время протекания сточных вод в песколовке, с, определяется из уравнения

$$t = L/v_{\max}. \quad (4.9)$$

Продолжительность протекания сточных вод в горизонтальной песколовке должна быть не менее 30 с.

В *тангенциальных песколовках* (рис. 4.2) сточная вода поступает в проточную зону конусообразной емкости и перемещается по кругу вдоль ее стенок за счет движения перемешивающего устройства. Песок сползает по стенкам конусообразной емкости и поступает в узел промывки. Отделенная от песка сточная вода по отводящему патрубку направляется на последующие стадии очистки.

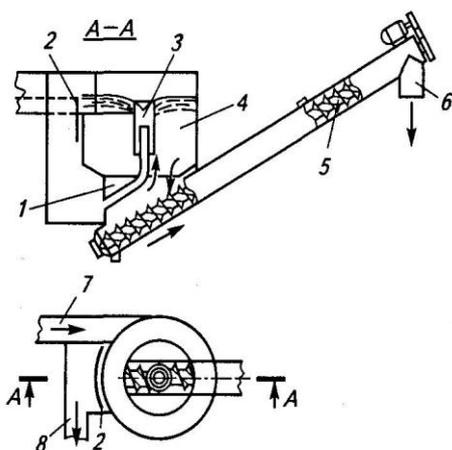


Рис. 4.2. Тангенциальная песколовка: 1 – осадочная часть; 2 – подвижный водослив; 3 – телескопическая труба; 4 – рабочая часть; 5 – шнек; 6 – отвод песка; 7 – подающий лоток; 8 – отводящий лоток

Расчет *тангенциальных песколовок* осуществляется по гидравлической нагрузке на поверхность песколовки в плане.

Необходимая площадь песколовки в плане, m^2 , определяется по формуле

$$F = Q/q_0, \quad (4.10)$$

где Q – расчетный расход сточных вод, м³/ч; q_0 – расчетная гидравлическая нагрузка, м³/(м²·ч).

Расчетная гидравлическая нагрузка на поверхность тангенциальных песколовков в плане рекомендуется принимать в пределах 90–130 м³/(м²·ч), на маленьких очистных станциях – 60–80 м³/(м²·ч). По СП 32.13330.2012 расчет тангенциальных песколовков рекомендуется осуществлять по гидравлической нагрузке 110 м³/(м²·ч).

Диаметр песколовки, м, должен составлять:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}}, \quad (4.11)$$

где N – количество песколовков (не менее двух).

Диаметр тангенциальных песколовков не должен превышать 6 м, а рабочая глубина принимается не большей величины радиуса.

Для подсушивания песка, поступающего из песколовков, необходимо предусматривать площадки с ограждающими валиками высотой 1-2 м. Допускается применять накопители со слоем напуска песка до 3 м в год. Удаляемую с песковых площадок воду необходимо направлять в начало очистных сооружений.

Расчетная площадь песковых площадок, м², составляет:

$$F_{\text{пп}} = W_{\text{ос год}}/q_{\text{пп}}, \quad (4.12)$$

где $W_{\text{ос год}}$ – общий объем задержанного осадка, м³/год; $q_{\text{пп}}$ – нагрузка на песковые площадки, предусматривается 3 м³/м² в год.

При повышении расчетного расхода поверхностного стока для предупреждения нарушения режима работы песколовки (выноса песка) предусматривается обводной канал отвода воды, превышающей расчетный расход, на последующие сооружения, например, аккумулирующую емкость.

При применении песколовков для очистки сточных вод (поверхностных, промышленных и т. д.) необходимо определять их тип с учетом производительности очистных сооружений, схемы очистки сточных вод,

характеристики взвешенных веществ и т. п.

Пример расчета

Рассчитать параметры горизонтальной песколовки, если расчетная глубина песколовки h_p должна быть 0,5 м, гидравлическая крупность частиц песка, на задержание которых рассчитывается песколовка, $u_0 = 18$ мм/с, максимальный расход сточных вод на объекте $q = 0,1$ м³/с, концентрация взвешенных веществ в поступающем стоке $C_0 = 800$ мг/л.

Длину *горизонтальной песколовки* определим по формуле (4.1):

$$L = 1000 \cdot 1,7 \cdot 0,5 \cdot 0,3 / 18 = 14,17 \text{ м.}$$

Время протекания сточных вод в песколовке (4.9), с, равно

$$t = 14,17 / 0,3 = 47,22,$$

что, согласно требованиям, составляет не менее 30 с.

Площадь живого сечения песколовки (4.2) определяется:

$$F = 0,1 / 0,3 = 0,33 \text{ м}^2.$$

Определяем ширину песколовки (4.4):

$$B = 0,33 / 0,5 = 0,66 \text{ м.}$$

Если ширина одного отделения составляет 0,66 м, то согласно (4.5) число отделений песколовки $n = 1$.

Устанавливаем общий объем задержанного осадка (4.6):

$$W_{oc} = 0,1 \cdot 60^2 \cdot 800 \cdot 0,15 / [(100 - 65) \cdot 1,2 \cdot 10^4] = 102,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ч}$$

Толщина осажденного слоя (4.7) за 2 суток равна

$$h_{oc} = 24 \cdot 2 \cdot 102,85 \cdot 10^{-3} / (14,17 \cdot 0,66) = 0,528 \text{ м.}$$

Общая строительная глубина песколовки (4.8)

$$H = 0,3 + 0,528 + 1 = 1,828 \text{ м.}$$

Алгоритм выполнения практической работы

1. Изучить теоретические сведения по методике расчета песколовок для очистки сточных вод, представленные в указаниях к данной работе.
2. Выбрать вариант задания к работе (табл. 4.1). Номер варианта

выбирается студентами по первым двум буквам его фамилии (табл. 4.2).

3. Произвести необходимые расчеты.
4. Составить отчет о практической работе в соответствии с требованиями (прил. А)
5. Ответить на вопросы самоконтроля.

Таблица 4.1

№ варианта	Максимальный расход сточных вод q , м ³ /с	Гидравлическая крупность частиц песка u_0 , мм/с	Концентрация взвешенных веществ в стоке C_0 , мг/л
1.	0,15	15	500
2.	0,20	16	550
3.	0,25	17	600
4.	0,30	18	650
5.	0,35	19	700
6.	0,40	20	750
7.	0,45	15	800
8.	0,50	16	850
9.	0,55	17	900
10.	0,60	18	950
11.	0,65	19	1000
12.	0,70	20	500
13.	0,75	15	550
14.	0,80	16	600
15.	0,85	17	650
16.	0,90	18	700
17.	0,1	19	750
18.	0,15	20	800
19.	0,2	15	850
20.	0,25	16	900
21.	0,15	17	950

22.	0,2	18	1000
23.	0,25	19	500
24.	0,30	20	550
25.	0,35	15	600
26.	0,40	16	650
27.	0,45	17	700
28.	0,50	18	750
29.	0,55	19	800
30.	0,60	20	850
31.	0,65	15	900
32.	0,70	16	950
33.	0,75	17	1000
34.	0,80	18	500
35.	0,85	19	550
36.	0,90	20	600
37.	0,1	15	650
38.	0,15	16	700
39.	0,2	17	750
40.	0,25	18	800
41.	0,5	19	850
42.	0,7	20	900
43.	0,075	15	950
44.	0,8	16	1000
45.	0,85	17	500
46.	0,9	18	550
47.	0,1	19	600
48.	0,15	20	650
49.	0,2	15	700
50.	0,25	16	750

Таблица 4.2

Выбор варианта

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Аа-Ак	1	Ма-Мл	21
Ал-Ая	2	Мк-Мя	22
Ба-Бк	3	На-Нл	23
Бл-Бя	4	Нм-Ня	24
Ва-Вк	5	Оа-Ок	25
Вл-Вя	6	Ол-Оя	26
Га-Гк	7	Па-Пк	27
Гл-Гя	8	Пл-Пя	28
Да-Дк	9	Ра-Рк	29
Дл-Дя	10	Рл-Ря	30
Еа-Ея	11	Са-Ск	31
Ёа-Ёя	12	Сл-Ся	32
Жа-Жя	13	Та-Тк	33
За-Зя	14	Тл-Тя	34
Иа-Ик	15	Уа-Ул	35
Ил-Ия	16	Ум-Уя	36
Ка-Кл	17	Фа-Фя	37
Км-Кя	18	Ха-Хя	38
Ла-Лк	19	Ца-Ця	39
Лл-Ля	20	Ча-Чя	40

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Ша-Шл	41	Эл-Эя	46
Шм-Шя	42	Юа-Юл	47
Ща-Щл	43	Юм-Юя	48
Щм-Щя	44	Яа-Ял	49
Эа-Эк	45	Ям-Яя	50

Вопросы самоконтроля

1. Какие типы песколовков могут применяться для очистки сточных вод?
2. Назовите принцип расчета горизонтальной песколовки.
3. Какой тип песколовки рассчитывается по гидравлической нагрузке?
4. Как определяется площадь песковых площадок?

Задание № 5. Расчет аккумулирующей емкости для очистки сточных вод

Цель работы – ознакомиться с методикой и рассчитать параметры аккумулирующей емкости для очистки сточных вод.

Основные теоретические сведения

Нормы проектирования для вновь строящихся и реконструируемых систем наружной канализации постоянного назначения городских и близких к ним по составу производственных сточных вод, а также дождевой канализации устанавливает СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» [6].

При накоплении стока в аккумулирующей емкости происходит усреднение его состава, а при последующем выдерживании перед опорожнением – удаление из стока основной массы нерастворенных примесей.

Годовое количество дождевых w_d и талых w_t вод, м³, стекающих с 1 га площади водосбора, определяется по формулам:

$$w_d = 10 \cdot h_d \cdot \psi_d; \quad (5.1)$$

$$w_t = 10 \cdot h_t \cdot \psi_t, \quad (5.2)$$

где h_d – слой осадков за теплый период года, мм; h_t – слой осадков за холодный период года (определяет общее годовое количество талых вод) или запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния (определяет количество талых вод в весеннее половодье), мм; ψ_d , ψ_t – общие коэффициенты стока дождевых и талых вод соответственно. Значение $\psi_t = 0,5 \dots 0,7$, а ψ_d определяется как средневзвешенная величина для всей площади водосбора с учетом средних значений коэффициентов стока для различного рода поверхности (последние могут приниматься для водонепроницаемых покрытий в пределах 0,6–0,8, для грунтовых поверхностей – 0,2, для газонов – 0,1).

Рабочий объем аккумулирующей емкости W_d , м³, для однократного дождевого стока определяется по формуле

$$W_d = 10 \cdot h_d \cdot \psi_d \cdot F; \quad (5.3)$$

где h_d – максимальный слой осадков за один дождь, стекающих с 1 га площади водосбора, мм, сток от которого аккумулируется в полном объеме, для промпредприятий первой группы принимается $h_d = 10 \dots 15$ мм, а для промпредприятий второй группы равна среднему суточному максимуму осадков; ψ_d – общий коэффициент стока дождевых вод, $\psi_d = 0,1 \dots 0,8$; F – площадь предприятия, га.

Аналогично (согласно (5.2) и (5.3)) определяется рабочий объем аккумулирующей емкости для однократного талого стока, величины $h_T = 25 \dots 30$ мм, $\psi_T = 0,5 \dots 0,7$.

Общее количество поливомоечных вод W_m , м³, стекающих с территории промплощадок за период оттаивания (1-2 суток), определяется по формуле

$$W_m = 10 \cdot m \cdot k \cdot F_m \cdot \psi_m; \quad (5.4)$$

где m – расход воды на одну мойку дорожных покрытий, $m = 1,2 \dots 1,5$ л/м²); ψ_m – коэффициент стока (может быть принят 0,5); k – среднее количество моек за период оттаивания; F_m – площадь покрытий, подвергающихся мокрой уборке, га.

Средняя продолжительность сухой погоды при слое осадков ≥ 5 мм составляет до 10 суток.

В зависимости от состава примесей, накапливающихся на территории промплощадок и смываемых поверхностным стоком, промышленные предприятия и отдельные его участки можно разделить на две группы.

К *первой группе* относятся предприятия черной металлургии (за исключением коксохимпроизводства), машино- и приборостроительной, электротехнической, угольной, нефтяной, легкой, хлебопродуктовой, молочной, пищевой промышленности, серной и содовой подотраслей химической промышленности, энергетики, автотранспортные предприятия, речные порты, ремонтные заводы, а также отдельные производства нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий, на территорию которых не попадают специфические загрязнения.

Средние концентрации основных примесей в стоке дождевых вод на этих предприятиях могут быть приняты:

- по взвешенным веществам – 500–2000 мг/л, при этом более высокие значения относятся к предприятиям с интенсивным движением автотранспорта;
- по нефтепродуктам – 30–70 мг/л для предприятий с интенсивным движением автотранспорта и значительным потреблением горюче-смазочных материалов и 10–30 мг/л – для остальных (исключение составляют предприятия нефтяной промышленности, где содержание нефтепродуктов в поверхностном стоке может достигать 0,5 г/л за счет сброса совместно с атмосферными водами некоторых видов производственных сточных вод);
- по ХПК и БПК – 100–150 мг/л и 20–30 мг/л соответственно в пересчете на растворенные примеси, а с учетом диспергированных примесей эти показатели увеличиваются в 2-3 раза;
- по общему солесодержанию – в основном 0,2–0,5 г/л, а на предприятиях химической промышленности (содовых и серных) 0,5–3 мг/л.

Ко *второй группе* относятся предприятия цветной металлургии, коксохимии, химической, лесохимической, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и микробиологической промышленности, кожсырьевые и кожевенные заводы, мясокомбинаты, шпалопропиточные заводы.

В поверхностном стоке предприятия второй группы, помимо примесей, перечисленных в первой группе, могут присутствовать также примеси, специфические для данного производства.

Высоту зоны отстаивания в емкости следует принимать в пределах 1,5–4 м, высоту свободной зоны над уровнем воды – 0,3–0,5 м, высоту нейтральной зоны над уровнем осадка – 0,4–0,5 м.

Секции аккумулирующей емкости должны быть оборудованы устройствами для периодического удаления всплывших нефтепродуктов и осадка.

При проектировании нефтесгонных и нефтесборных устройств следует

учитывать периодическое колебание уровня заполнения секций ниже расчетного.

Иловые приямки в аккумулирующей емкости рекомендуется располагать в средней части. Уклон днища к приямкам и поперечный уклон дна следует принимать не менее 0,05, а уклон стенок приямка – не менее 45°. Для удаления осадка с площади днища в приямок следует предусматривать гидросмыв. Объем иловой части емкости определяется исходя из заданной периодичности удаления осадка.

Для периодического удаления накапливающегося осадка из аккумулирующей емкости следует предусмотреть устройство гидроэлеваторной установки или насосной станции, оборудованной плунжерными или вторыми насосами, предназначенными для перекачки шламов с высоким содержанием механических примесей.

Для обезвоживания осадка рекомендуется применять выдерживание его на иловых площадках или на площадках-уплотнителях. Нагрузка на площадки обезвоживания может быть принята равной 3 м³ на 1 м² в год. Площадки следует разделить на карты, оборудованные выпускными устройствами для отвода иловой воды.

На основании данных в средней продолжительности периодов между стокообразующими осадками продолжительность отстаивания стока в аккумулирующей емкости может быть принята равной 1-2 суткам. В таких же пределах может быть принята и продолжительность отвода осветленной воды.

При продолжительности отстаивания 1-2 суток эффект снижения содержания взвешенных веществ и показателя ХПК в аккумулирующей емкости колеблется в основном в пределах 80–90 %, а показатели БПК – в пределах 60–80 %. Остаточное содержание взвешенных веществ в отстоянной воде ориентировочно может быть принято в пределах 50–200 мг/л, нефтепродуктов 0,5–5 мг/л, а органических примесей – 50–100 мг/л в пересчете на ХПК и 20–30 мг/л в пересчете на БПК.

При известном часовом расходе (м³/ч) поверхностных сточных вод расчет

ведется следующим образом.

Определяется количество поверхностного стока $W_{\text{п}}$, м³, которое может поступить за сутки (24 часа):

$$W_{\text{п}} = 24Q, \quad (5.5)$$

где Q – расход поверхностных сточных вод, м³/ч.

Согласно справочным данным средняя продолжительность сухой погоды между дождями слоем ≥ 1 мм – около 3,5 суток, а слоем ≥ 5 мм – до 10 суток. Для расчета принимаем продолжительность сухой погоды, исходя из слоя дождя.

Аккумулирующие емкости рекомендуется проектировать прямоугольными в плане, разделенными на секции. Полезный объем одной секции следует рассчитывать на прием стока от слоя осадков 2,5–5 мм.

Рабочий объем секции:

$$W_{\text{секции}} = L \cdot B_c \cdot H, \quad (5.6)$$

где H – рабочая высота секции, равна 1,5–4 м; B_c – ширина секции, может быть принята кратной 3 м; L – длина секции, принимается, исходя из объема сооружения, м. Количество секций должно быть не менее двух.

Объем секции при приеме стока от слоя осадка, например, 2,5 мм при расчетном слое осадков 15 мм составит соответственно одну шестую от рабочего объема аккумулирующей емкости, т. е. количество секций при этом составит 6, что согласно нормативным данным приемлемо:

$$L = W_a / 6 \cdot H \cdot B. \quad (5.7)$$

При определении объема аккумулирующей емкости необходимо учитывать накопление осадка и свободный объем:

$$W_a = W_{\text{п}} + W_o + W_c, \quad (5.8)$$

где W_a – общий объем аккумулирующей емкости, м³; $W_{\text{п}}$ – общий объем поверхностного стока, м³; W_c – свободный объем (≈ 10 – 12 % от W_n); W_o – объем накопленного осадка

$$W_o = \frac{W_{\text{п}} (\tilde{N}_{\hat{t}} - \tilde{N}_{\hat{t}^{\div}}) \cdot t}{(100 - b) \cdot \gamma \cdot 10^4}, \quad (5.9)$$

где C_o , $C_{оч}$ – концентрации взвешенных веществ в исходной и очищенной воде, мг/л; t – период накопления осадка, лет; b – влажность осадка, (50–60 %); γ – плотность осадка, (2–2,2 г/см³); $W_{п\ год}$ – общий годовой объем поверхностного стока, м³/год.

Пример расчета

Рассчитать размеры аккумулирующей емкости для очистки сточных вод, если известно следующее:

- площадь электротехнического предприятия составляет 120 га;
- общий коэффициент стока дождевых вод $\psi_d = 0,5$
- площадь покрытий, подвергающихся мокрой уборке, $F_m = 60$ га;
- среднее количество моек $k = 2$;
- концентрация взвешенных веществ в исходной воде $C_o = 600$ мг/л;
- концентрация взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч} = 80$ мг/л.

Рабочий объем аккумулирующей емкости для однократного дождевого стока определяется по формуле (5.3):

$$W_d = 10 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 120 = 6000 \text{ м}^3.$$

Аналогично определяется рабочий объем аккумулирующей емкости для талого стока:

$$W_T = 10 \cdot 25 \cdot 0,6 \cdot 120 = 18000 \text{ м}^3.$$

Общее количество поливомоечных вод (5.4):

$$W_m = 10 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,5 = 780 \text{ м}^3.$$

Общий объем поверхностного стока будет равен

$$W_{п} = 6000 + 18\ 000 + 780 = 24\ 780 \text{ м}^3.$$

Общий годовой объем поверхностного стока с учетом количества сухих дней в году до 10 суток определится как

$$W_{п\ год} = 24780 \cdot 36,5 = 904470 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Объем осадка определится из (5.9):

$$W_0 = \frac{904470(600 - 80) \cdot 2}{(100 - 50) \cdot 2,1 \cdot 10^4} = 895,9 \text{ м}^3.$$

Объем аккумулирующей емкости, следовательно, определится как

$$W_a = 24780 + 895,9 + 0,1 \cdot 24780 = 28153,9 \text{ м}^3.$$

Количество секции на прием стока от слоя осадков 2,5 мм при принятом слое осадков $h_d = 10$ мм принимаем равным 4.

Рабочий объем секции составит:

$$W_{\text{секции}} = 28153,9/4 = 7038,48 \text{ м}^3.$$

Ширину секции принимаем из условия кратности 3 – $B_c = 60$ м. Согласно требованиям рабочая высота секции $H = 1,5$ –4 м, принимаем $H = 1,5$ м.

Длина секции (5.7) будет равна

$$L = 2,5 \cdot 28153,9 / 10 \cdot 1,5 \cdot 60 = 78,205 \text{ м}.$$

Таким образом, аккумулирующая емкость будет состоять из 4 секций, размеры которой примем из условия кратности 3 (трем): $81 \times 60 \times 1,5$ м, что составит объем больший, чем расчетный $W_{\text{секции}} = 7038,48 \text{ м}^3$.

Алгоритм выполнения практической работы

1. Изучить теоретические сведения по методике расчета аккумулирующей емкости для очистки сточных вод, представленные в указаниях к данной работе.
2. Выбрать вариант задания к работе (табл. 5.2). Номер варианта выбирается и табл. 5.1 по первым двум буквам фамилии студента.
3. Произвести необходимые расчеты.
4. Составить отчет о практической работе в соответствии с требованиями (прил. А).
5. Ответить на вопросы самоконтроля.

Таблица 5.1

Выбор варианта

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Аа-Ак	1	Ма-Мл	21
Ал-Ая	2	Мк-Мя	22
Ба-Бк	3	На-Нл	23
Бл-Бя	4	Нм-Ня	24
Ва-Вк	5	Оа-Ок	25
Вл-Вя	6	Ол-Оя	26
Га-Гк	7	Па-Пк	27
Гл-Гя	8	Пл-Пя	28
Да-Дк	9	Ра-Рк	29
Дл-Дя	10	Рл-Ря	30
Еа-Ея	11	Са-Ск	31
Ёа-Ёя	12	Сл-Ся	32
Жа-Жя	13	Та-Тк	33
За-Зя	14	Тл-Тя	34
Иа-Ик	15	Уа-Ул	35
Ил-Ия	16	Ум-Уя	36
Ка-Кл	17	Фа-Фя	37
Км-Кя	18	Ха-Хя	38
Ла-Лк	19	Ца-Ця	39
Лл-Ля	20	Ча-Чя	40

Первые две буквы фамилии	№ варианта	Первые две буквы фамилии	№ варианта
Ша-Шл	41	Эл-Эя	46
Шм-Шя	42	Юа-Юл	47
Ща-Щл	43	Юм-Юя	48
Щм-Щя	44	Яа-Ял	49
Эа-Эк	45	Ям-Яя	50

Вопросы самоконтроля

1. Какие функции выполняет аккумуляторная емкость?
2. От каких величин зависит объем аккумуляторной емкости?
3. На какие группы делятся промышленные предприятия?
4. Какой документ устанавливает нормы проектирования для систем наружной канализации?

Таблица 5.2

Варианты заданий

№ варианта	Площадь предприятия F , га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_m , га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C_0 , мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч}$, мг/л	Период накопления осадка t , лет	Среднее количество моек в год
1.	50	30	черная металлургия	0,1	500	60	2	2
2.	60	30	машиностроение	0,2	600	70	3	3
3.	70	40	пищевая промышл.	0,3	700	80	4	4
4.	80	40	автотранспорт	0,4	800	90	5	5
5.	90	45	нефтепереработка	0,5	900	100	2	2
6.	100	50	цветная металлургия	0,6	1000	110	3	3
7.	110	60	химия	0,7	1100	120	4	4

№ варианта	Площадь предприятия F , га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_m , га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод, мл/л	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C_0 , мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч}$, мг/л	Период накопления осадка t , лет	Среднее количество моек в год
8.	120	60	микробиология	0,8	1200	130	5	5
9.	130	65	черная металлургия	0,1	1300	140	2	3
10.	140	70	машиностроение	0,2	1400	150	3	4
11.	150	80	пищевая промышл.	0,3	1500	160	4	5
12.	50	25	автотранспорт	0,4	1600	170	5	2
13.	60	35	нефтепереработка	0,5	1700	180	2	3
14.	70	40	цветная металлургия	0,6	1800	190	3	2
15.	80	50	химия	0,7	1900	200	4	3
16.	90	40	микробиология	0,8	2000	200	5	4
17.	100	45	черная металлургия	0,1	500	60	2	5

№ варианта	Площадь предприятия F , га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_m , га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C_0 , мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч}$, мг/л	Период накопления осадка t , лет	Среднее количество моек в год
18.	110	50	машиностроение	0,2	600	70	3	2
19.	120	50	пищевая промышл.	0,3	700	80	4	3
20.	130	60	автотранспорт	0,4	800	90	5	4
21.	140	65	нефтепереработка	0,5	900	100	2	5
22.	150	80	цветная металлургия	0,6	1000	110	3	2
23.	50	30	химия	0,7	1100	120	4	3
24.	60	30	микробиология	0,8	1200	130	5	4
25.	70	45	черная металлургия	0,1	1300	140	2	5
26.	80	35	машиностроение	0,2	1400	150	3	2
27.	90	40	пищевая	0,3	1500	160	4	3

№ варианта	Площадь предприятия F , га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_m , га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод, $K_{дожд}$	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C_0 , мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч}$, мг/л	Период накопления осадка t , лет	Среднее количество моек в год
			промышл.					
28.	100	45	автотранспорт	0,4	1600	170	5	4
29.	110	50	нефтепереработка	0,5	1700	180	2	5
30.	120	50	цветная металлургия	0,6	1800	190	3	2
31.	130	60	химия	0,7	1900	200	4	3
32.	140	65	микробиология	0,8	2000	200	5	4
33.	150	70	черная металлургия	0,1	500	60	2	5
34.	50	20	машиностроение	0,2	600	70	3	2
35.	60	25	пищевая промышл.	0,3	700	80	4	3
36.	70	30	автотранспорт	0,4	800	90	5	4
37.	80	35	нефтепереработка	0,5	900	100	2	5

№ варианта	Площадь предприятия F , га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_m , га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C_0 , мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде $C_{оч}$, мг/л	Период накопления осадка t , лет	Среднее количество моёк в год
			тка					
38.	90	40	цветная металлургия	0,6	1000	110	3	2
39.	100	45	химия	0,7	1100	120	4	3
40.	110	45	микробиология	0,8	1200	130	5	4
41.	120	50	черная металлургия	0,1	1300	140	2	5
42.	130	60	машиностроение	0,2	1400	150	3	2
43.	140	60	пищевая промышл.	0,3	1500	160	4	3
44.	150	65	автотранспорт	0,4	1600	170	5	4
45.	50	20	нефтепереработка	0,5	1700	180	2	5
46.	60	25	цветная металлургия	0,6	1800	190	3	2

№ варианта	Площадь предприятия F, га	Площадь предприятия, подвергающаяся мокрой уборке F_м, га	Отрасль предприятия	Общий коэффициент стока дождевых вод, мсл	Концентрации взвешенных веществ в исходной воде C₀, мг/л	Концентрации взвешенных веществ в очищенной воде C_{оч}, мг/л	Период накопления осадка t, лет	Среднее количество моек в год
47.	70	30	химия	0,7	1900	200	4	3
48.	80	35	микробиология	0,8	2000	200	5	4
49.	90	40	пищевая промышл.	0,4	600	80	2	5
50.	100	45	автотранспорт	0,5	700	90	3	4

