Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Ленинградский ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
инженерно-строительный институт

Кафедра канализации

Г. В. ИВАНОВ, Б. Г. МИШУКОВ, Е. М. ПРОТАСОВСКИЙ

ПРИМЕР РАСЧЕТА ОЧИСТНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Учебное пособие
по составлению курсового проекта № 2
«Очистные сооружения канализации»
для студентов специальностей
1209 — водоснабжение и канализация,
1217 — рациональное использование водных ресурсов
и обезвреживание промышленных стоков

ЛЕНИНГРАД
1983

УДК 628.3

Иванов Г. В., Мишуков Б. Г., Протасовский Е. М.

Пример расчета очистной канализационной станции города. Биохимическая очистка: Учебн. пособие. Л.: ЛИСИ, 1983. с. 80.

В пособии — в соответствии с программой и учебным планом — помещены указания по проектированию и пример расчета биохимической очистки, дезинфекции и обработки осадков сточных вод.

Ил. 19, табл. — 14, библиогр. 12 назв.

Ответственный редактор — д-р техн. наук, профессор С. М. ШИФРИН

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В. С. ДИКАРЕВСКИЙ, зав. кафедрой ЛИИЖТа, М. Н. ШЕЛКОВНИКОВ, гл. инженер проекта Ленводоканалпроекта

Оглавление

Введение 3
1. Биологическая очистка в аэротенках . . . . . —
1.1. Общие сведения . . . . . —
1.2. Расчет аэротенков 5
1.3. Расчет расхода воздуха и аэрационного оборудования 9
1.4. Подбор воздуходувок 14
1.5. Расчет вторичных отстойников . . . . . —
1.6. Расчет илоуплотнителей 17
2. Расчет сооружений для обеззараживания сточных вод . . 18
2.1. Расчет хлордозаторной и расходного склада хлора —
2.2. Расчет смесителя 22
2.3. Расчет контактных бассейнов 25
3. Расчет выпуска сточных вод 26
4. Расчет сооружений для обработки осадка сточных вод . . 28
4.1. Определение количества и средней влажности осадка —
4.2. Расчет метантенков 29
4.3. Расчет вакуум-фильтров, вспомогательного оборудования и аварийных иловых площадок 32
4.4. Расчет сушилок кека и площадок для его складирования 39
5. Компоновка генерального плана очистной станции и составление профилей по движению воды и осадка 40
6. Биологическая очистка на биофильтрах 51
6.1. Общие сведения . . . . . —
6.2. Расчет биофильтров 52
6.3. Расчет вторичных отстойников 56
6.4. Составление генерального плана очистной станции и профиля по движению воды 57
7. Доочистка сточных вод 58
7.1. Технологическая схема доочистки сточных вод . . . —
7.2. Расчет барабанных сеток 63
7.3. Расчет фильтров с зернистой загрузкой 64
7.4. Компоновка генерального плана с узлом доочистки и составление профиля по движению воды в узле доочистки 66
8. Инструкция по подготовке исходных данных на ЭВМ . . 68
8.1. Расчет необходимой степени очистки сточных вод . . —
8.2. Расчет профиля по движению сточных вод 70
Рекомендуемая литература 78

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие содержит указания и примеры расчетов различных вариантов биологической очистки, доочистки и дезинфекции сточных вод города, а также расчеты сооружений по обработке осадков, примеры компоновки генерального плана очистной станции, составления профилей по движению воды и осадка, конструированию отдельных сооружений.

Исходные данные для проектирования, общие указания по проектированию очистных сооружений, выбор метода очистки, схема очистной станции и используемые результаты расчета сооружений механической очистки сточных вод приведены в учебном пособии «Механическая очистка» [1].

При написании настоящего пособия использованы материалы подготовки новой редакции СНиП.

1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В АЭРОТЕНКАХ

1.1. Общие сведения

Аэротенки, вторичные отстойники и аэрационное оборудование представляют собой комплекс сооружений, предназначенный для поддержания в активном жизнеспособном состоянии ассоциации микробов и простейших организмов — активного ила. Параметры работы аэротенка выбираются таким образом, чтобы обеспечить надлежащий иловый индекс микробной культуры, то есть сохранить хорошие седиментационные свойства ила. Аэрационное оборудование призвано поддерживать оптимальный кислородный режим, непосредственно связанный со способностью ила изымать и окислять загрязнения в сточных водах.

До расчета аэротенка необходимо определить условия ведения процесса очистки и выбрать тип сооружения, в наибольшей степени удовлетворяющий специфике состава сточных вод. Если загрязнения легко изымаются и относительно

быстро окисляются, то предпочтительны аэротенки-смесители; они же применяются в случае поступления на очистную станцию высококонцентрированных сточных вод. При относительно невысоких концентрациях загрязнений и скорости их окисления применяются аэротенки-вытеснители. Последние используются для очистки городских стоков, в особенности при необходимости достижения полной биологической очистки. Аэротенки-смесители устанавливают при БПК смеси (городских и промышленных стоков) более 500 мг/л; эта конструкция аэротенков является основной в аэротенках-отстойниках, аэротенках-осветлителях, компактных сооружениях малой канализации.

Регенераторы для восстановления окислительных свойств активного ила необходимы в том случае, если в активном иле прогрессируют вне- и внутриклеточные накопления загрязнений, либо при поступлении токсичных веществ.

В городских стоках содержатся тонкие взвеси (неоседающая часть взвешенных веществ), которые образуют прогрессирующие внеклеточные накопления загрязнений. Рекомендуется проектировать аэротенки с регенераторами при БПК сточных вод более 150 мг/л и необходимости получения гарантированного качества очищенной воды (БПК на уровне 15—20 мг/л). Анализ исходных данных этого примера показывает следующее:

загрязнения промстоков (мясокомбината и кокономотальной фабрики) нетоксичны, окисляются достаточно полно и с относительно высокой скоростью, что допускает применение аэротенков-смесителей;

однако относительная доля промстоков в общем притоке сточных вод невелика (10000 и 64890 м^3/сут соответственно), основную часть составляют городские сточные воды, для которых применяются аэротенки-вытеснители;

величина $БПК_{полн}$ смеси стоков (274 мг/л), значительное содержание взвеси в исходных сточных водах (282 мг/л), требования к качеству очищенной воды обусловливают необходимость устройства регенераторов.

Возможными другими решениями являются: двухступенчатые аэротенки (смесители на первой ступени и вытеснители — на второй), секционированные аэротенки, в которых искусственно создается режим вытеснения (путем установки перегородок) на заключительных этапах биологической очистки. Однако предложенные решения сложнее в конструктивном оформлении.

1.2. Расчет аэротенков

Общая продолжительность окисления загрязнений t_o в аэротенке и регенераторе при температуре воды 15° С

$$t_o = t_a + t_p = \frac{L_o - L_t}{Ra_p(1-s)\rho}, \text{ ч}, \quad (1)$$

где t_a и t_p — продолжительность аэрации в аэротенке и регенераторе, ч; R — степень рециркуляции ила; a_p — доза ила в регенераторе, г/л; s — зольность ила (0,3); ρ — удельная скорость очистки, мг БПК/г беззольного вещества ила в ч.

Степень рециркуляции активного ила R должна быть не ниже 0,6 при самотечном удалении ила и 0,3 для илососов

$$R = \frac{a}{1000/l - a}, \quad (2)$$

где a — доза ила в аэротенке, г/л; l — иловый индекс, см³/г. Доза ила в аэротенке для аэротенков с регенераторами принимается от 2 до 3,5 г/л в диапазоне БПК от 150 до 300 мг/л. В данном случае принимаем дозу ила в аэротенке равной 3 г/л. Иловый индекс зависит от суточной нагрузки q_L на активный ил и составляет 70, 80 и 95 см³/г при нагрузках 200, 400 и 500 мг/г·сут соответственно. Нагрузка q_L определяется по формуле

$$q_L = \frac{24(L_o - L_t)}{t_o R a_p (1-s)}. \quad (3)$$

Таким образом, до начала расчета аэротенков необходимо хотя бы ориентировочно назначить величину t_o. Ее можно установить по графику на рис. 20 [8] при известных значениях БПК исходной и очищенной воды. При определении БПК исходной воды необходимо учитывать дополнительные загрязнения, которые несут в себе дренажная вода иловых площадок, фильтрат вакуум-фильтров, фугат центрифуг, промывная вода осадкоуплотнителей и фильтров доочистки. По табл. 3 и 4 приложения [1] устанавливаем дополнительные загрязнения от узла обработки осадка: 5 мг/л от осадка первичных отстойников и 16 мг/л от уплотненного активного ила. Следовательно, расчетная величина L_o составит 295 мг/л (274+16+5). Промывная вода фильтров доочистки не учитывается, так как основной вариант примера не имеет узла

глубокой очистки сточных вод. При необходимости учета промывных вод БПК исходной воды определяется по формуле

$$L_0^* = \frac{L_0 Q_{сут} + Q_{пр} L_{пр}}{Q_{сут} + Q_{пр}}, \qquad (4)$$

в которой $Q_{пр}$ и $L_{пр}$ — расход (суточный) и БПК промывной воды.

БПК очищенной воды принимается равной 15 мг/л, что несколько ниже требуемого значения (16,85 мг/л при русловом сосредоточенном выпуске).

По рис. 20 [8] при $L_0 = 295$ мг/л и $L_t = 15$ мг/л находим значение $t_0 = 7{,}3$ ч.

Для расчета нагрузки q_L необходимо также определить дозу ила в регенераторе $a_р$

$$a_р = \left(\frac{1}{2R} + 1\right) a. \qquad (5)$$

Ориентировочно принимаем значение илового индекса i равным 100 см³/г, а дозу ила в аэротенке — 3 г/л в соответствии с БПК поступающей воды 295 мг/л. По формулам (2) и (5) $R = 0{,}43$, $a_р = 6{,}5$ г/л.

$$q_L = \frac{24\,(295 - 15)}{7{,}3 \cdot 0{,}43 \cdot 6{,}5\,(1 - 0{,}3)} = 475 \text{ мг/г·сут.}$$

По полученному значению $q_L = 475$ мг/г сут можно уточнить i; фактически i будет равен 90 см³/г, но в расчеты вносить поправку не обязательно, так как принятый ранее $i = 100$ создает некоторый запас, что положительно отразится на работе вторичных отстойников.

Удельная скорость очистки ρ

$$\rho = \rho_m \frac{L_t C_0}{L_t C_0 + K_L C_0 + K_0 L_t} \left(\frac{1}{1 + \varphi a_р}\right), \qquad (6)$$

где ρ_m — максимальная скорость окисления, для городских стоков — 85 мг/г·ч; C_0 — средняя концентрация растворенного кислорода, мг/л; K_L — константа состава загрязнений для городских стоков — 33 мг БПК/л; K_0 — константа, характеризующая влияние концентрации растворенного кислорода, 0,625 мг O_2/л для городских стоков; φ — коэффициент

ингибирования продуктами распада ила, для городских стоков — 0,07 г/г.

Как видим, скорость окисления зависит от концентрации растворенного кислорода C_0. Для обоснованного выбора этой величины подсчитаем ряд значений ρ при переменном C_0:

C_0	0,5	1,0	1,5	2	3	4
ρ	13,1	15,3	16,2	16,6	17,2	17,5

Увеличение скорости очистки становится незначительным при концентрации растворенного кислорода более 2 мг/л; одновременно следует иметь в виду, что в аэротенках-вытеснителях, рассчитанных на полную очистку, следует принимать среднюю концентрацию растворенного кислорода не ниже 1,5—2 мг/л для обеспечения процесса нитрификации.

Значение t_0 при $C_0=2$ мг/л

$$t_0 = \frac{295-15}{0{,}43\cdot 6{,}5\,(1-0{,}3)\,16{,}6} = 8{,}6 \text{ ч.}$$

Ранее для расчета илового индекса было принято значение $t_0=7{,}3$ ч. Уточненное значение q_L (400 мг/г сут) и илового индекса (80 см^3/г) приводят к уменьшению коэффициента рециркуляции до 0,315, что приближается к граничной величине (0,3). Во избежание более длительного пребывания активного ила во вторичном отстойнике сохраняем принятое значение R (0,43) и дозу ила в регенераторе (6,5 г/л).

Продолжительность аэрации сточных вод в собственно аэротенке t_a

$$t_a = \frac{2{,}5}{a^{0{,}5}} \lg \frac{L_0}{L_t} . \qquad (7)$$

$$t_a = \frac{2{,}5}{3^{0{,}5}} \lg \frac{295}{15} \cong 1{,}9 \text{ ч.}$$

Продолжительность регенерации

$$t_p = t_0 - t_a = 8{,}6 - 1{,}9 = 6{,}7 \text{ ч.}$$

Полученные значения продолжительности очистки действительны при температуре сточных вод 15° С. При иной среднегодовой температуре стоков надлежит вносить поправку в

виде $\frac{15}{T}$; в данном случае среднегодовая температура равна 18°, следовательно,

$$t_a = 1{,}9\frac{15}{18} \cong 1{,}6 \text{ ч}; \quad t_p = 6{,}7\frac{15}{18} = 5{,}6 \text{ ч}.$$

Объемы аэротенка и регенератора определяются по среднему (за часы аэрации) притоку сточных вод Q_p, причем в расчет принимается период максимального притока. Максимальные расходы, согласно табл. 10 [1] наблюдаются между 9 и 16 ч, а сумма часовых расходов за этот период равна 24690 м³, средний расход — 3527 м³/ч. Объем аэротенка

$$W_a = t_a(1+R)Q_p, \tag{8}$$

$$W_a = 1{,}6(1+0{,}43)\times 3527 = 8100 \text{ м}^3.$$

Объем регенератора

$$W_p = t_p \times R \times Q_p, \tag{9}$$

$$W_p = 5{,}6\times 0{,}43\times 3527 = 8500 \text{ м}^3.$$

Общий объем сооружения

$$W = W_a + W_p = 16600 \text{ м}^3.$$

Соотношение объема регенератора и всего сооружения

$$\frac{W_p}{W} = \frac{8500}{16600} \cong 0{,}51.$$

Таким образом, регенератор должен занимать 51% объема аэротенка в целом. Данному условию соответствуют двух- и четырехкоридорные аэротенки. В четырехкоридорных аэротенках создается режим движения жидкости, более близкий к вытеснительному, поэтому принимаем их к проектированию. По аналогии с типовыми проектами назначаем рабочую глубину жидкости в аэротенке $H = 4{,}4$ м, ширину коридора $B = 6$ м, число секций аэротенка — 2. Длина одного коридора

$$l = \frac{W}{B \cdot H \cdot n \cdot m} = \frac{16600}{6 \cdot 4{,}4 \cdot 2 \cdot 4} = 79 \text{ м}.$$

Режим вытеснения создается при соотношении l/B более 30; в данном случае это соотношение равно $\frac{79 \cdot 2}{6} = 26{,}3$ (собст-

но аэротенк занимает два коридора длиной по 79 м). С целью приближения режима движения иловой смеси к вытеснительному необходимо секционировать аэротенк путем установки перегородок с отверстиями для перелива жидкости. Количество устанавливаемых перегородок зависит от геометрических размеров коридоров и интенсивности аэрации. В данном случае можно принять к установке 3 перегородки: между аэротенком и регенератором, в середине первого коридора аэротенка, на повороте от первого коридора аэротенка во второй (рис. 1). Секционирование аэротенка предотвращает продольное перемешивание жидкости в процессе движения иловой смеси, что способствует более глубокой очистке сточных вод. Секционирование более эффективно в случаях интенсивной аэрации жидкости (то есть на первых по движению иловой смеси отрезках аэротенка).

1.. Расчет расхода воздуха и аэрационного оборудования

Аэрационное оборудование призвано обеспечивать процесс очистки кислородом на всем протяжении, включая регенерацию ила. Полная очистка сточных вод требует 1,1 мг кислорода на 1 мг снятой БПК (неполная очистка — 0,9 мг/мг). Распределение кислорода между аэротенком и регенератором зависит от напряженности процессов в них. Регенерация активного ила включает окисление накоплений, главным образом внеклеточных, и самоокисление (автолиз) клеток микроорганизмов. В целом эти явления относят к эндогенному дыханию активного ила. В аэротенке осуществляется окисление загрязнений, выраженных через БПК сточных вод, и нитрификация в случае полной очистки. На нитрификацию обычно приходится 10—15% общей потребности в кислороде. Соотношение расхода кислорода между аэротенком и регенератором при неполной очистке 1 : 1,5, в случае полной очистки — 1 : 1,2. По длине аэротенка и регенератора подача кислорода должна быть неравномерной в аэротенке (в вытеснителях изменение концентрации загрязнений и потребность в кислороде может быть выражена в виде логарифмической зависимости) и равномерной в регенераторе. Неравномерность аэрации достигается изменением числа аэраторов (либо числа полос фильтросных пластин) и интенсивности аэрации. В данном примере при полной биологической очистке 46% потребности в кислороде приходится на аэротенк и 54% — на регенератор. Под регенератор отведено 2 коридора, распределение воздуха по их длине равномерное. В соб-

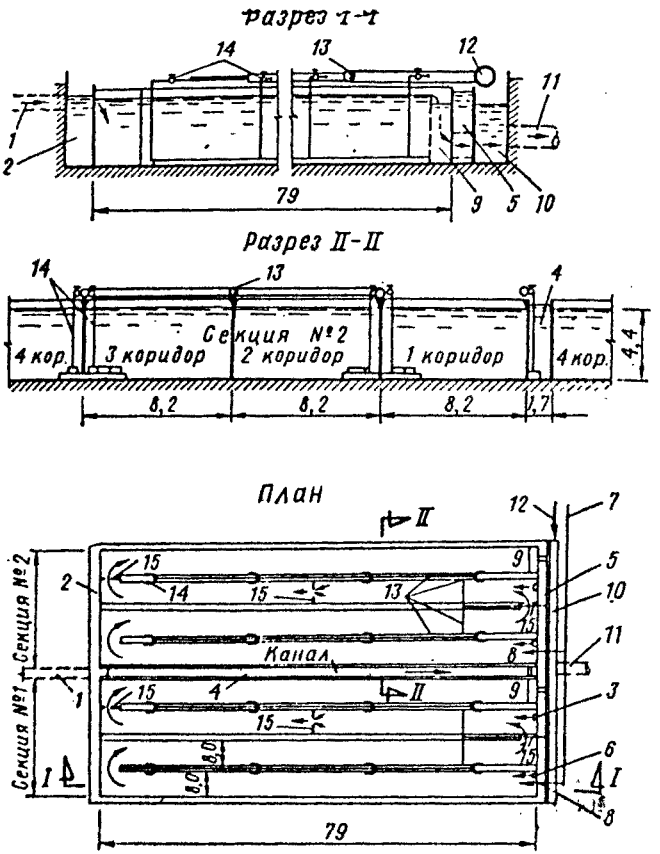


Рис. 1. Схема аэротенка:

1 — осветленная вода после первичных отстойников; *2* — верхний канал осветленной воды; *3* — впуск осветленной воды при объеме регенератора 50%; *4* — перепускной канал осветленной воды; *5* — нижний канал осветленной воды; *6* — впуск осветленной воды при отсутствии регенератора; *7* — активный ил из насосной станции; *8* — впуск активного ила; *9* — выпуск иловой смеси из аэротенка; *10* — сборный канал иловой смеси; *11* — иловая смесь на вторичные отстойники; *12* — подача сжатого воздуха; *13* — воздуховоды; *14* — стояки к фильтросным каналам; *15* — перегородки для создания режима вытеснения в аэротенках

ственно аэротенке, занимающем также 2 коридора, на первой его половине устанавливается больше фильтросных каналов, чем на второй. Удельный расход воздуха Д, м³/м³

$$Д = \frac{z(L_0 - L_t)}{K_1 K_2 n_1 n_2 (C_p - C)} \qquad (10)$$

Удельный расход кислорода для полной очистки равен 1,1 мг/мг. Коэффициент K_1 зависит от соотношения ширины аэрируемой зоны и коридора аэротенка. В первом приближении примем, что в аэротенке устраивается 2 ряда фильтросов с разрывами между ними по 0,3 м. Ширина полосы аэрации в этом случае складывается из зазора между фильтросным каналом и стеной аэротенка (0,3 м), двух рядов фильтросов (2×0,3 м), зазора между фильтросами (0,3 м), в целом — 1,2 м. При ширине коридора 6 м отношение f/B составит 0,2, а значение коэффициента K_1 будет равно 1,68.

Коэффициент K_2 определяется как $h^{2/3}$, где h — высота столба воды над аэратором. Фильтросные пластины установлены на высоте 0,2 м от дна аэротенка (принято конструктивно), поэтому значение h составит 4,2 м (при общей глубине аэротенка 4,4 м), а значение $K_2 = 2{,}6$.

Коэффициент n_1, учитывающий температуру $T_{ср}$ иловой смеси, в летний период при температуре 21° С будет

$$n_1 = 1 + 0{,}02(T - 20), \qquad (11)$$

$$n_1 = 1 + 0{,}02(21 - 20) = 1{,}02$$

В заданиях на курсовой проект указаны среднегодовая, зимняя, летняя температура воды.

Коэффициент n_2 для городских сточных вод равен 0,85.

Растворимость кислорода на средней по высоте столба воды точке $(h/2)$ при 21 °С

$$C_p = \left(1 + \frac{h}{20{,}6}\right) C_т, \qquad (12)$$

$$C_p = \left(1 + \frac{4{,}2}{20{,}6}\right) 8{,}99 = 10{,}85 \text{ мг/л}.$$

Средняя концентрация кислорода в воде C непосредственно связана с C_0 при расчете ρ (см. с. 7). Нами C_0 была принята равной 2 мг/л, поэтому примем значение C также равным 2 мг/л. Следовательно,

$$Д = \frac{1{,}1\,(295-15)}{1{,}68\cdot 2{,}6\cdot 1{,}02\cdot 0{,}85\cdot (10{,}85-2)} = 9{,}3\ м^3/м^3.$$

Общий расход воздуха в расчете на средний приток воды в часы аэрации

$$Q_в = Q_р \times Д = 3527 \times 9{,}3 = 32750\ м^3/ч.$$

Этот расход должен быть распределен между аэротенком и регенератором. Согласно рекомендации (см. с. 9) в регенератор должно быть подано 54% общего количества потребного кислорода, а в аэротенк — 46%. Условно приняв одинаковый эффект использования кислорода из воздуха, распределим сжатый воздух между аэротенком и регенератором в соотношении 1 : 1,2, то есть 15000 м³/ч подадим в аэротенк и 17750 м³/ч в регенератор. Под регенератор отведено 50% объема сооружения, общая длина всех секций регенератора составит 316 м (4×79 м), фильтросные пластины будут установлены не по всей длине коридора (см. рис. 1), поэтому фактическая длина фильтросных пластин в одном коридоре будет меньше примерно на 3 м за счет поворота иловой смеси из первого коридора во второй, на 2 м за счет зазора между соседними подфильтросными каналами и зазора между фильтросами и поперечными стенками аэротенка. С учетом этих факторов длина фильтросных каналов в одном коридоре составит 75 м, суммарная длина — 300 м. Следовательно, напряженность аэрации на один погонный метр фильтросных каналов в регенераторе составит

$$q_{уд} = \frac{Q^р_в}{l_ф} = \frac{17750}{4\cdot 75} \cong 59\ м^3/м\cdot ч.$$

Удельное количество пропускаемого воздуха принимают от 4,8 до 7,2 м³/ч на одну фильтросную пластину размером 0,3×0,3 м, или 16—24 м³/ч на один ряд фильтросных пластин длиной 1 м. Ниже приведены расходы воздуха, пропускаемые фильтросными пластинами при однорядной и многорядной установке их в коридоре (табл. 1).

Требуемому условию (59 м³/м·ч) отвечает установка пластин в 3 ряда.

Подача кислорода в собственно аэротенке зависит от скорости изъятия загрязнений и одновременного их окисления. Скорость изъятия загрязнений пропорциональна величине

Таблица 1

Установка фильтросных пластин	В 1 ряд	В 2 ряда	В 3 ряда	В 4 ряда
Допустимый расход воздуха, м³/ч на 1 пог. м длины коридора	16—24	32—48	48—72	64—96

$\lg\frac{L_a}{L_t}$; скорость окисления изменяется прямо пропорционально времени прохождения жидкости в аэротенке. Рассмотрим оба явления последовательно. В аэротенк поступает жидкость с БПК 295 мг/л, на выходе из аэротенка — 15 мг/л. Коридоры аэротенка равны по длине, поэтому продолжительность пребывания в них одинакова. Поскольку продолжительность аэрации и БПК связаны зависимостью типа $t=\frac{1}{K}\lg\frac{L_a}{L_t}$, то можно определить, что за равные промежутки времени в первом коридоре аэротенка БПК снизится с 295 до 66 мг/л $\left(\lg\frac{295}{66}=0{,}650\right)$, а во втором — с 65 до 15 мг/л $\left(\lg\frac{66}{15}=0{,}642\right)$. Если принять интенсивность аэрации пропорциональной скорости изъятия загрязнений, то соотношение потребности в кислороде между коридорами составит 5,5 : 1 $\left(\frac{295-66}{66-15}\right)$. Но в этом случае не учитывается роль процессов дыхания ила на заключительном этапе очистки. Если же принять потребность в кислороде прямо пропорциональной скорости окисления загрязнений, то между первым и вторым коридором воздух распределяется в соотношении 2 : 1 (т. е. 10 000 и 5000 м³/ч соответственно). Последнее соотношение более полно учитывает процессы очистки, поэтому оно и принимается для проектирования.

Напряженность аэрации в первых коридорах аэротенка

$$q_{уд}=\frac{10000}{2\cdot75}=66{,}7\ \text{м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}.$$

Принимаем 4 ряда фильтросных пластин.
Во вторых коридорах

$$q_{уд}=\frac{5000}{2\cdot75}=32{,}4\ \text{м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}.$$

Принимается 2 ряда пластин. Таким образом, в регенераторах устанавливаются фильтросные пластины в 3 ряда, в аэротенке — в 4 ряда в первом коридоре и в 2 — во втором.

По окончании расстановки фильтросных пластин следует уточнить расчет удельного количества воздуха, поскольку отношение J/B, принятое нами в начале расчета, несколько изменилось. Уточнение производится повторным расчетом.

1.4. Подбор воздуходувок

Необходимый напор воздуходувок определим по формуле (54) [9].

$$H = h + h_{ф} + h_{л} + h_{м} + h_{з} = 4{,}2 + 0{,}7 + 0{,}5 + 0{,}10 = 5{,}5 \text{ м}.$$

Напор, развиваемый воздуходувкой,

$$P = \frac{10{,}3 + 5{,}5}{10{,}3} = 1{,}53 \text{ ата}.$$

На нужды очистной станции принимаем дополнительно 10% от суммарного расхода воздуха.

Расчетный расход воздуха

$$Q_{в} = 1{,}1 \times 32750 \cong 36000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По табл. 28.1 п. 28.3 [4] принимаем к установке турбовоздуходувки ТВ-175-1,6 — четыре рабочие и две резервные, по типовому проекту воздуходувной станции на 40 тыс. м³/ч сжатого воздуха.

1.5. Расчет вторичных отстойников

В качестве вторичных отстойников рационально принять радиальные, чтобы сохранить однотипность конструкций с первичными отстойниками. Для обеспечения широты маневра количеством рециркулируемого активного ила (при изменении илового индекса) принимаем конструкцию отстойника с илососами (рис. 2). Минимально допустимый процент рециркуляции составляет 30% для отстойников с илососами, 40% — при удалении ила илоскребами и 60% — в случае самотечного удаления ила (например, из вертикальных отстойников). Таким образом, устройство илососов обеспечит все возможные вариации процента рециркуляции ила.

Расчет отстойников ведут по гидравлической нагрузке q

$$q = \frac{4{,}5\eta H^{0,8}}{(0{,}1ia)^{-0,5-0,01a_t}}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}, \qquad (13)$$

где η — коэффициент использования объема проточной части отстойников, равный 0,4 для радиальных отстойников, 0,45 и 0,35 — для горизонтальных и вертикальных; H — глубина проточной части, м; a_t — вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников, мг/л.

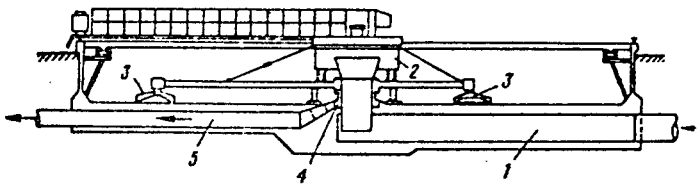


Рис. 2. Схема вторичного отстойника:
1 — подача иловой смеси из аэротенка; *2* — полупогруженная перегородка; *3* — илосос; *4* — сборная камера активного ила; *5* — трубопровод активного ила

Вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников, согласно определению необходимой степени очистки, должен быть не более 16,85 мг/л. В соответствии с принятой степенью очистки по БПК — 15 мг/л назначим вынос взвеси 15 мг/л, что соответствует соотношению БПК и концентрации взвеси в очищенной воде по опыту эксплуатации действующих очистных станций.

Целесообразно назначить высоту слоя проточной части отстойников в пределах от 2,7 до 3,6 м с тем, чтобы выбрать наиболее приемлемое значение. Число отстойников примем равным 4 по аналогии с первичными отстойниками.

Площадь дна отстойников определится по гидравлической нагрузке при максимальном притоке сточных вод.

$$F = \frac{Q}{q}, \text{ м}^2.$$

Результаты расчетов при $i = 80$ см^3/г, $a = 3$ г/л (см. с. 5), $a_t = 15$ мг/л и $\eta = 0{,}4$, $Q = 3716$ м^3/ч сведены в табл. 2.

Таблица 2

H, м	q, м³/м²·ч	F, м²	D при $m=4$
2,7	1,315	2830	30
3,0	1,43	2610	28,8
3,3	1,54	2410	27,8
3,6	1,56	2380	27,6

Возможны и целесообразны два варианта: диаметр отстойников 30 м при глубине проточной части 2,7 м и диаметр 28 м при глубине 3,3 м. Во избежание излишнего заглубления отстойников в водонасыщенные грунты принимаем $D=30$ м, $H=2,7$ м.

Иловая часть отстойников рассчитывается из условия хранения осевшего ила (циркулирующего и избыточного) не более 2 часов. Прирост ила по сухому веществу

$$П=0,8В+K_{п}L_{а},\ г/м^3, \qquad (14)$$

где $K_{п}$ — коэффициент прироста ила изменяется в пределах от 0,3 до 0,5 в зависимости от состава сточных вод, в данном случае принимается равным 0,3; В — вынос взвешенных веществ из первичных отстойников, согласно [1, с. 78] равен 142 мг/л.

$$П=0,8\times142+0,3\times295=202\ г/м^3.$$

Концентрация ила, удаляемого из вторичных отстойников, равна дозе ила в регенераторе $a_{р}$ (6,5 г/л), влажность его составит 99,35%. Суточный объем избыточного ила

$$W_{и}=\frac{П\,Q_{сут}\,100}{10^6\,(100-В_{и})}=\frac{202\cdot64890\cdot100}{10^6\,(100-99,35)}=1980\ м^3/сут.$$

Колнчество циркулирующего нла составляет 43% от среднего (для расчета аэротенков) расхода сточных вод

$$Q_{ц\,и}=0,43\times Q_{р}=0,43\times3527=1520\ м^3/ч.$$

Суммарный объем циркулирующего и избыточного ила за два часа

$$W_и = 2\left(1520 + \frac{1980}{24}\right) = 3200 \text{ м}^3.$$

Максимальная высота иловой части отстойников при Д=30 м и $m=4$

$$h_и = \frac{W_и}{m\pi\frac{D^2}{4}} = \frac{3200}{4 \cdot 3{,}14\frac{30^2}{4}} = 1{,}13 \text{ м}.$$

По аналогии с типовыми проектами можно принять высоту иловой части отстойника 0,7 м, что обеспечит продолжительность хранения ила в течение

$$t = \frac{4 \cdot 3{,}14\frac{30^2}{4} 0{,}7}{1520 + 82{,}5} = 1{,}24 \text{ ч}.$$

Между проточной и иловой частью отстойника предусматривается нейтральный слой высотой 0,3 м.

1.6. Расчет илоуплотнителей

Средний часовой расход избыточного активного ила составляет 82,5 м³/ч при суточном объеме 1980 м³ и влажности 99,35%. Допускается при расчете илопроводов и уплотнителей учитывать сезонные изменения прироста ила и его влажности путем введения коэффициента сезонной неравномерности 1,3.

Радиальные уплотнители применяют при расходе сточных вод выше 30—35 тыс. м³/сут (рис. 3).

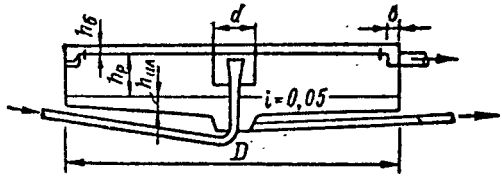


Рис. 3. Схема илоуплотнителя

Расчетная продолжительность уплотнения ила при исходной концентрации 6,5 г/л должна составлять 12—15 ч, при этом влажность уплотненного ила будет 97,3—97%.

Помимо избыточного ила на уплотнители будет поступать фильтрат вакуум-фильтров, в связи с чем следует назначить максимальную продолжительность уплотнения, т. е. 15 ч.

Объем уплотнителей

$$W_у = 1{,}3 \times Q_и \cdot t_у = 1{,}3 \times 82{,}5 \times 15 = 1610 \text{ м}^3 \qquad (15)$$

Принимаются два радиальных уплотнителя диаметром 18 м; площадь днища каждого — 250 м², высота проточной части — 3,25 м (1610/2·250).

Осветленная вода из уплотнителя отводится в аэротенк. Расход осветленной воды при изменении влажности ила с $Вл_1 = 99{,}35$ до $Вл_2 = 97{,}3\%$

$$q_{ов} = q_и\left(1 - \frac{100 - Вл_1}{100 - Вл_2}\right) = 82{,}5\left(1 - \frac{100 - 99{,}35}{100 - 97{,}3}\right) = 62{,}5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суточный объем уплотненного ила

$$W_{уп} = W_и \frac{100 - Вл_1}{100 - Вл_2} = 1980 \cdot \frac{100 - 99{,}35}{100 - 97{,}3} = 476 \text{ м}^3/\text{сут}. \qquad (16)$$

2. РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Принимая во внимание значительный суточный расход сточных вод — 64890,39 м³ [1], в проекте предусматривается их обеззараживание жидким хлором.

2.1. Расчет хлордозаторной и расходного склада хлора

Сточные воды города подвергаются полной биологической очистке [1]. В этом случае доза хлора согласно [2] принимается равной 3 г/м³. Суточное количество потребляемого хлора составит

$$P = \frac{64890{,}39 \cdot 3}{1000} = 184{,}7 \text{ кг/сут}.$$

Максимальный часовой расход хлора

$$P_ч = \frac{3716{,}38 \cdot 3}{1000} = 11{,}16 \text{ кг/ч}.$$

Согласно требованиям СНиП [2] необходимо предусмотреть возможность увеличения дозы хлора в 1,5 раза:

$$P_ч' = 11{,}16 \times 1{,}5 = 16{,}74 \text{ кг/ч}.$$

В процессе эксплуатации доза хлора уточняется так, чтобы остаточная его концентрация после контактного бассейна была не менее 1,5 мг/л [2].

Для дозирования хлора и приготовления хлорной воды предусматриваются вакуумные, эжекторные хлораторы ЛОНИИ-100 с ротаметром РС-5 в количестве два рабочих и один резервный, производительностью от 2,05 до 12,8 кг/ч [3].

Давление хлоргаза перед хлоратором — до 35 кгс/см², после редукционного клапана — 0,2 кгс/см². Расход воды для растворения хлоргаза и работы эжектора принимается равным 10 м³ на один хлоратор при его максимальной производительности 16,74/2=8,37 кг/ч или 1,2 м³ на 1 кг хлора [3]. Тогда расход воды составит

$$Q_{сут} = 184{,}7 \times 1{,}2 = 221{,}6 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q_{ч}^{макс} = 16{,}74 \times 1{,}2 = 20{,}08 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вода к эжектору подводится с напором не менее 30 м в. с., из эжектора хлорная вода выходит с давлением 5—7 м в. с. Устанавливается один рабочий и один аварийный эжектор. Вода в хлораторную подается из питьевого водопровода.

Таким образом, максимальный расход хлора 16,74 кг/ч. Обеспечить его с помощью баллонов трудно. Потребовалось бы одновременно установить на весы перед каждым хлоратором по 17 баллонов (16,74/0,5×2), так как съем хлора с одного баллона при 16° С равен 0,5 кг/ч. Поэтому целесообразней применять бочки (контейнеры), съем хлора с которых равен 3 кг/ч с одного квадратного метра их поверхности. Принимаются бочки объемом 500 л весом 428 кг, вес жидкого хлора — 640 кг, давление — 15 кгс/см², длина — 1800 мм, диаметр — 640 мм, боковая поверхность — 4,2 м² ($F=3{,}14\times 0{,}64\times 1{,}8+2\times 3{,}14\times 0{,}64^2/4=4{,}2$ м²) [3]. Максимальный съем хлора с каждой бочки при 16° С будет равен 4,2×3=12,6 кг/ч. В хлораторной устанавливаются 3 бочки, по одной перед каждым хлоратором, в том числе перед резервным. Для весового контроля расхода хлора каждая бочка устанавливается на весах марки РП-2Ц13М — платформенные, циферблатные, с пределом взвешивания 100—2000 кг, длиной — 1710, шириной — 1325, высотой — 1795 мм [3].

С учетом того, что в каждой бочке содержится 640 кг жидкого хлора, полное количество его в хлордозаторной со-

ставит 640×3=1920 кг, что обеспечит работу хлораторов в течение 1920/184,7≅10,4 сут. Перед поступлением в хлоратор газообразный хлор проходит через баллон-грязевик емкостью 50 л (ГОСТ 949—57).

Помещение хлораторной оборудуется центральным отоплением (расчетная температура помещений — 18° С) и приточно-вытяжной вентиляцией, рассчитанной на 6-кратный обмен воздуха в час [4]. Подогрев приточного воздуха осуществляется калорифером. Для подачи хлорной воды в смеситель применены трубы из полиэтилена (ГОСТ 18599—73), которые в помещении хлордозаторной укладываются в каналах, устраиваемых в полу, а вне помещения, между хлордозаторной и смесителем — в земле в футлярах из асбоцементных труб. От каждого эжектора трубы укладываются отдельно. Каналы для труб, устраиваемые в полу хлордозаторной, имеют покрытие из съемных железобетонных плит, в трех местах плиты заменены решетками из деревянных брусьев, каналы подключены к вытяжной вентиляции. Хлордозаторная имеет два выхода в противоположных концах, один из них — через тамбур, все двери открываются наружу.

Аварийные стоки хлорной воды отводятся полиэтиленовыми трубами через емкость с дехлорирующим веществом в смеситель. Подбор дехлорирующего вещества производится по табл. 24.7 [4]. Продолжительность контакта воды с реагентом — 10 мин при интенсивном перемешивании.

Во входном тамбуре хлордозаторной установлены шкаф для спецодежды, противогазов и препаратов химической защиты, бочка с гипосульфитом, включатели освещения и пускатели моторов вентиляторов.

К помещению хлордозаторной примыкает расходный склад хлора, отделенный от нее кирпичной стеной без проемов. Склад отопления не имеет. Жидкий хлор поставляется заводом в бочках (контейнерах) [3, 4], размеры которых приведены выше. В складе хранится 30-дневный запас хлора [4]. Общее количество бочек будет равно: 184,7×30/640≅ ≅9 шт. В помещении склада бочки располагаются в горизонтальном положении в два ряда — по 5 и 4 в ряду. Расстояние между бочками, а также между стенами и бочками — 0,8 м. С торцевой стороны склада, перед воротами, предусмотрена площадка 2,3×3,66 м для маневрирования тележки, на которой бочки транспортируются в хлордозаторную. Ее грузоподъемность — 1200 кг. Тележка может быть заменена автокарой.

Бочки укладываются на деревянные стеллажи так, чтобы каждая из них лежала на двух опорах с вырезами по диаметру бочки, глубиной 1/4 ее диаметра. Ширина стеллажей на 0,4 м больше диаметра бочки. Размеры склада в осях — 12×6 м. Склад оборудуется однобалочным мостовым краном (кран-балка) с тельфером грузоподъемностью 1300 кг, снабженным специальным устройством для захвата бочек.

Здание расходного склада и хлордозаторной (рис. 4) отдельностоящее, второй степени огнестойкости, с гидроизоляцией, пол покрыт кислотостойким асфальтом, уложенным с уклоном к трапам местной канализации, перекрытие бесчердачное, высота помещения — 4,5 м, двери и ворота деревянные, обитые кровельным оцинкованным железом. Окна на складе не предусматриваются. Освещение осуществляется лампами дневного света. Помещение склада должно быть оборудовано приточно-вытяжной постоянно действующей вентиляцией и аварийной вентиляцией, рассчитанными на 6-кратный обмен воздуха в час.

Перед зданием предусматривается асфальтированная площадка вдоль всего фасада здания шириной

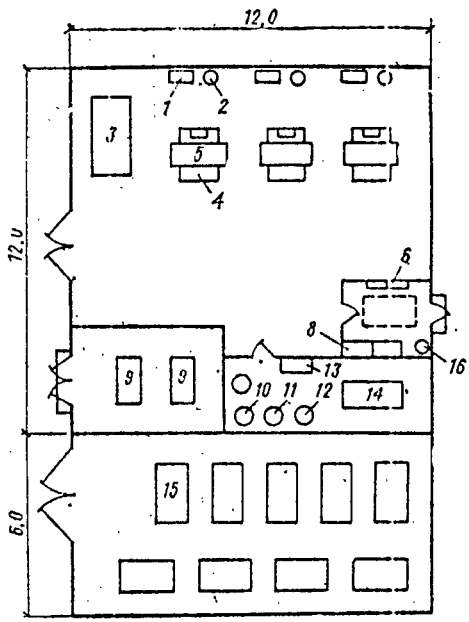


Рис. 4. Схема хлордозаторной:

1 — хлораторы вакуумные; *2* — баллоны-грязевики; *3* — футляр для поврежденных контейнеров с хлором; *4* — циферблатные весы; *5* — контейнеры с хлором; *6* — пускатели моторов вентиляторов и включатели освещения; *7* — приямок для дехлорирования аварийных сбросов хлорной воды; *8* — шкафы с противогазами, спецодеждой и препаратами химической защиты; *9* — вентиляторы; 10 — адсорбционные колонны; *11* — масловый отделитель; *12* — холодильник воздуха; *13* — калорифер; *14* — компрессор; *15* — контейнеры с жидким хлором; *16* — бочка с гипосульфитом

6 м. Ворота склада должны иметь размеры, позволяющие частично заехать автомашине с бочками грузоподъемностью 3—5 т в склад, чтобы использовать для разгрузки бочек мостовой кран. В воротах предусматривается дверь обычных размеров.

Внутренние поверхности помещений склада и хлордозаторной окрашиваются перхлорвиниловыми эмалями.

Расходный склад хлора располагается на расстоянии 30 м от производственных и 300 м — от жилых зданий. Выброс вентиляционного воздуха производится через трубу высотой 15 м (от уровня земли). На складе имеется специально оборудованный стальной футляр для использования аварийных бочек.

2.2. Расчет смесителя

Наиболее простым в устройстве и эксплуатации, обеспечивающим достаточно эффективное смешение сточной жидкости с хлорной водой при сравнительно небольшой потере напора, является ершовый смеситель. Ни один из типовых смесителей не подходит для расхода 1,032 м³/с (данные о типовых смесителях помещены в табл. 107 [5], с. 274), поэтому в проекте рассчитывается и конструируется нетиповой ершовый смеситель (рис. 5). Он выполняется в железобетонном лотке с пятью перегородками, что считается достаточным для ершового смесителя.

Сточная жидкость к смесителю подводится лотком с размерами: $B_л = 1{,}2$ м; $H_л = 0{,}80$ м; $J_л = 0{,}001$; $v_л = 1{,}08$ м/с (расчет лотка см. на с. 79 [1]).

Скорость в щелях между перегородками смесителя принимается согласно [2] 1,0 м/с. Тогда потеря напора в щели, вычисленная по формуле (36) [1] при $\varsigma = 2{,}5$ [5]

$$h_щ = 2{,}5 \frac{1{,}0^2}{29{,}81} = 0{,}128 \text{ м}.$$

Суммарная потеря напора во всех щелях будет

$$\Sigma h_щ = 0{,}128 \times 4 = 0{,}512 \text{ м}$$

Площадь сечения щели вычисляется по формуле

$$w_щ = \frac{Q}{U} = \frac{1{,}032}{1{,}0} = 1{,}032 \text{ м}^2.$$

Высота потока в щели будет

$$H_{щ} = H_{л} + h_{щ} = 0{,}80 + 0{,}128 = 0{,}928 \text{ м}.$$

Тогда ширина щели

$$B_{щ} = \frac{w_{щ}}{H_{щ}} = \frac{1{,}032}{0{,}928} = 1{,}11 \text{ м}.$$

Ширину смесителя $B_{с}$ конструктивно принимаем равной

$$1{,}11 \times \sin 45° + 2 \times 0{,}3075 = 1{,}11 \times 0{,}707 + 0{,}615 = 1{,}4 \text{ м}.$$

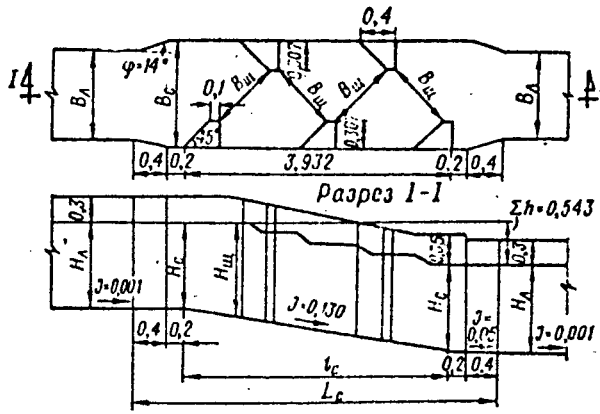


Рис. 5. Схема ершового смесителя

Смеситель с лотками соединяется плавным расширением в начале и сужением в конце.

Принимая высоту потока в смесителе $H_{с}$ до первой щели и после последней щели равной 0,80 м, можно определить потери напора в расширении и сужении до и после смесителя. Пользуясь формулами (57), (36) [1] и (19.3) [6], получим

$$v_{с} = \frac{1{,}032}{0{,}80 \cdot 1{,}4} = 0{,}923 \text{ м/с},$$

где $v_{с}$ — скорость в смесителе перед первой щелью.

$$\zeta = 0{,}71 \left(\frac{0{,}80 \cdot 1{,}4}{0{,}80 \cdot 1{,}2} - 1 \right)^2 = 0{,}0195.$$

$$h_{\text{расш}} = 0{,}0195\,\frac{0{,}923^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}0009 \text{ м}.$$

Здесь значение коэфициента K в формуле (19.3) [6] взято равным 0,71 для угла расширения 28°.

$$h_{\text{суж}} = 0{,}24\,\frac{1{,}08^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}014 \text{ м}.$$

Значение ς в формуле (36) [1] принято по [6].

Потери на увеличение скорости при сужении вычисляются по формуле

$$h_{\text{ув ск}} = \frac{v_д^2 - v_c^2}{2g}, \qquad (17)$$

$$h_{\text{ув ск}} = \frac{1{,}08^2 - 0{,}923^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}0158 \text{ м}.$$

Восстановление напора при расширении в данном случае не учитывается, оно практически будет равно 0, так как при угле расширения более 20° восстанавливаемая потенциальная энергия целиком затрачивается на образование вихрей в зоне расширения.

Общие потери в смесителе будут

$$h_c = \Sigma h_{\text{щ}} + h_{\text{расш}} + h_{\text{суж}} + h_{\text{ув ск}} =$$
$$= 0{,}1284 + 0{,}0009 + 0{,}014 + 0{,}0158 = 0{,}543 \text{ м}.$$

Общая длина смесителя (см. рис. 5) конструктивно получается равной

$$L_c = 0{,}4 + 4{,}33 + 0{,}4 = 5{,}13 \text{ м}.$$

Длина участка смесителя l_c, на котором расположены перегородки, равна 3,93 м. Дно этого участка устраивается с уклоном

$$i = \frac{\Sigma h_{\text{щ}}}{l_c} = \frac{0{,}512}{3{,}93} = 0{,}13.$$

Последний участок смесителя в месте сужения устраивается тоже с уклоном

$$i = \frac{h_{\text{суж}} + h_{\text{ув ск}}}{0{,}6} = \frac{0{,}0298}{0{,}6} = 0{,}05.$$

Дно участка смесителя на входе (расширение) делается горизонтальным, так как потеря в расширении ничтожно мала.

2.3. Расчет контактных бассейнов

Согласно [2] продолжительность контакта сточной жидкости с хлором должна быть не менее 30 мин. Время протекания воды от смесителя до контактных бассейнов и от бассейнов до водоема по местным условиям незначительно и в расчет не принимается. Следовательно, в контактных бассейнах вода должна находиться 30 мин.

В качестве контактных бассейнов проектом предусматривается устройство горизонтальных железобетонных отстойников, рассчитанных на максимальный расход 3716 м³/ч.

Принимаются 4 бассейна, емкость каждого определится из выражения

$$W_{к\,б} = \frac{Q_{макс} t}{n}, \qquad (18)$$

где $W_{к.б}$ — емкость проточной части контактного бассейна, м³; t — продолжительность протекания воды по бассейну, ч; n — количество бассейнов,

$$W_{к\,б} = \frac{3716 \cdot 0{,}5}{4} \cong 465 \text{ м}^3$$

Принимаем длину бассейна $a_{к.б} = 25$ м и ширину $B_{к.б} = 6$ м. Тогда глубина проточной части бассейна $H_{п\,ч}$ будет

$$H_{п\,ч} = \frac{W_{к\,б}}{L_{к\,б} B_{к\,б}}, \qquad (19)$$

$$H_{п\,ч} = \frac{465}{25 \cdot 6} = 3{,}1 \text{ м}.$$

Дно бассейна выполняется с уклоном 0,01 к иловому приямку, который устраивается в начале бассейна (рис. 6).

Количество осадка, выпадающего в контактных бассейнах, определяется по [2] — 0,03 л/чел·сут, влажностью 96%. Объем его вычисляется по формуле

$$W_o = \frac{q N_{пр}^{БПК}}{1000}, \qquad (20)$$

где W_o — объем выпавшего осадка, м³/сут; q — норма выпадающего осадка на 1 человека, $q=0{,}03$ л/чел; $N_{пр}^{БПК}$ — приведенное число жителей по БПК (оно равно 444211 чел., см. с. 58 [1]),

$$W_o = \frac{0{,}03 \cdot 444211}{1000} = 13{,}3 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

В одном бассейне в сутки будет выпадать 3,32 м³ осадка (13,3 : 4). Иловый приямок рассчитывается на 2-суточный объем осадка, т. е. его емкость должна быть не менее 6,64 м³.

3. РАСЧЕТ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД

Выпуск очищенной сточной жидкости в реку осуществляется одним водоводом из стальных труб. Расстояние от выходного колодца контактных бассейнов до уреза воды в реке при высоком горизонте ориентировочно принимается равным 45 м. Это расстояние уточняется при разработке генплана очистной станции. По условиям расчета потребной степени очистки оголовок выпуска должен быть расположен в фарватере реки. Ширина реки при высоком горизонте воды в ней, согласно исходным данным, равна 76 м (рис. 7).

Оголовок выпуска (см. рис. 7) устанавливается в наиболее глубоком месте русла на расстоянии 40 м от уреза воды (при высоком горизонте воды в реке). Таким образом, длина выпуска будет равна 85 м. Диаметр трубы принимается 1000 мм. Тогда по [10] производим расчет потерь по длине при максимальном расходе:

$$d = 1000 \text{ мм}; \quad q = 1032 \times 1{,}4 = 1445 \text{ л/с}$$

(здесь 1,4 — увеличение расхода с учетом развития очистной станции [2]);

$$v = 1{,}84 \text{ м/с}; \quad 100i = 0{,}43 \text{ м}; \quad h_l = 0{,}43 \times 0{,}85 = 0{,}365 \text{ м}.$$

В речной части выпуска между береговым колодцем и оголовком будет два плавных поворота по 30°. Местные сопротивления определяются по формуле (36) [1]. Коэффициент местного сопротивления $\zeta_{пов}$ определяется согласно [6]

$$2h_{пов} = 2 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}84 \frac{1{,}84^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}16 \text{ м}.$$

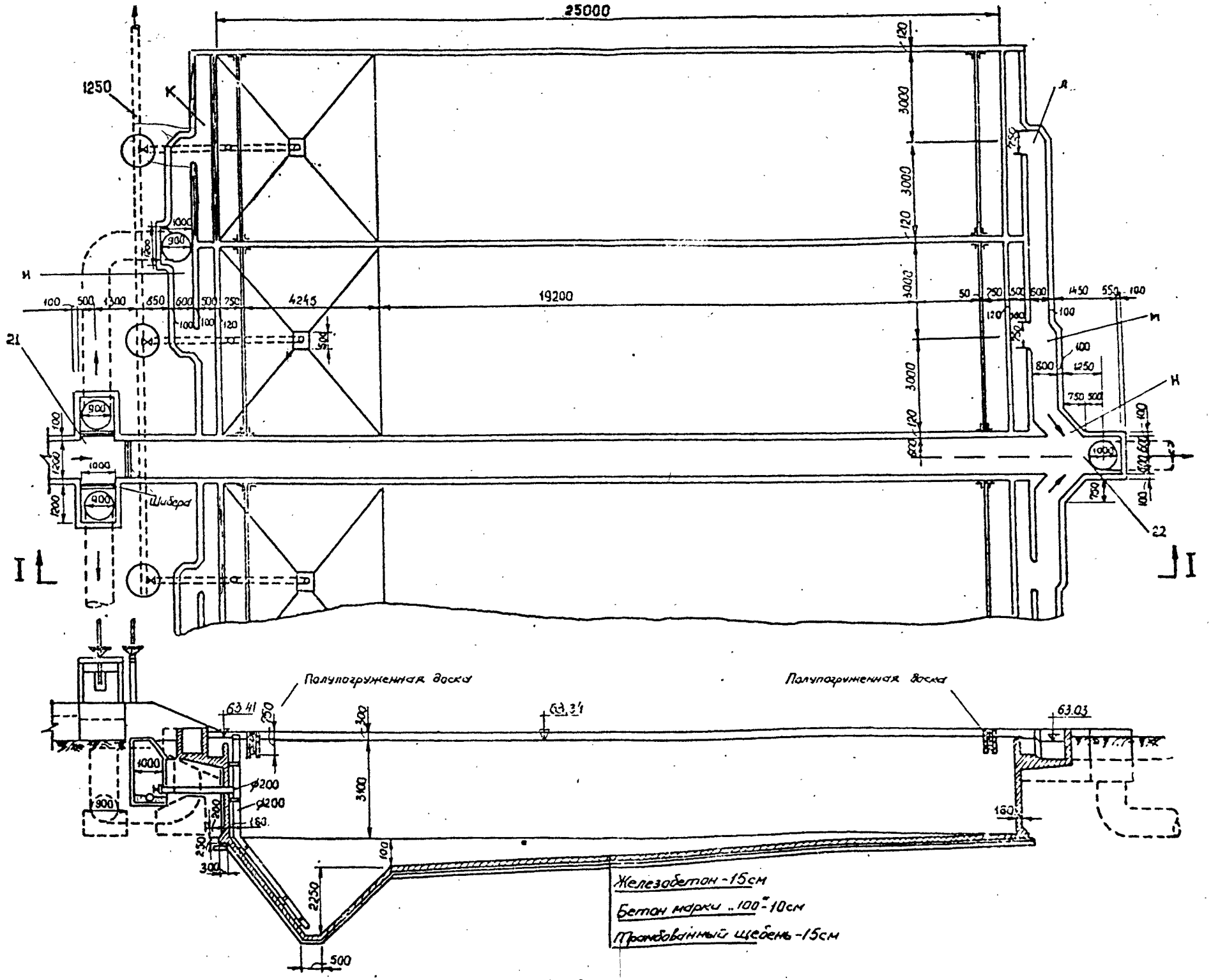


Рис. 6. Контактный бассейн

Здесь коэффициент местного сопротивления ζ принимается равным 0,84 для угла поворота 90° при отношении $\frac{R}{d}=1$, а коэффициент 0,55 — поправка к ζ, так как фактически угол поворота равен 30°.

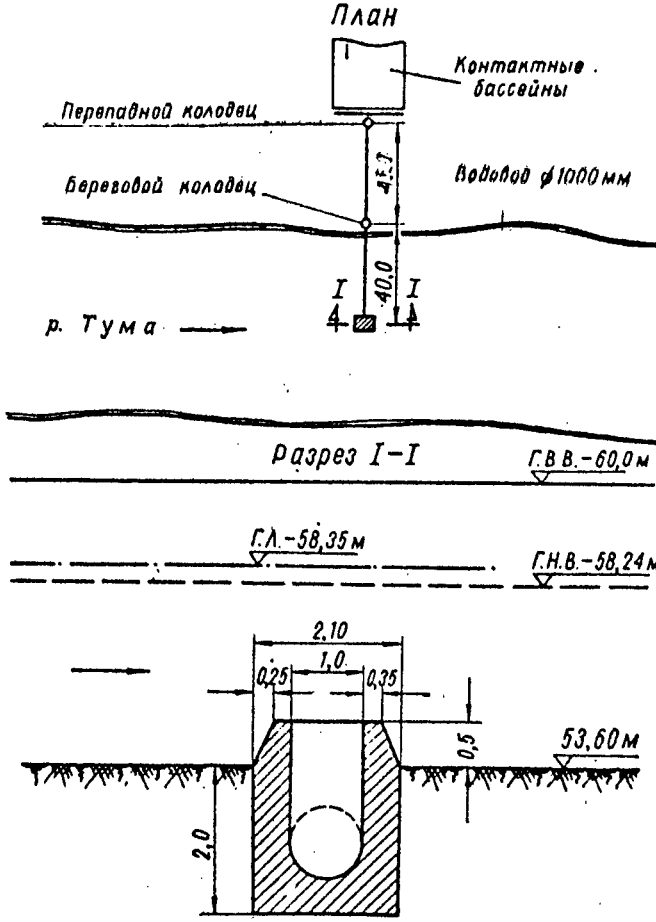


Рис. 7. Схема выпуска очищенной воды в фарватер реки

Потери напора в оголовке состоят из потерь на резкий поворот трубы на 90° и потерь на выход в водоем.

Потери на поворот определяются по формуле (36) [1] с коэффициентом $\zeta = 1{,}2$ по [6].

$$h_{пов} = 1{,}2 \frac{1{,}84^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}206 \text{ м}.$$

Потери на выход в водоем могут быть определены по формуле

$$h_{вых} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}, \qquad (21)$$

где v_1 — скорость сточной жидкости в трубе; v_2 — скорость в водоеме.

В данном случае v_2 приравнивается к нулю, так как скорость водоема создается не потоком сточной жидкости, а присуща самому водоему. Эжектирующим действием потока водоема пренебрегаем.

$$h_{вых} = \frac{(1{,}84 - 0)^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}173 \text{ м}.$$

Общие потери при пуске будут

$$h_{вып} = h_l + 2h_{ист} + h_{пов} + h_{вых} =$$
$$= 0{,}365 + 0{,}16 + 0{,}206 + 0{,}133 = 0{,}904 \text{ м}. \qquad (22)$$

4. РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

4.1. Определение количества и средней влажности осадка

Суммарное количество осадка будет складываться из количества дробленых отбросов, осадка первичных отстойников, уплотненного избыточного активного ила и осадка из контактных бассейнов. Количество и влажность дробленых отбросов и осадка были определены в [1]. Данные о количестве и влажности осадков приведены в табл. 3.

При расчете коммуникаций и насосов для дробленых отбросов необходимо учесть, что они разбавляются уплотненным избыточным илом в количестве 40 м³ на 1 т отбросов. Расход этой смеси составит: $4{,}64 \times 40 + 6{,}2 = 191{,}8$ м³/сут.

Сведения о количестве дробленых отбросов и осадка из первичных отстойников см. на с. 71 и 79 [1], избыточном уплотненном иле и осадке из контактных бассейнов — на с. 16, 27.

Таблица 3

Характер осадка	Количество, м³/сут	Влажность, %
Дробленые отбросы	6,2	80
Из первичных отстойников	173,3	93,5
Из уплотнителей	476	97,3
Из контактных бассейнов	13,3	96
ИТОГО	668,8	

Средняя влажность смеси осадков $P_{ср}$ определится как средневзвешенная величина:

$$P_{ср} = \frac{6,2 \times 80 + 173,3 \times 93,5 + 476 \times 97,3 + 13,3 \times 96}{668,8} = 96,2\%.$$

4.2. Расчет метантенков

Для минерализации органических веществ осадка предусматривается анаэробное сбраживание его в метантенках, работающих в мезофильном режиме. Это объясняется тем, что обезвоживание сброженного осадка осуществляется на вакуум-фильтрах, а осадок после термофильного сбраживания имеет большое удельное сопротивление и плохо фильтруется. Доза ежесуточной загрузки при влажности смеси осадков 96,2% равна 10,2% [2]. Тогда объем метантенков $W_м$ определится по зависимости

$$W_м = \frac{w_{ос} \cdot 100}{d} = \frac{668,8 \cdot 100}{10,2} = 6530 \text{ м}^3, \qquad (23)$$

где $w_{ос}$ — суточный объем осадков, м³; d — доза загрузки, %.

Так как среди типовых метантенков нет близких по объему, то принимаются два типовых метантенка диаметром 17,5 м (см. [4], табл. 36.5), но с увеличенной на 4 м высотой цилиндрической части. Тогда высота верхнего конуса будет равна 2,5 м; нижнего — 3,05 м; цилиндрической части — 12,5 м; полезный объем одного метантенка — 3462 м³; обоих метантенков — 6924 м³.

Фактическая доза загрузки

$$d = \frac{668{,}8 \cdot 100}{6924} = 9{,}7\%.$$

Распад беззольного вещества загружаемого осадка согласно [2] определится по формуле

$$y = a - nd, \qquad (24)$$

где y — распад беззольного вещества осадка, %; a — максимально возможное сбраживание беззольного вещества, %; n — коэффициент, учитывающий влажность осадка, принимается по [2].

Величина a в данном случае определяется как средневзвешенная для четырех видов осадков по беззольному веществу, причем для осадка из первичных отстойников и дробленых отбросов $a = 53\%$, а для активного ила и осадка из контактных бассейнов $a = 44\%$. Количество беззольного вещества для подобных осадков по данным химических анализов составляет 73% после первичных отстойников и 70% — в активном иле и осадке из контактных бассейнов. Средняя величина возможного предела сбраживания $a_{ср}$ будет

$$a_{ср} = \frac{\left(6{,}2\,\frac{100-80}{100} + 173{,}3\,\frac{100-93{,}5}{100}\right)0{,}73 \cdot 53 + \left(476\,\frac{100-97{,}3}{100} + \right.}{\left(6{,}2\,\frac{100-80}{100} + 173{,}3\,\frac{100-93{,}5}{100}\right)0{,}73 + \left(476\,\frac{100-97{,}3}{100} + \right.} - \ldots$$

$$- \ldots \frac{\left. + 13{,}3\,\frac{100-96}{100}\right)0{,}7 \cdot 44}{\left. + 13{,}3\,\frac{100-96}{100}\right)0{,}7} = 47{,}5\%.$$

Распад осадка по (24)

$$y = 47{,}5 - 0{,}5 \times 9{,}7 = 42{,}65\%.$$

Значение n найдено по [2] равным 0,5, что соответствует влажности осадка 96,2%.

Количество газа, получаемое при сбраживании осадка, принимается равным 1 г на 1 г распавшегося беззольного вещества.

Суточное количество получаемого газа $G_{газ}$

$$G_{газ} = /\left(6{,}2\frac{100-80}{100} + 173{,}3\frac{100-93{,}5}{100}\right)0{,}73 +$$

$$+\left(476\frac{100-97{,}3}{100} + 13{,}3\frac{100-96}{100}\right)0{,}7\ /0{,}4265 =$$

$$= /(1{,}24 + 11{,}27)\,0{,}73 + (12{,}85 + 0{,}53)\,0{,}7/0{,}4265 =$$

$$= (9{,}1 + 9{,}36)\,0{,}4265 = 7{,}87 \text{ т.}$$

Удельный вес газа приближается к 1 кг/м³, поэтому объем его составит 7870 м³/сут. Емкость газгольдеров рассчитывается на 2—4-часовой расход газа. Предусматривается установка двух мокрых газгольдеров объемом по 600 м³ (табл. 36.6 [4]). Продолжительность хранения газа составит

$$t = \frac{2 \cdot 600 \cdot 24}{7870} = 3{,}68 \text{ ч.}$$

Количество тепла S_o, необходимое для поддержания оптимальной температуры бродящей массы (при мезофильном процессе +33° С) определяется ориентировочным расчетом.

$$S_o = S(t_{бм} - t_0)\,W_{ос}\frac{1+\Delta}{\eta}, \text{ ккал/сут,} \qquad (25)$$

где S — удельное количество тепла, потребное для подогрева осадка, равно 1350 ккал/м³·град [2]; $t_{бм}$ — температура бродящей массы; t_0 — минимальная температура осадка, в зимний период, равная температуре сточных вод в тот же период; Δ — потери тепла при его передаче, составляющие 0,1 от общего количества тепла; η — коэффициент полезного действия котельной, принимаемый равным 0,65.
Таким образом,

$$S_o = 1350\,(33 - 14{,}5)\,668{,}8\frac{1+0{,}1}{0{,}65} = 28\,300000 \text{ ккал/сут.}$$

Количество тепла, выделяющееся при сжигании газа теплотворной способностью 5000 ккал/м³, составит: $S_2 = 7870 \times 5000 = 39300000$ ккал/сут.

При использовании газа в котельной метантенков количество тепла будет превышать потребность в нем, часть тепла может быть израсходована на другие нужды станции (термосушку осадка и т. п.). Схема метантенков приведена на рис. 8.

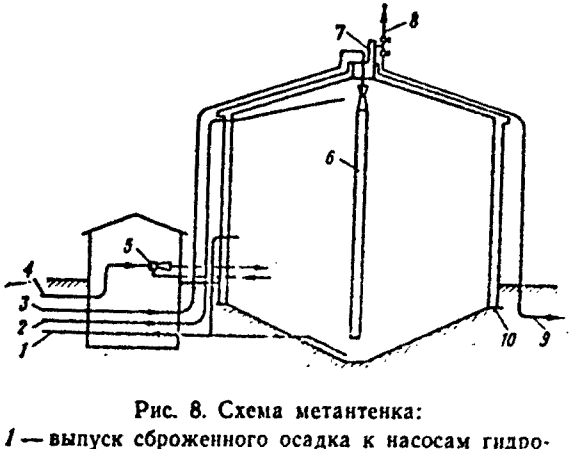


Рис. 8. Схема метантенка:
1 — выпуск сброженного осадка к насосам гидроэлеватора; *2* — подача сырого осадка; *3* — напорный трубопровод от насосов гидроэлеватора; *4* — пар для подогрева бродящей массы; *5* — паровой эжектор; *6* — гидроэлеватор; *7* — газовый колпак; *8* — газовая свеча; *9* — газ в газовый кноск; *10* — теплоизоляция

4.3. Расчет вакуум-фильтров, вспомогательного оборудования и аварийных иловых площадок

Колнчество осадка, подлежащего обезвоживанию, составляет 668,8 м³/сут. Площадь иловых площадок при иагрузке $h=2$ м³/м² в год и климатическом коэффициенте $K=1{,}0$ по [2] будет

$$F=\frac{W_{oc}\cdot 365}{hK} \qquad (26)$$

$$F_{\text{нетто}}=\frac{668{,}8\cdot 365}{2\cdot 1}=126000 \text{ м}^2.$$

С учетом дополнительных 20% площади иа устройство дорог и валиков

$$F_{\text{брутто}}=126000\times 1{,}2=151200 \text{ м}^2.$$

Следовательно, для устройства площадок необходим участок в 15,2 га. Таким земельным участком город не располагает; транспортировка осадка на значительное удаление от города нецелесообразна по экономическим соображениям.

Поэтому принимается решение об устройстве узла механического обезвоживания осадка.

В качестве резерва предусматриваются иловые площадки для подсушивания 25% годового объема осадка. Площадь резервных площадок

$$F_{\text{в}} = 0{,}25 \times 151200 = 37700 \text{ м}^2.$$

Суммарная длина площадок при ширине каждой 20,5 м составит

$$L_{\text{с}} = \frac{37700}{20{,}5} = 1840 \text{ м}.$$

Для проектирования принимается 14 площадок длиной 132 м каждая. Площадки устраиваются в два ряда по 7 шт. Высота разделительных валиков — 1,5 м; ширина по верху — 0,7 м, откосы — 1 : 1. Посредине каждой площадки устраивается дорога шириной 3,5 м.

Дренаж из асбестоцементных труб диаметром 125 мм укладывается вдоль дороги с уклоном 0,003. В боковых разделительных валиках площадок устроены перепускные устройства для отведения иловой воды, выделяющейся при уплотнении осадка. Каждый валик имеет два перепускных устройства на расстоянии 37 м от начала и конца площадки. Чертежи иловых площадок подобной конструкции показаны в [7, с. 86].

В проекте предусматривается обезвоживание осадка на вакуум-фильтрах, схема процесса показана на рис. 9. Сброженный осадок подвергается промывке очищенной водой и уплотнению в илоуплотнителях. Уплотненный осадок коагулируется хлорным железом с добавкой извести и направляется на вакуум-фильтрацию. Обезвоженный осадок подвергается термической сушке. Кратность промывки принимается 1 : 3 [2], т. е. на 1 объем осадка 3 объема промывной воды или 2006 м³/сут (668,8×3). Насосы для подачи очищенной воды располагаются в здании насосно-воздуходувной станции. Перемешивание осадка с промывной водой производится в смесителе с продувкой воздухом. Емкость смесителя рассчитывается на 10 мин пребывания в нем смеси. Объем смесителя определяется в зависимости от расхода осадка, выгружаемого из метантенка.

Осадки подаются в метантенк насосами. При непрерывной подаче осадка расход его составит 7,8 л/с $\left(\frac{668{,}8 \cdot 1000}{24 \cdot 3600}\right)$.

Объем смесителя при продолжительности перемешивания 10 мин [2] будет

$$W_c = \frac{7{,}8\,(1+3)\cdot 10\cdot 60}{1000} = 18{,}7 \text{ м}^3.$$

Смеситель состоит из двух отделений поперечным сечением 2×1,5 м и длиной 3,1 м каждое. Слияние осадка с промывной водой осуществляется в приемной камере, устанавливаемой перед смесителем.

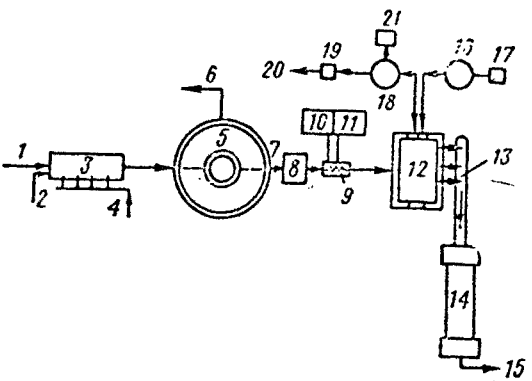


Рис. 9. Схема процесса механического обезвоживания и термической сушки осадка:
1 — подача осадка из метантенка; *2* — подача промывной воды; *3* — смеситель; *4* — подача сжатого воздуха для перемешивания осадка с промывной водой; *5* — уплотнитель; *6* — сливная вода в приемную камеру очистной станции; *7* — уплотненный осадок; *8* — насосная станция уплотненного осадка; *9* — смеситель; *10* — дозатор раствора $FeCl_3$; *11* — дозатор известкового молока; *12* — вакуум-фильтр; *13* — транспортер; *14* — барабанная сушилка; *15* — подсушенный осадок на затаривание; *16* — ресивер воздуходувки; *17* — воздуходувка; *18* — ресивер вакуум-насоса; *19* — бак для фильтрата; *20* — фильтрат в илоуплотнитель; *21* — вакуум-насос

Расход воздуха на перемешивание при норме 0,5 м³ на 1 м³ смеси будет равен 15,6 л/с (56,2 м³/ч). Распределение воздуха осуществляется при помощи четырех вертикальных труб — стояков диаметром 25 мм, устанавливаемых через 0,7 м друг от друга по одной стороне (у стены) каждого от-

деления смесителя. Трубы заглублены на 1,8 м от уровня воды и не доходят до дна на 0,2 м. Подача воздуха производится от воздуходувной станции аэротенков.

Уплотнение осадка предусматривается в радиальных отстойниках, рассчитываемых на 12—18 часов пребывания смеси. Объем смеси при уплотнении в течение 12 часов

$$W_y = \frac{668{,}8\,(1+3)}{24}\,12 = 1337{,}6\ \text{м}^3.$$

В качестве уплотнителей приняты два первичных радиальных отстойника диаметром 18 м. Площадь каждого уплотнителя — 254 м², глубина отстойной части — 2,65 м. Уплотненный осадок хранится в уплотнителях в течение суток, поэтому иловая часть отстойников принимается равной суточному объему осадка при влажности 95%.

Количество уплотненного осадка уменьшается за счет уноса части вещества с промывной водой. Промывная вода, выделяющаяся при отстаивании, содержит 1 г/л взвешенных веществ, $БПК_п$ ее — 600 мг/л [2]. Она направляется в первичные отстойники и создает дополнительные загрязнения, которые были учтены при расчете первичных отстойников (с. 76 [1]) и аэротенков (с. 5).

Вес осадка после сбраживания вычисляется по формуле

$$G_c = G_{исх}\left[1 - \frac{y\,(1 - S_{ос})}{100}\right], \qquad (27)$$

где $G_{исх}$ — вес осадка до сбраживания, т; y — распад беззольного вещества осадка, %; $S_{ос}$ — зольность осадка до сбраживания в долях единицы.

Величина $S_{ос}$ находится как средневзвешенная зольностей оставляющих смесь осадков, т. е. для осадков первичных стойников и дробленых отбросов — 27%, для уплотненного ктивного ила и осадка контактных бассейнов — 30%.

$$S_{ос} = \frac{27\left[\frac{173{,}3\,(100-93{,}5)}{100} + \frac{6{,}2\,(100-80)}{100}\right] + 30\left[\frac{476\,(100-97{,}3)}{100} + \frac{13{,}3\,(100-96)}{100}\right]}{\frac{173{,}3\,(100-93{,}5)}{100} + \frac{6{,}2\,(100-80)}{100} + \frac{476\,(100-97{,}3)}{100} + \frac{13{,}3\,(100-96)}{100}} =$$

$$= \frac{27\,(11{,}22 + 1{,}24) + 30\,(12{,}85 + 0{,}532)}{11{,}22 + 1{,}24 + 12{,}85 + 0{,}532} = 28{,}6\%,$$ или в долях единицы 0,286.

Тогда

$$G_c = \frac{668{,}8\,(100 - 96{,}2)\,1{,}02}{100}\left[12\,\frac{42{,}65\,(1 - 0{,}286)}{100}\right] =$$

$$= 25{,}9 \cdot 0{,}696 = 18 \text{ т.}$$

Объем уплотненного осадка за сутки

$$W_y' = \frac{18 \cdot 100}{(100 - 95)\,1{,}02} = 353 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Количество сливной воды из илоуплотнителя

$$W_в = 688{,}8 \times (1 + 3) - 353 = 2322{,}2 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Унос взвешенных веществ со сливной водой при концентрации 1 г/л [1]

$$G_{в.в} = 2322{,}2 \times 1 = 2322{,}2 \text{ кг.}$$

Эти взвешенные вещества создадут дополнительные загрязнения.

$$K_{в.в} = \frac{2322{,}2 \cdot 1000}{64890{,}39} = 35{,}9 \text{ мг/л.}$$

Аналогично определяются дополнительные загрязнения по $БПК_п$.

$$K_{БПК_п} = \frac{2322{,}2 \cdot 600}{64890{,}39} = 21{,}5 \text{ мг/л.}$$

Ранее (с. 76 [1]) концентрация дополнительных загрязнений по взвесям была принята равной 33,6 мг/л, по $БПК_п$ — 21 мг/л (с. 4). Ввиду небольшой разницы вносить поправку в расчет отстойников и аэротенков нет необходимости.

Поскольку вес осадка уменьшается за счет уноса с промывной водой, уточненный вес равен

$$G_y = 18{,}0 - 2{,}322 = 15{,}678 \text{ т.}$$

Соответственно уменьшится его объем

$$W_y' = \frac{15{,}678 \cdot 100}{(100 - 95)\,1{,}02} = 303 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Откачка уплотненного осадка из иловой части осуществляется при помощи плунжерных насосов (1 рабочий и 1 резервный) производительностью до 28 м³/ч. Вакуум фильтры целесообразно эксплуатировать в 2 смены, при этом часовой расход перекачиваемого осадка составит 303/16 = 19,14 м³/ч.

До вакуум-фильтрации осадок подвергается кондиционированию хлорным железом и известью, доза реагентов принимается соответственно равной 5 и 12% от веса осадка по сухому веществу. Суточная потребность хлорного железа:

$$15{,}678 \cdot 0{,}05 = 0{,}784 \text{ т/сут.}$$

В проекте предусматривается мокрое хранение $FeCl_3$ в виде 30%-ного раствора объемным весом 1,3 т/м³. Резервуары для хранения раствора рассчитываются на 15-суточный запас реагента. Для обеспечения бесперебойной работы насосной устраивать два резервуара.

Тогда объем каждого

$$W_p = \frac{0{,}784 \cdot 15}{2 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}3} = 15{,}05 \text{ м}^3,$$

где 1,3 — объемный вес 30%-ного раствора хлорного железа. Резервуары для мокрого хранения $FeCl_3$ устраиваются под навесом. В здании вакуум-фильтров устанавливаются расходные баки раствора $FeCl_3$ на суточный запас (2 шт.), концентрация растворов в них доводится до 10%.

Объем расходных баков

$$W_{p\,б} = \frac{0{,}784 \cdot 15}{2 \cdot 01 \cdot 1{,}1} = 3{,}56 \text{ м}^3,$$

где 1,1 — объемный вес 10%-ного раствора. При доставке хлорного железа в бочках весом 120 кг и содержании кристаллизационной воды в товарном продукте до 40% количество бочек на 15-суточный запас составит

$$\frac{0{,}784 \cdot 15}{0{,}12 \cdot 0{,}6} = 163 \text{ шт.}$$

Резервуары, коммуникации, арматура, насосы и дозаторы для раствора хлорного железа выполняются из кислотостойких материалов или с соответствующей защитой.

Известь доставляется на очистную станцию в виде пушонки в бумажных мешках по 50 кг. Потребное количество извести на 15-суточный запас составит

$$\frac{15{,}678 \cdot 0{,}12 \cdot 15}{0{,}5} = 56{,}3 \text{ т},$$

где 0,12 — доза извести (12% по сухому веществу осадка);
0,5 — содержание активного CaO в извести (50%).

В растворном узле предусматриваются 2 резервуара на суточный расход реагента 10%-ной крепости. Объем одного резервуара

$$W_р = \frac{15{,}678 \cdot 0{,}12}{2 \cdot 0{,}1 \cdot 1{,}08} = 8{,}7 \text{ м}^3,$$

где 1,08 — объемный вес 10%-ного раствора извести, т/м³.

В отделении вакуум-фильтров устанавливаются 2 расходных бака на подачу раствора в течение одной смены, объем каждого бака

$$W_{р.б} = \frac{15{,}678 \cdot 0{,}12}{2 \cdot 2 \cdot 0{,}1 \cdot 1{,}08} = 4{,}35 \text{ м}^3.$$

Растворные и расходные баки снабжаются устройствами для перемешивания суспензии. Хлорное железо и известь подаются в смеситель непосредственно перед вакуум-фильтрами. Причем прежде вводится хлорное железо, а потом известь.

Согласно [2] для смеси сброженного осадка из первичных отстойников и активного ила производительность вакуум-фильтров может быть принята 25 кг сухого вещества осадка на 1 м² поверхности фильтра в час. При двухсменной работе потребная площадь фильтров составит

$$F_ф = \frac{15{,}678 \cdot 1000}{2 \cdot 8 \cdot 25} = 39{,}2 \text{ м}^2.$$

Согласно табл. 37.3 [4] принимаются два рабочих вакуум-фильтра площадью 20 м² каждый типа БОУ-20-2,6. Фактическая производительность фильтров

$$O = \frac{15{,}678 \cdot 1000}{16 \cdot 2 \cdot 20} = 24{,}4 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч},$$

Помимо двух рабочих устанавливается один резервный вакуум-фильтр. Вакуум-фильтры оснащаются вакуум-насоса-

ми, воздуходувками, ресиверами и ловушками для фильтрата.

Вакуум-насосы подбираются из условия откачки воздуха в количестве 0,5 м³/м²·мин при вакууме 300—500 мм рт. столба (вакуум 50—60%). Производительность вакуум-насосов составит 20 м³/мин (20×2×0,5) воздуха. К установке принимаются два водокольцевых насоса марки ВВН-12 производительностью 11,7 м³/мин при вакууме 60%. Подбор воздуходувок производится по требуемой подаче сжатого воздуха 0,1 м³/мин на 1 м² поверхности фильтрующей ткани при давлении 0,5 ати [2]. Количество потребного воздуха — 4 м³/мин. К установке принимается водокольцевая воздуходувка типа ВВН-6 производительностью 5,2 м³/мин при давлении 0,8 ати.

Кек, снимаемый с вакуум-фильтров, имеет влажность 80%. Содержание сухого вещества $G_{ск}$ в кеке (вместе с 0,784 т хлорного железа и 3,75 т извести) составит

$$G_{ск} = 15{,}678 + 0{,}784 + 3{,}75 = 20{,}21 \text{ т.}$$

Вес кека $G_к$ будет равен

$$G_к = \frac{20{,}21 \cdot 100}{(100 - 80)} = 101{,}05 \text{ т.}$$

Унос вещества осадка и реагентов с фильтратом не учитывается, так как он направляется на илоуплотнители избыточного ила и взвешенные вещества возвращаются вновь на фильтрацию.

4.4. Расчет сушилок кека и площадок для его складирования

Сушка кека производится в барабанных сушилках. Влажность высушенного осадка принимается равной 30% с учетом необходимости расфасовки в бумажные мешки для транспортировки к месту использования в качестве сельскохозяйственного удобрения.

Вес сухого осадка

$$P_{с.о} = 20{,}21 \frac{100}{100 - 30} = 28{,}9 \text{ т.}$$

Вес влаги, подлежащей испарению в сушилках,

$$101{,}05 - 28{,}9 = 72{,}15 \text{ т/сут.}$$

Расчетная нагрузка влаги на 1 м³ сушильного барабана принимается согласно [2] 60 кг/м³·ч при использовании топочных газов с температурой 800° С при входе в барабан и 200° С на выходе из него. Отделение сушки работает 16 часов в сутки.

Потребный объем барабана

$$W_c = \frac{72150}{16 \cdot 60} = 75{,}3 \text{ м}^3.$$

К установке принимаются две барабанных сушилки диаметром 2200 мм, длиной 10 м, объем каждой — 38 м³ (см. табл. 16 [7]).

Фактическая нагрузка по влаге на 1 м³ объема сушилок составит 59,4 кг/м³ $\left(\frac{72150}{2 \cdot 38 \cdot 16}\right)$. В отделении сушки установлены две рабочих и одна резервная барабанные сушилки. В качестве резерва к отделению сушки предусматриваются площадки для хранения кека после вакуум-фильтра в течение 4—5 месяцев. Высота слоя кека на площадках принимается равной 1,5 м. Полученную площадь площадок увеличивают на 30% для устройства валиков и дорог.

Площадь площадок

$$F = \frac{101{,}05 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 1{,}3}{1{,}5} = 10500 \text{ м}^2.$$

Устройство площадок аналогично устройству иловых площадок, служащих резервом к вакуум-фильтрам.

Количество площадок при ширине их 20,5 м и длине 132 м будет

$$n = \frac{10500}{20{,}5 \cdot 132} = 3{,}88 \text{ шт.}$$

Принимаются к установке 4 площадки дополнительно к площадкам, которые являются аварийными для узла механического обезвоживания.

8. КОМПОНОВКА ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ПО ДВИЖЕНИЮ ВОДЫ И ОСАДКА

Компоновка генерального плана очистной станции произведена согласно методическим указаниям [1, с. 31].

Решетки размещаются в помещении, подвальная часть которого используется для установки насосов для подачи ра-

бочей жидкости к гидроэлеваторам песколовок и насосов для перекачки промытого осадка на вакуумфильтрование. Насосная станция для перекачки осадка из первичных отстойников размещена между первичными отстойниками, что обеспечивает компактность и снижает длину трубопроводов всасывающей линии. Насосная станция дренажных вод, технического водоснабжения и осадка контактных резервуаров сблокирована в одном здании и расположена на нижней отметке земли.

Илоуплотнители, смеситель для промывки осадка и уплотнители промытого осадка размещены в одной насыпи с сооружениями механической очистки сточных вод. К зданию решеток и к первичным отстойникам проведены въезды на насыпь для доставки механизмов и материалов.

Воздуходувная станция размещена в одном здании с насосной станцией циркуляции активного ила; там же расположены центральный диспетчерский пункт, ремонтная мастерская и местный склад механизмов и запчастей. Здание механического обезвоживания примыкает к зданию термосушки. Вблизи от них устроены крытые площадки складирования кека и сухого осадка. Складирование осадка осуществляется с помощью транспортеров. Рядом с цехом термосушки расположена котельная. Метантенки, газовый киоск и газгольдер удалены от близлежащих сооружений на расстояние более 20 м. Иловые площадки размещаются вдоль горизонталей с целью сокращения объемов земляных работ. Административно-хозяйственное здание расположено у въезда на станцию; в нем сосредоточены помещения администрации, химико-бактериологическая лаборатория, столовая. Размеры в свету между сооружениями очистной канализационной станции рекомендуется принимать по табл. 4.

Остальные детали компоновки сооружений станции показаны на чертеже генплана (рис. 10).

Для построения профиля по движению воды (рис. 11) путь ее по коммуникациям и сооружениям на генплане разбивается на расчетные участки, которые обозначены цифрами. За участок принимают отрезок лотка, трубы или целое сооружение, где не происходит изменения расхода. Для построения профиля выбран наиболее длинный путь воды, т. е. наиболее неблагоприятное направление с точки зрения линейных и местных сопротивлений движению воды (см. рис. 10). Некоторые участки коммуникации, в том числе лотков, условно укрупнены для облегчения построения профиля.

Таблица 4

Сооружения	Расстояние в свету между сооружениями, м
Приемная камера — здание решеток	2—4
Здание решеток — песколовки	2—4
Песколовки — измерительный лоток	15
Измерительный лоток — распределительная чаша	20
Вертикальные и радиальные отстойники	6—7
Отстойники — аэротенки	15—20
Вторичные отстойники — ершовый смеситель	5—10
Ершовый смеситель — контактные резервуары	3—5

Полученные таким образом длины участков отложены на чертеже в горизонтальном масштабе, который принят одинаковым с масштабом генплана очистной станции. В вертикальном направлении в масштабе 1 : 100 отложены от условного горизонта отметки земли в начале и конце каждого участка. По полученным точкам построен профиль поверхности земли, на котором построен профиль движения воды (высотная схема) от горизонта высоких вод в водоеме до приемного колодца в начале очистной станции. При построении последнего учитывалось, что сооружения должны возводиться на плотном грунте. Если сооружение целиком находится на насыпном грунте, то предусматривается устройство столбчатых фундаментов, передающих нагрузку от веса сооружения на плотный грунт.

Так как аэротенки — сооружения большие по площади и устраивать их на столбчатых фундаментах или в глубокой выемке нецелесообразно, то построение профиля начато с установки аэротенков. Дно аэротенков расположено (с учетом снятия слоя грунта высотой 1,6 м) на отметке 62.

Расчеты коммуникаций очистной станции для построения профиля по движению воды (рис. 11) сведены в табл. 5. Вычисление местных сопротивлений в коммуникациях и сооружениях очистной станции произведено по методике, изложенной в [7].

Согласно [2] коммуникации очистной станции должны быть рассчитаны на максимальный расход, умноженный на коэффициент 1,4, учитывающий возможное увеличение про-

№ участков и название сооружений	Длина участка, м	Форма сечения	Размер сечения (диаметр), м	Расчетный расход, м/с	Скорость движения воды, м/с	Уклон I или $1000i$	Потери напора по длине, м	Величина местных сопротивлений, м	Суммарные потери напора, м	Наименование местных сопротивлений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Приемная камера	—	—	—	1032	1,15	—	—	0,021	0,021	Вход в лоток
1—2, в том числе	20,9	Прямоугольный канал	1,0×0,9	1032	1,15	—	—	—	0,29	См. участки 1—а, а—б, б—г (рис. 9 [1])
1—а	9,5	То же	1,09×0,9	1032	1,15	0,00126	0,013	0,093	0,106	Резкий и плавный повороты, расширение на входе в камеру решетки
а—б. (решетка)	4,86	„	1,86×0,9	1032	0,614	—	—	0,076	0,076	Потери напора в прозорах решетки
б—2	6,5	„	1,0×0,9	1032	1,15	0,00126	0,008	0,10	0,108	Сужение на выходе камеры решетки, плавный и резкий повороты

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2—3	2,5	Прямоугольный канал	1,0×0,9	1032	1,15	0,00126	0,003	0,12	0,123	Истечение из-под щита в распределительную камеру
3—4	33,5	„	—	—	—	—	—	—	0,654	См. участки 3—г, г—д—е, е—ж, ж—з, 3—, рис. 10
В том числе 3—г	1,5	Прямоугольный канал	1,5×0,78	1032	0,88	0,0005	0,001	0,08	0,081	Разветвление потока на 2 отделения песколовки, увеличение скорости
г—д	3,0	То же	0,6×0,78	516	1,10	0,0018	0,005	0,145	0,146	Резкий поворот на 45°, разветвление потока на 2 канала
д—е	1,2	„	0,6×0,78	208	0,55	0,0005	0,001	0,014	0,015	Резкий поворот, плавное и внезапное расширение
е—ж (песколовка)	21,0	„	2,2×0,78	516	0,30	0,0001	0,002	—	0,002	
ж—з	1,8	„	Переменный	516	1,1	—	—	0,076	0,076	Сужение потока, увеличение скорости

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3—4	5,0	„	0,6×0,78	516	1,1	0,0018	0,009	0,325	0,334	Потери на водосливе 0,24 м, резкий поворот, слияние двух потоков
4—5	15,0	„	1,2×0,8	1032	1,08	0,001	0,015	—	0,015	—
5—6 (измерительный лоток)	6,55	Переменная	—	1032	1,08	—	—	0,305	0,305	См. с. 81 [1]
6—7	20,0	Прямоугольный канал	1,2×0,8	1032	1,08	0,001	0,020	0,554	0,574	Распределительная чаша в конце участка
7—8	29,0	Труба	0,6	361*	1,32	0,4	0,116	0,147	0,263	2 плавных поворота на 90°
8—9 (отстойник)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	См. с. 36 [1]
9—10	24,0	Труба	0,6	361*	1,32	0,4	0,096	0,059	0,155	Слияние двух потоков
10—11	16,0	Труба	0,9	722*	1,13	0,18	0,029	0,134	0,153	Сборная камера (слияние двух потоков)

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11—12	16,0	Труба	1,0	1444*	1,81	0,40	0,064	0,027	0,091	Внезапное расширение потока
12—13 (аэротенк)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	См. с. 36 [1]
13—14	42,0	Труба	1,2	2271**	2,0	0,38	0,16	0,70	0,816	Вход в трубу, распределительная камера вторичных отстойников
14—15	29,0	Труба	0,6	531	1,8	0,71	0,206	0,277	0,483	2 плавных поворота на 90°
15—16 (отстойник)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	См. с. 36 [1]
16—17	17,0	Труба	0,6	361,2*	1,3	0,37	0,063	0,218	0,281	2 плавных поворота на 90°, слияние потоков (сборная камера)
17—18	20	Труба	0,9	722*	1,13	0,18	0,036		0,153	Сборная камера
18—19	10	Труба	1,0	1444	1,81	0,40	0,040		0,25	—
19—20 (смеситель)	3,9	—	—	1032	—	—	—	0,543	0,543	См. с. 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20—21	4,0	Прямоугольный канал	1,2×0,8	1032	1,08	1,001	0,004	0,142	0,146	Распределительная чаша
21—22	44,5	—	—	—	—	—	—	—	0,741	См. участки 21-й, н—к, к—л, л—м, м—н, н—22 (рис. 6) [9]
В том числе 21-й	7,0	Труба	0,9	723	1,15	0,19	0,001	0,243	0,244	3 резких поворота
н—к	3,5	Прямоугольный канал	0,6×0,67	258	0,64	0,001	0,004	0,062	0,066	Выход из трубы, вход в лоток, потери на увеличение скорости, резкий поворот
к—л (контактный бассейн)	25,0	—	—	258	—	—	—	—	0,300	См. с. 36
л—м	5,0	Прямоугольный канал	0,6×0,57	258	0,75	0,001	0,005	—	0,005	—
м—н	4,0	То же	0,8×0,6	516	1,07	0,0016	0,006	0,088	0,094	Боковой приток

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
н—22	—	„	1,2×0,8	1032	1,08	—	—	0,032	0,032	Сборный колодец (слияние потоков)
22—23	3,0	Труба	1,0	1445	1,84	0,43	0,013	0,206	1,022	Резкий поворот, перепадной колодец (потери 0,72 м), вход в трубу из перепадного колодца
23—24 (выпуск)	85,0	„	1,0	1445	1,84	0,43	0,365	0,539	0,904	См. с. 29

Примечания: * расход подсчитан с коэффициентом 1,4 согласно [2]; ** расход подсчитан с учетом коэффициента 1,4 (1032×1,4) и расхода циркулирующего активного ила (590×1,4). Свободный излив на выпуске (1,0 м) компенсируется благодаря наличию перепада в 0,72 м в точке 23.

№ участков	Длина участка, м	Диаметр труб, м	Расход, л/с	Скорость, м/с	100i	Потери напора по длине, м,	Местные потери напора, м	Суммарные потери напора, м	Наименование местных сопротивлений
1—2	20,0	0,2	40	1,27	1,1	0,22	0,094	0,314	2 плавных поворота
2—3	130	0,2	40	1,27	1,1	1,43			
3—4	52	0,2	40	1,27	1,1	0,57			
4—5	52	0,2	40	1,27	1,1	0,57			
5—6	50	0,2	40	1,27	1,1	0,55			
6—7 (смеситель)	—	—	—	—	—	—	—	0,4	
7—8	25	0,3	80*	1,15	0,735	0,18	0,20	0,38	3 плавных поворота, вход в трубу
8—9	52	0,2	33	1,1	0,8	0,42	—	0,42	—
9—10	124	0,2	33	1,1	0,8	1,00			
10—11	65	0,2	33	1,1	0,8	0,52	1,0	1,52	Потери в смесителях по 0,5 м в каждом

Примечание: * с учетом промывной воды.

изводительности станции. В данном случае все трубы рассчитаны на максимальный расход с коэффициентом 1,4, а открытые каналы (лотки) — без учета этого коэффициента, но высота бортов увеличена на 30—40% против расчетной. Это сделано для того, чтобы до момента увеличения производительности очистной станции в лотках был создан выгодный гидравлический режим. Если лотки рассчитаны на расход с коэффициентом 1,4, то при существующем расходе слой воды в них будет небольшой, поэтому усложняется расчет и конструирование таких сооружений, как решетки.

Профиль по движению осадка (рис. 12) построен в направлении от первичных отстойников к метантенкам и далее до узла механического обезвоживания осадка. Закончен профиль трубопроводом подачи фильтрата вакуум-фильтров на уплотнители активного ила, далее вместе со сливом из уплотнителя он попадает в канал осветленной воды перед аэротенками. Расчеты коммуникаций по движению осадка приведены в табл. 6.

Расход осадка в коммуникациях от первичных отстойников к насосной станции равен производительности плунжерного насоса 28 м³/ч, или 7,8 л/с. Скорость движения осадка и расход его в трубопроводах, указанные в табл. 6, приняты из условия необходимости промывки коммуникаций (скорость — 1,27 м/с, расход — 40 л/с) при помощи центробежных насосов, установленных в насосной станции метантенка. Метантенк работает при непрерывной загрузке осадка.

Средняя влажность осадка после метантенка $P_{ср}=97{,}5\%$.

Количество выгруженного из метантенка осадка также равно 7,8 л/с. Согласно табл. 10.4 [6] минимальная расчетная скорость в илопроводе диаметром 200 мм при влажности осадка 97,5% должна быть не менее 0,85 м/с, а соответствующий этой скорости расчетный расход равен 26 л/с. Поскольку при равномерной работе узла механического обезвоживания осадка невозможно создать движение в трубах со скоростью 0,85 м/с, предусматривается ежедневная промывка трубопроводов путем непродолжительного интенсивного пропуска осадка со скоростью 1,2 — 1,3 м/с.

Промывка илопроводов осуществляется следующим образом:

а) илопровод от первичных отстойников до насосной станции метантенков промывается путем одновременного включения 2 плунжерных насосов (рабочего и резервного);

б) илопроводы метантенка и илопровод до промывного смесителя перед осадкоуплотнителем промываются насосами насосной станции метантенков (с учетом включения резервных насосов);

в) участок от насосной станции после осадкоуплотнителя до приемного бака вакуум-фильтров промывается насосами указанной станции.

Потери напора в коммуникациях, приведенные в табл. 6, рассчитаны с учетом промывки трубопроводов, т. е. на случай преодоления максимального сопротивления, возникающего в трубопроводах. Потери напора зависят от влажности осадка [6, рис. 10, 16], поэтому при изменении влажности (например, до метантенка и после него) величина $100i$ также изменяется (с 1,1 до 0,85) для упомянутого случая.

Метантенк, уплотнители осадка, илоуплотнители избыточного активного ила устанавливаются на нетронутом грунте.

Сливная вода с илоуплотнителей и осадкоуплотнителей направляется в приемную камеру при помощи насосной станции. Вакуум-фильтры и барабанные сушилки расположены на 3 м выше уровня земли, что необходимо для погрузки кека и сухого осадка в транспортные средства. Кек и сухой осадок складируются на специальных площадках под навесами с помощью транспортеров. Все напорные трубопроводы осадка укладываются с уклоном 0,003 к местам возможного опорожнения.

6. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА НА БИОФИЛЬТРАХ

6.1. Общие сведения

Биологические фильтры ввиду их большой высоты применимы в том случае, когда рельеф местности имеет резко выраженные перепады высот в виде холмов, оврагов, террас и т. п., благодаря чему обеспечивается самотечное движение воды по сооружениям очистной станции. Потери напора в биофильтрах значительно больше, нежели в аэротенках, и состоят из потерь напора в оросителе (до 1,5 м), высоты слоя загрузки (от 2 до 4 м), высоты дренажного слоя и междонного пространства (0,7—0,9 м). Общая потеря напора колеблется от 4,2 до 6,4 м, что должно быть обеспечено соответствующим перепадом отметок местности. Детальное изучение генплана условного города показывает, что можно найти соответствующую площадку для размещения биофильтр

в северном направлении от очистной станции (рис. 8, с. 54 [1]). За горизонталью 67,0 начинается полоса террас, образованных в результате эрозии коренных пород рекой Тумой. Город Кустогорск расположен на аллювиальных породах, намытых рекой, а переход от древнего берега к современному представлен террасами с перепадом отметок от 74 до 62 м. Эту особенность местности можно использовать для установки биофильтров. Одновременно необходимо учитывать, что сточные воды придется перекачивать на более высокую отметку и затрачивать большее количество электроэнергии. Выбор биофильтров либо аэротенков в качестве сооружения биологической очистки должен быть обоснован технико-экономическими показателями.

Благоприятные климатические условия, удобный для расположения биофильтров рельеф местности являются достаточными для проектирования. Дополнительными благоприятствующими обстоятельствами являются: наличие недорогого щебня из близлежащих карьеров, отвечающего требованиям к загрузочному материалу, обеспеченность электроэнергией, отвод под биофильтры неосвоенных земельных угодий, малопригодных для сельского хозяйства.

6.2. Расчет биофильтров

Расчет биофильтров производится в соответствии с нормативами СНиП [2]. Как известно, нормативы допускают не одно, а несколько конкурентных решений, из которых должно быть выбрано оптимальное. Подробные рекомендации по расчету биофильтров помещены в [8, 12]. В данном случае использовано указанное пособие и приводятся ссылки на вспомогательные графики и формулы.

Множественность решений может быть уменьшена при учете ограничений и местных условий. Рассмотрим основные из них. Во-первых, необходимо осуществить полную биологическую очистку (а в случае берегового выпуска требуется доочистка), в связи с чем предпочтительны биофильтры большой высоты, обеспечивающие глубокую очистку и максимальное снижение БПК с хорошо развитой нитрификацией. Рельеф местности позволяет назначить высоту слоя загрузки до 4 м. Во-вторых, большой расход сточных вод предопределяет значительный строительный объем биофильтров, для сокращения которого рационально назначить наиболее интенсивные режимы очистки. К ним относятся параметры процес-

са при максимальной подаче воздуха (12 м³/м³). Данные ограничения уменьшают количество вариантных решений до 4—6.

Средняя температура сточных вод составляет 14,5° С. По данным СНиП [2] приведем выборку нормативных параметров при температуре сточных вод 14°, расходе воздуха 12 м³/м³, высоте биофильтра 3 и 4 м (табл. 7).

Таблица 7

B, м³/м³	H, м	Коэффициент K при гидравлической нагрузке, м³/м²·сут		
		$q=10$	$q=20$	$q=30$
12	3	11,7	7,2	5,72
	4	23,1	12	8,83

Требуемое значение коэффициента K для биофильтров без рециркуляции определяется как соотношение БПК поступающей и очищенной воды. БПК поступающей воды с учетом дополнительных загрязнений, принятых по таблицам приложений 3 (5,0 мг/л) и 5 (7,0 мг/л) [1], составит 286 мг/л. При БПК очищенной воды 15 мг/л значение K составит примерно 19. Для выбора параметров биофильтров воспользуемся графиками пособия [8].

По графику рис. 25 [8] требуемому значению K соответствует значение критериального комплекса $F=1,0$. Константа скорости очистки $K_т$ при температуре сточных вод 14,5° определится по рис. 26 [8], значение ее равно 0,155. Дальнейший выбор параметров ведется по отношению $F/K_т$; в нашем случае оно равно 6,45. По данному соотношению по рис. 27 [8] можно принять гидравлическую нагрузку 12,5 м³/м²·сут при высоте загрузки 4,0 м и расходе воздуха 12 м³/м³. Несколько иное решение получается при пользовании графиком на рис. 28 [8]: высота биофильтра — 3,6 м при гидравлической нагрузке 10 м³/м²·сут и расходе воздуха 12 м³/м³. Оба варианта решений допускают применение биофильтров без рециркуляции очищенной воды. Для полноты оценки дополним данные решения параметрами работы биофильтров с рециркуляцией по рекомендациям СНиП: гидравлическая нагрузка — 10 и 30 м³/м²·сут при высоте биофильтра 3 и 4 м соответственно. Сравниваемые варианты приведены в табл. 8.

Таблица 8

№ варианта	H, м	q, м³/м²·сут	B, м³/м³	K
а	3	10	12	11,7
б	3,6	10	12	19
в	4,0	12,5	12	19
г	4,0	30	12	8,83

По предложенным вариантам по формулам (2.15)—(2.18) [8] произведем расчет размеров и параметров работы биофильтров. Коэффициент рециркуляции L_n определим по формуле (2.15). При $L_a = 286$ мг/л, $L_t = 15$ мг/л; $L_n = K \times L_t =$ = (175 мг/л по варианту «а» и 132 мг/л по варианту «г»). Результаты расчета сведены в табл. 9.

Таблица 9

Размеры и параметры работы биофильтров	Варианты			
	а	б	в	г
Площадь, м²	11000	6500	5200	9600
Высота, м	3	3,6	4,0	4,0
Объем загрузки, м³	33000	23400	20800	38400
Коэффициент рециркуляции	0,695	0	0	1,33
Расход рециркулируемой очищенной воды, м³/сут	46000	0	0	85500
Расход воздуха, тыс. м³/сут	1332	776	776	1806
Гидравлическая нагрузка, м³/м²·сут	10	10	12,5	30

Анализ результатов расчета показывает, что снижение высоты биофильтра приводит к увеличению площади и объема загрузки (вариант «б»), необходимости рециркуляции, увеличенным затратам энергии на рециркуляцию очищенной воды и подачу воздуха. К такому же результату приводит выбор большой гидравлической нагрузки, что видно из сравнения вариантов «в» и «г». Наиболее рациональным для условий г. Кустогорска является вариант «в». Помимо данных

по биофильтрам, в полный технико-экономический анализ следует включать данные по вторичным отстойникам.

По необходимой площади биофильтров назначим их количество и уточним параметры работы. Целесообразно установить 8 биофильтров диаметром 30 м. Площадь одного такого биофильтра 635 м², суммарная площадь — 5080 м², что меньше требуемой (5200 м²). Поэтому необходимо несколько увеличить гидравлическую нагрузку

$$q = \frac{64890}{5080} = 12{,}77 \cong 12{,}8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сут}.$$

После выбора размеров и режима работы биофильтров производится уточнение расчета по формулам (2.19)—(2.21) [8].

Константа скорости очистки $K_т$

$$K_т = 0{,}2 \times 1{,}047^{14{,}5-20} = 0{,}155.$$

Критериальный комплекс F при $H = 4{,}0$, $B = 12$ м³/м³, $q = 12{,}8$ м³/м²·сут

$$F = \frac{4{,}0 \cdot 12^{0{,}6} \cdot 0{,}155}{12{,}8^{0{,}4}} \cong 1{,}0.$$

Поправочные коэффициенты α и β определяются по табл. 67 прил. 3 [2] и равны 1,1 и 0,19 соответственно.

Коэффициент K

$$K = \frac{L_a}{L_t} = 10^{1{,}1 \cdot 1{,}0 + 0{,}1} = 19{,}5.$$

Уточненное значение БПК очищенной воды

$$L_t = \frac{L_a}{K} = \frac{286}{19{,}5} = 14{,}7 \text{ мг/л}.$$

Полученные значения удовлетворяют условиям потребной степени очистки при русловых выпусках.

Для обеспечения надлежащего кислородного режима устанавливаются вентиляторы, рассчитанные на подачу 776 тыс. м³/сут воздуха (32500 м³/ч). Вентиляторы располагаются в помещениях, образованных перемычками между каждой парой биофильтров. Таким образом, для четырех пар фильтров

установлено 4 рабочих и 4 резервных вентилятора типа Ц9-57 № 6 производительностью 8—10 тыс. м³/ч и напором 100 мм, с электродвигателем 4,5 кВт.

6.3. Расчет вторичных отстойников

Во вторичных отстойниках после биофильтров, в отличие от вторичных отстойников после аэротенков, нет необходимости поддерживать биологическую пленку в аэробных условиях. Поскольку задержанная в них биопленка направляется на обработку вместе с другими видами осадков, основной задачей является глубокое осветление воды и уплотнение осадка. Исходя из этого, конструктивное устройство вторичных отстойников принимают аналогичным устройству первичных отстойников.

Расчет отстойников ведут по нагрузке q_0 на единицу поверхности, которую определяют по гидравлической крупности частиц биопленки u_0 и коэффициенту использования объема η

$$q_0 = 3{,}6 \times \eta \times u_0, \ \text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}. \qquad (28)$$

Площадь поверхности вторичных отстойников

$$f = \frac{Q_p}{q_0}, \ \text{м}^2. \qquad (29)$$

Расчетный расход Q_p принимают равным максимальному часовому расходу Q_{max} при отсутствии рециркуляции. При введении рециркуляции Q_p равен

$$Q_p = Q_{max} + \frac{Q_{сут}}{24} n, \ \text{м/ч}, \qquad (30)$$

где n — кратность рециркуляции, $Q_{сут}$ — суточный приток сточных вод, м³/сут.

Объем отстойников W вычисляют по продолжительности отстаивания в течение 1,5 ч.

В данном примере, учитывая значительный расход сточных вод, принимается решение об установке отстойников радиального типа. Коэффициент объемного использования η для вторичных радиальных отстойников равен 0,4. Расчетная гидравлическая крупность u_0 частиц биопленки равна 1,4 мм/с при полной биологической очистке и выносе взвешенных веществ порядка 15—20 мг/л.

Расчетная гидравлическая нагрузка

$$q_0 = 3{,}6 \times 0{,}4 \times 1{,}4 \cong 2{,}0 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}.$$

Необходимая поверхность отстойников

$$f = \frac{3716}{2{,}0} = 1858 \text{ м}^2.$$

Расчетный объем зоны отстаивания

$$W = 3716 \times 1{,}5 = 5574 \text{ м}^3.$$

Высота зоны отстаивания

$$H = \frac{W}{f} = \frac{5574}{1858} = 3{,}0 \text{ м}.$$

Количество отстойников принимаем кратным количеству биофильтров (в данном случае 4 шт.), тогда площадь одного отстойника составит 465 м^2 (1858/4).

Принимаем 4 радиальных отстойника диаметром 24 м. Нейтральный слой между проточной частью и зоной осадка должен быть не менее 0,3 м (принимаем 0,3 м). Осадок в отстойниках должен располагаться в приямке, рассчитанном на 2-суточное хранение его. Количество осадка определяется по приведенному числу жителей, $N_{пр}^{БПК}$, удельной норме $q_{бп}$ выхода биопленки (28 г/чел.·сут) и ее влажности Вл (96%) после 2-суточного хранения.

$$W_{бп} = \frac{N_{пр}^{БПК} q_{бп} \cdot 100}{10^6 (100 - P)} = \frac{44211 \cdot 28 \cdot 100}{10^6 (100 - 96)} = 311 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (31)$$

За двое суток хранения объем осадка увеличится до 622 м^3, в пересчете на один отстойник — 156 м^3.

6.4. Составление генерального плана очистной станции и профиля по движению воды

Генеральный план очистной станции (рис. 13) составляется аналогично § 5. Узел механической очистки располагается на верхней террасе площадки очистной станции, биофильтры, вторичные отстойники, ершовый смеситель, контактные бассейны — на нижней террасе.

В целях сокращения длины территории очистной станции в данном варианте цех механической очистки расположен

вдоль горизонталей на верхней террасе. Дно биофильтров на поверхности земли — на отметке 86,2. На каждую пару биофильтров устанавливаются один рабочий и один резервный вентиляторы, смонтированные между биофильтрами.

Сточные воды после первичных отстойников собираются трубами и направляются в приемную камеру биофильтров, откуда напорными трубопроводами распределяются между биофильтрами. Расчет профиля по движению воды приведен в табл. 10. Потери напора в биофильтре $H_{п\,бф}$ определяются по формуле

$$H_{п\,бф} = H_{бф} + H_{мд} + H_{ро} + H_{в} + H_{з},$$

где $H_{бф}$ — высота биофильтра, м (см. с. 54); $H_{мд}$ — высота междудонного пространства, м (0,6 м); $H_{ро}$ — потери напора в реактивном оросителе, м (0,5 м); $H_{в}$ — потери напора свободного излива, м (0,5); $H_{з}$ — высота расположения реактивного оросителя над поверхностью биофильтра, м (0,2 м).

$$H_{п\,бф} = 4 + 0{,}6 + 0{,}5 + 0{,}5 + 0{,}2 = 5{,}8 \text{ м}.$$

Профиль по движению воды изображен на рис. 14. Уровень воды в контактных бассейнах по сравнению с первым вариантом опущен на 0,5 м, поэтому они располагаются в небольшой выемке.

7. ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

7.1. Технологическая схема доочистки сточных вод

В соответствии с расчетом необходимой степени очистки сточных вод, выполненным для берегового выпуска [1, табл. 11], БПК сточных вод должно быть снижено до 9,2 мг/л, концентрация взвешенных веществ — до 13,1 мг/л. В этом случае после полной биологической очистки сточных вод требуется их доочистка.

Так как площадь, выделенная для размещения очистной станции, весьма ограничена, то из возможных сооружений доочистки принимаются к проектированию наиболее компактные: барабанные сетки и фильтры с зернистой загрузкой.

Узел доочистки сточных вод включает следующие сооружения (рис. 15): приемные резервуары, насосную станцию

№ и назван участков	Длина участка, м	Форма сечения	Размер сечс (диаметр),	Расчетный расход, л/с	Скорость дв жения воды м/с	Уклон i или 100i	Потери нап по длине, м	Величина местных сопротивлений, м	Суммарные потери напора, м	Наименование местных сопротивлений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11—12	125	Труба	1,4	1445	0,95	0,7	0,094	0,385	0,479	2 плавных поворота на 90°
12—13	40	Труба	1,00	722	0,95	1,1	0,044	0,051	0,095	Деление потока на две части
13—14	30	Труба	0,5	181	0,94	3,0	0,09	0,524	0,61	Деление потока на четыре части, плавный поворот на 90°
14—15 (биофильтр)	—	—	—	—	—	—	—	—	5,80	См. с. 58
15—16	5	Труба	0,5	181	0,94	3,0	0,015	0,024	0,039	Слияние двух потоков
16—17	40	Труба	0,7	362	0,96	1,8	0,072	0,025	0,097	Сборная камера слияния трех потоков

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17—18	45	Труба	1,0	722	0,95	1,1	0,049	0,125	0,174	Два плавных поворота на 90°, слияние двух потоков
18—19	40	Труба	1,4	1445	0,95	0,7	0,028	—	0,028	—
19—20	29	Труба	0,7	362	0,96	1,8	0,052	0,554	0,606	Распределительная чаша
20—21 (отстойник)	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	См. с. 31 [1]
21—22	17	Труба	0,7	362	0,96	1,8	0,051	0,114	0,165	Слияние двух потоков
22—23	20	Труба	1,0	722	0,95	1,1	0,022	—	0,022	—
23—24	10	Труба	1,4	1445	0,95	0,7	0,007	0,089	0,096	Слияние трех потоков, плавный поворот на 90°

Продолжение табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24—25 (смеситель)	4		—	1032	—	—	—	0,543	0,543	См. с. 36 [1]
25—26	4	[illegible] ильный канал	1,2·0,8	1032	1,08	0,001	0,004	0,142	0,146	
		—	—	[illegible]58	—	—	—	—	0,741	См. табл. 5
27—28	30	Труба	1,0	1445	1,84	0,43	0,013			Резкий поворот, перепадной колодец (потери 0,4 м), вход в трубу из перепадного колодца
28—29		Труба	1,0	1445	1,84	0,43				См. с. 28

Примечание: при расчете трубопроводов расход подсчитан с учетом коэффициента 1,4.

Таблица 11

№ участков и название сооружений	Длина участка, м	Форма сечения	Размер сечения, м	Расчетный расход, л/с	Скорость движения воды, м/с	Суммарные потери напора, м	Наименование местных сопротивлений
1	2	3	4	5	6	7	8
1—2	29,0	Труба	0,6	531	1,8	0,483	См. табл. 9 участок 14—15
2—3 (отстойник)	—	—	—	—	—	0,6	То же, 15—16
3—4	17,0	Труба	0,6	361,2	1,3	0,281	То же, 16—17
4—5	20,0	»	0,9	722	1,13	0,183	То же, 17—18
5—6	23,0	»	1,0	1444	1,81	0,25	То же, 18—19
6—7 (насосная станция)							
7—8	9,0	Прямоугольный лоток	1,0 × × 0,9	1032	1,08	1,10	
8—9 (сетчатый барабанный фильтр)	5	—	—	—	—	0,5	
9—10	42,0					0,5	
10—11* (песчаный фильтр)	13,0	—	—	—	—	2,7	$H_{пот}=H_з+h_п=$ $=1,9+0,8=2,7$ м
11—12	13,0	Труба	1,0	1444	1,81		
12—13	44,5					0,740	

Примечание: * $H_{пот}$ — суммарные потери напора, м; $H_з$ — высота загрузки фильтра, м; $h_п$ — потери напора в загрузке фильтра, м.

для подачи воды на барабанные сетки, фильтры с зернистой загрузкой, смеситель, контактный резервуар, резервуар для сбора промывных вод, насосную станцию для их перекачки в голову сооружений, резервуар для промывки барабанных сеток и фильтров с насосной станцией для подачи воды на

промывку. Для промывки фильтров и барабанных сеток можно использовать воду после барабанных сеток или после фильтров. В приемных резервуарах и резервуаре для сбора промывных вод следует предусматривать барботирование сжатым воздухом.

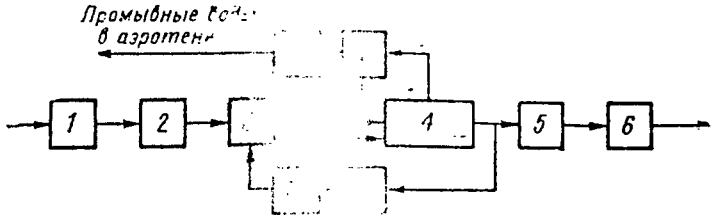


Рис. 15. Схема очистки сточных вод:
1 — приемный резервуар; [illegible] станция; *3* — барабанные сетки; *4* — фильтры; *5* — [illegible] *6* — контактные бассейны; *7* — резервуар для промывки [illegible] сеток и фильтров; *8* — насосная станция; *9* — резервуар промывки барабанных сеток и фильтров; 10 — насосная [illegible] для подачи воды на промывку

7.2. Расчет барабанных сеток

Барабанные сетки типа БСБ используются для выделения из воды крупных примесей, не оседающих во вторичных отстойниках, с целью защиты фильтров от засорения.

По максимальному часовому расходу сточных вод по табл. 30.3 [4] принимаются [illegible] рабочие и одна резервная барабанные сетки БСБ с [illegible]тром барабана 3 м и длиной 1,7 м, с размерами ячейки [illegible]тирующей сетки 0,3×0,3 мм. Для предотвращения биологического обрастания сеток предусматривается облучение поверхности барабана бактерицидными лампами. Основные технические данные барабанных сеток типа БСБ приведены в табл. 15.2 [4].

Расход промывных вод [illegible]ит 0,3% расчетного расхода [4]:

$$3788\times0,[illegible]^{-2}=11,4\ м^3/ч.$$

Число промывок принимается в соответствии с [4] 12 раз в сутки. Промывные воды [illegible]ержены в основном омертвевшими клетками микроорганизмов активного ила, поэтому они направляются для биологической очистки в аэротенк.

7.3. Расчет фильтров с зернистой загрузкой

Подробно расчет фильтров с зернистой загрузкой представлен в [11]. Расчетная суммарная площадь фильтров определяется по формуле

$$F = \frac{24K_{ц}Q_{р}}{24v_{р} - nv_{р}t}, \qquad (32)$$

где $Q_{р}$ — расчетный максимально часовой приток сточных вод, м³/ч; $K_{ц}$ — коэффициент, учитывающий циркуляционный расход, включающий расход воды на промывку бетонных сеток и фильтров, принимается равным 1,12—1,20; t — продолжительность простоя одного фильтра во время промывки и сброса первого фильтрата, принимается равной 2 ч в сутки; n — число промывок одного фильтра; $v_{р}$ — расчетная скорость фильтрации, м/ч.

В соответствии с [4] площадь одного фильтра должна быть не более 50—60 м², а ширина ячейки — не более 4,5 м.

При форсированном режиме работы фильтров скорость фильтрации не должна превышать нормативной, представленной в табл. 51 [2]. Скорость фильтрации при форсированной работе фильтров определяется по формуле

$$v_{ф} = v_{р}\frac{N}{N-m}, \qquad (33)$$

где N — общее число фильтров; m — число фильтров, находящихся в ремонте (при $N>20$, $m=3$; при $N<20$, $m=2$)

Для доочистки сточных вод принимаются однослойные зернистые фильтры с нисходящим потоком. Конструкция фильтра аналогична применяемой в практике водоподготовки. Загрузка фильтра — кварцевый песок по гравийному подстилающему слою. Высота гравийного слоя с крупностью зерен 2—40 мм принимается 0,6 м, высота слоя кварцевого песка диаметром 1,2—2 мм — 1,3 м. Параметры однослойных фильтров представлены в табл. 30.2 [4].

Для регенерации загрузки фильтров предусматривают водяную или водовоздушную промывку. Интенсивность водяной промывки восходящим током фильтрованной воды — 16—18 л/с·м², продолжительность — 6—8 мин. Водовоздушная промывка производится в три стадии: продувкой воздухом в течение 2 мин с интенсивностью 18—20 л/с·м²; совместной водовоздушной промывкой в течение 10—12 мин с интенсивностью продувки воздухом 18—20 л/с·м² и промывкой водой

интенсивностью 3—5 л/с · м²; дополнительной промывкой водой в течение 6—8 мин с интенсивностью 7 л/с · м². Продолжительность фильтроцикла составляет 12 ч, а число промывок — 2.

Расход промывных вод определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{60nF}{24 \cdot 1000}(I_1 t_1 + I_2 t_2),\ \text{м}^3/\text{ч}, \qquad (34)$$

где I — интенсивность промывки, л/с · м²; t — продолжительность промывки, мин.

Концентрация загрязнений в очищенной жидкости

$$K_t = K_{\text{н}}(100 - \text{Э}) \cdot 10^{-3},\ \text{мг/л},$$

где $K_{\text{н}}$ — концентрация загрязнений по БПК и взвешенным веществам в сточных водах, прошедших биологическую очистку, мг/л; Э — эффект очистки по БПК (50%) и взвешенным веществам (70%).

Расчетная суммарная площадь фильтров будет

$$F = \frac{24 \cdot 1{,}12 \cdot 3716}{24 \cdot 6 - 2 \cdot 6 \cdot 2} = 835\ \text{м}^2.$$

Число фильтров составит

$$N = \frac{835}{60} = 14\ \text{шт.}$$

Принимаем ширину фильтров равной 4,5 м, при этом длина фильтров

$$L = \frac{835}{14 \cdot 4{,}5} = 13{,}5\ \text{м}.$$

Проверяем скорость фильтрации при форсированном режиме работы. В соответствии с [2] она не должна превышать 8 м/ч.

$$v_{\text{ф}} = 6\,\frac{14}{14 - 2} = 7\ \text{м/ч} < 8\ \text{м/ч}.$$

Для регенерации фильтрующей загрузки принимаем водяную промывку. Расход промывных вод составит

$$Q_{\text{п}} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 835 \cdot 18 \cdot 6}{24 \cdot 1000} = 450\ \text{м}^3/\text{ч}.$$

Промывные воды содержат около 1,5 г/л взвешенных веществ. Так как взвеси состоят из омертвевших клеток микроорганизмов активного ила, промывную воду направляем для очистки в аэротенк.

Концентрация загрязнений в очищенной жидкости по взвешенным веществам

$$K_t = 15(110-70)\cdot 10^{-2} = 4{,}5 \text{ мг/л}.$$

Концентрация загрязнений по БПК$_{полн}$

$$K_t' = 15(100-50)\cdot 10^{-2} = 7{,}5 \text{ мг/л}.$$

7.4. Компоновка генерального плана с узлом доочистки и составление профиля по движению воды в узле доочистки

Сточные воды после вторичных отстойников направляются в насосную станцию биологически очищенных сточных

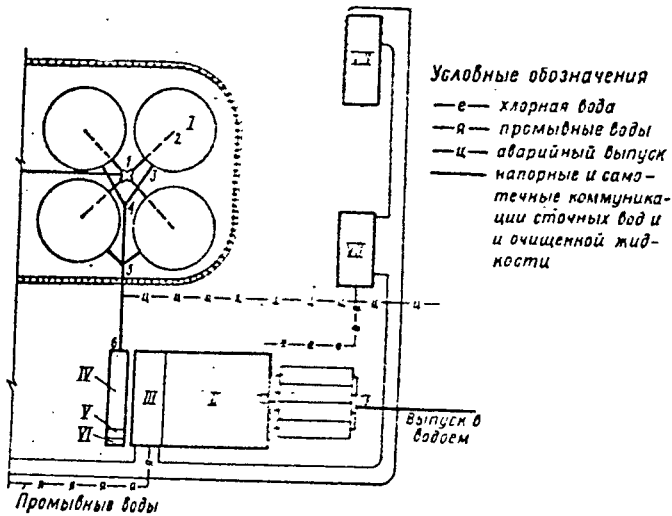


Рис. 16. Генплан узла доочистки:

I — вторичные отстойники; *II* — здание фильтров; *III* — насосная станция; *IV* — приемный резервуар биологически очищенной жидкости; *V* — приемный резервуар промывных вод; *VI* — приемный резервуар для промывки барабанных сеток и фильтров; *VII* — хлораторная; *VIII* — склад хлора; *IX* — контактные бассейны

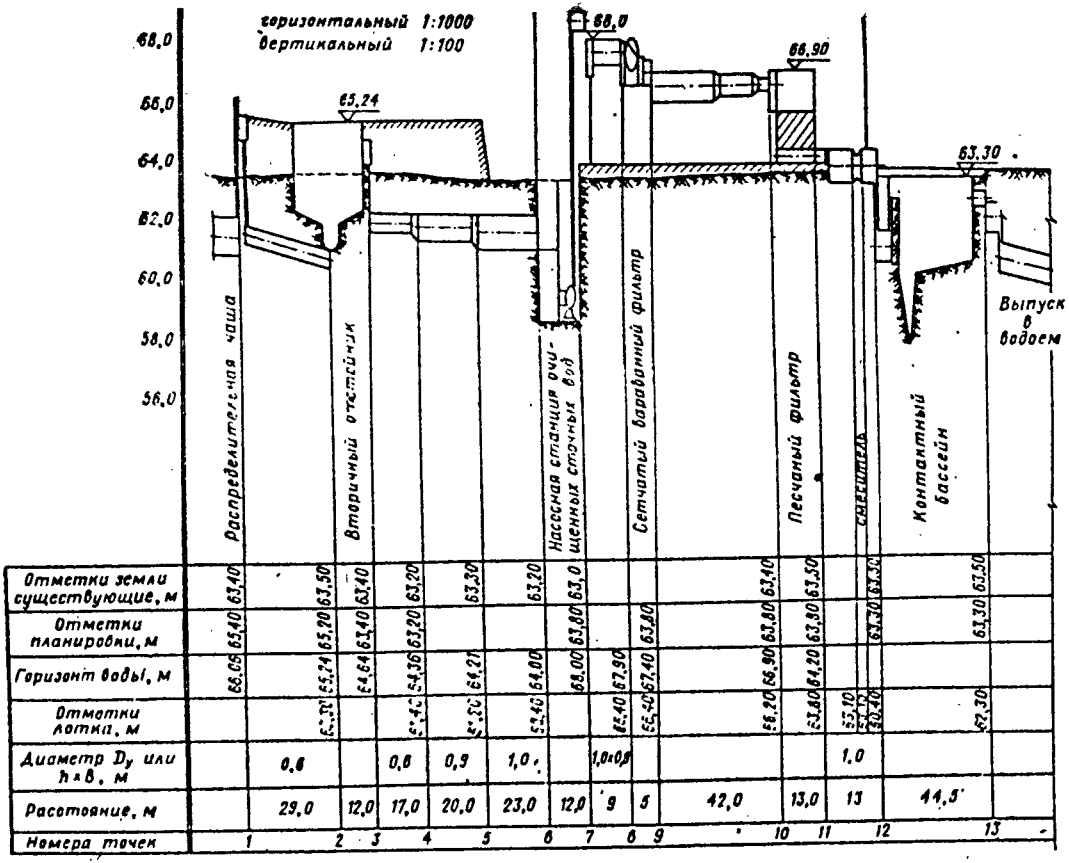


Рис. 17. Профиль по движению воды в узле доочистки

вод, сблокированную с цехом доочистки сточной жидкости. Подробно проектирование цеха доочистки описано в [11]. Генеральный план узла доочистки сточных вод представлен на рис. 16. Расчет профиля по движению воды (рис. 17) производится аналогично § 5 и представлен в табл. 11.

8. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА ЭВМ

8.1. Расчет необходимой степени очистки сточных вод

Программа для определения необходимой степени очистки сточных вод написана на алгоритмическом языке PL-1 и предусматривает использование транслятора PL-1, входящего в состав ОС ЕС ЭВМ. Программа имеет код «GRAD».

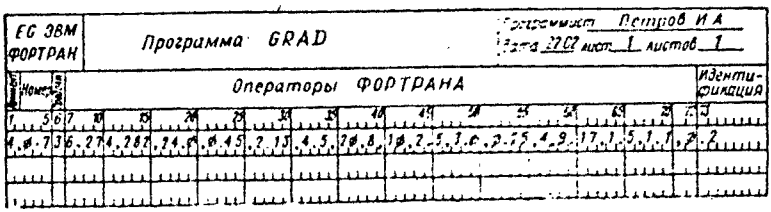


Рис. 18. Бланк для перфорации

С помощью программы вычисляются: коэффициент смешения, необходимый эффект очистки по общесанитарным показателям вредности — $БПК_{полн}$ и растворенному кислороду без учета и с учетом реаэрации, эффект очистки по органолептическому показателю вредности — взвешенным веществам.

Подготовка исходных данных для ЭВМ производится в следующем порядке:

1. Исходные данные заносятся в табл. 12, при этом следует строго соблюдать размерность, указанную в таблице.

2. Из табл. 12 исходные данные переносятся в специальный бланк для перфорации (рис. 18). Запись данных в бланк производится в строгой последовательности номеров параметров табл. 12. При этом численные значения параметров (гр. 5, табл. 12) заносятся в бланк в строчку.

Каждая строчка бланка содержит 80 позиций, что соответствует одной перфокарте. При заполнении бланка на пер-

Таблица 12

Параметры расчета	Размерность	Обозначение параметра в методике	Обозначение параметра в программе	Численное значение параметра
1	2	3	4	5
Учетный номер	б.р.	—	N	4
Расход сточных вод	м³/с	q	Q	0,736
Начальная концентрация загрязнений по $БПК_{полн}$ сточных вод	г/м³	$K'_{ст.н}$	ВК3	274
Начальная концентрация взвешенных веществ в сточных водах	г/м³	$K_{взвн}$	ВК7	282
Расход воды водоема гидрологический год 95%-ной обеспеченности	м³/с	Q	Q1	24,0
Средняя скорость течения при минимальном расходе воды водоема	м/с	$v_{ср}$	VC	0,45
Средняя глубина водоема при низком горизонте воды	м	$H_{ср}$	HC	2,13
Расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру	м	L	L	4,5
Максимальная температура воды водоема	°С	T	T	20
Концентрация кислорода, растворенного в воде водоема при температуре T	г/м³	Q_p	РØ	8
Концентрация взвешенных веществ в воде водоема	г/м³	$K_{р\ взв}$	ВК6	10
Концентрация загрязнений по $БПК_{полн}$ в воде водоема	г/м³	K_p'	ВК2	2,5
ПДК по $БПК_{полн}$ в контрольном створе	г/м³	$K'_{пр\ доп}$	ВК1	3,0
Допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в воде водоема	г/м³	$K_{доб}$	ВК5	0,25
Минимально допустимая концентрация растворенного кислорода в водоеме	г/м³	δ	ВК4	4

Продолжение

1	2	3	4
Предельная растворимость кислорода в воде при максимальной температуре воды водоема	г/м³	O_0	Z0
Коэффициент, зависящий от конструкции выпуска	б.р.	e	E
Коэффициент извилистости реки		φ	F1
Константа растворения кислорода		K^2	AK2

форацию каждое число отделяется от другого зап
последним числом запятая не ставится. Если исхо
ные, включая знаки разделения, не помещаются на
ку, заполняется следующая строчка. Дробная ч
отделяется от его целой части точкой. Цифра но
писи исходных данных и выдаче результатов счета
выглядит следующим образом: «0».

Заполненный бланк на перфорацию (см. рис. 1
пает в вычислительный центр для набивки перфок
рые совместно с программой «GRAD» вводятся в
После этого ЭВМ выдает результаты расчета.

8.2. Расчет профиля по движению сточных в

Программа «Расчет профиля по движению сто
закодирована «PROFIL» и написана на языке FO
Она состоит из трех объектных модулей, находящ
лиотеке объектных модулей вычислительного це
и имеющих имена PR 830101, PR 830103; PR 830

Программа «PROFIL» предназначена для расч
никаций очистной станции по движению сточных
грамма может выполнять следующие операции:

1. По заданным расходу сточных вод, скорост
жидкости, длине участка производить расчет ра
перечного сечения прямоугольного канала, потер
жидкости.

2. По заданному расходу сточных вод, скорости движения жидкости, длине участка производить расчет диаметра трубопровода и потери напора.

3. По заданному расходу сточных вод производить расчет решеток и определять потери напора в подводящих коммуникациях.

4. По заданному расходу сточных вод, скорости движения жидкости в подводящем лотке, числу рабочих секции, минимальному расходу сточных вод производить расчет горизонтальных песколовок.

5. По заданному расходу сточных вод производить расчет измерительного лотка Паршаля.

6. По заданному расходу сточных вод, скорости движения жидкости в подводящем канале и числу распределений потока производить расчет распределительной чаши.

7. В программе учтены возможности расчета коммуникаций при наличии различных местных сопротивлений.

8. В память программы заложены потери напора в различных сооружениях очистной станции.

9. На основании расчета потерь напора ЭВМ производнть расчет профиля по движению жидкости в относительных отметках.

Для выполнения программы «PROFIL» необходим следующий пакет управляющих операторов:

```
||␣JOB␣PROFIL␣<ФАМИЛИЯ>␣<КАФЕДРА>␣
<ВИД РАБОТЫ>
||␣OPTION␣LINK
␣ACTION␣NOMAR
␣INCLUDE  PR  83  Ф1Ф1
␣INCLUDE  PR  83  Ф1Ф3
␣INCLUDE  PR  83  Ф1Ф4
||␣EXEC␣NNKEDT
||␣EXEC
<ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ>
|*
|&
```

При подготовке исходных данных для программы «PROFIL» необходимо руководствоваться правилами, изложенными в § 5. На основании разработанного генерального плана очистной станции после разбивки коммуникаций станции по движению сточных вод на расчетные участки необходимо заполнить табл. 13. При этом следует учитывать, что в

Таблица 13

№ участка по генплану	№ участка программы ЭВМ	Вид участка	Расчетный расход сточных вод, м3/с	Скорость движения воды, м/с	Длина участка, м	Количество сооружений	Минимальный расход сточных вод, м3/с	Высота фильтра, м	Код участка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1—а	1	Лоток	1,032	1,1	10	—	—	—	1
а—б	2	Решетка	1,032	—	—	1	—	—	10
б—2	3	Лоток	1,032	1,1	7	—	—	—	1
2—3	4	Лоток	1,032	1,1	3	—	—	—	1
3—г	5	Лоток	1,032	0,9	2	—	—	—	1
3—4	6	Песколовка	1,032	0,9	—	2	0,322	—	11
4—5	7	Лоток	1,032	1,1	15	—	—	—	1
5—6	8	Измерительный лоток	1,032	—	—	—	—	—	12
6—7	9	Лоток	1,032	1,1	20	—	—	—	1
7	10	Распределительная чаша	1,032	1,1	—	4	—	—	7
7—8	11	Труба	0,256	1,3	29	—	—	—	2
8—9	12	Отстойник радиальный	—	—	—	—	—	—	15
9—10	13	Труба	0,256	1,3	24	—	—	—	2
10—11	14	Труба	0,512	1,3	16	—	—	—	2
11—12	15	Труба	1,032	1,3	16	—	—	—	2

Продолжение табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
—13	16	Аэротенк	—	—	—	—	—	—	18
—14	17	Труба	1,622	2,0	42	—	—	—	2
	18	Распределительная чаша	1,622	1,1	—	4	—	—	7
—15	19	Труба	0,405	1,8	29	—	—	—	2
—16	20	Отстойник радиальный	—	—	—	—	—	—	15
—17	21	Труба	0,256	1,3	17	—	—	—	2
—18	22	Труба	0,512	1,3	20	—	—	—	2
—19	23	Труба	1,032	1,81	10	—	—	—	2
—20	24	Смеситель	—	—	—	—	—	—	21
—21	25	Лоток	1,032	1,08	4	—	—	—	1
	26	Распределительная чаша	1,032	1,1	—	2	—	—	7
—к	28	Лоток	0,258	0,6	4	—	—	—	1
к—л	29	Горизонтальный отстойник	—	—	—	—	—	—	13
—м	30	Лоток	0,258	0,8	5	—	—	—	1
—н	31	Лоток	0,516	1,0	4	—	—	—	4
—22	32	Лоток	1,032	1,0	1	—	—	—	4
—23	33	Труба	1,032	1,8	3	—	—	—	2
—24	34	Выпуск	1,032	1,8	85	—	—	—	29

программе номера участков закодированы одним числом; расход сточных вод следует заносить без учета коэффициента 1,4, учитывающего расширение очистной станции, так как он учтен в программе счета; длину каждого участка следует округлять до целого значения.

В табл. 14 приведены коды и форматы участков программы счета. Данные табл. 13 с учетом указаний табл. 14 переносятся в бланк для перфорации (рис. 19).

Первая перфокарта исходной информации указывает количество участков, которое будет просчитано за одно выполнение программы. Они указаны в первых двух позициях перфокарты в формате I2.

Далее для каждого расчетного участка профиля должно быть подготовлено две перфокарты:

ЕС ЭВМ ФОРТРАН	Программа										
Комм.нит	Номер	Прод.ком.	Операторы ФОРТРАНА								
1 5	6	7 10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
4			1.Ø52			1.1		3			
1											
5			1.Ø32			Ø.9		2			
11											
6			1.Ø32			Ø.9		2		Ø.322	
1											
7			1.Ø32			1.1		15			
12											
8			1.Ø32								
1											
9			1.Ø32			1.1		2Ø			
7											
1Ø			1.Ø32			1.1		4			
2											
11			Ø.256			1.3		29			

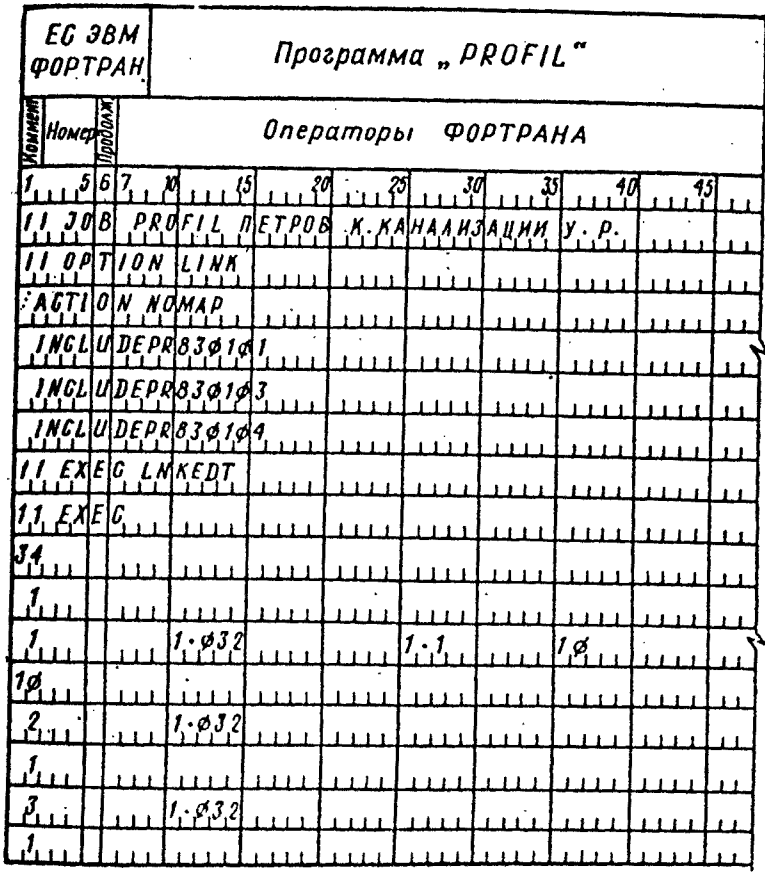


Рис. 19. Бланк для перфорации

1) первая определяет код участка, который берется из графы 3 табл. 14 в зависимости от вида расчетного участка;

2) на второй перфокарте набиваются исходные данные, указанные в графе 4 табл. 14, формат исходных данных указан в графе 5 табл. 14. Формат I2 означает, что под число отводится две позиции перфокарты; формат I5 — 5 позиций перфокарты. Если числа занимают меньше позиций, чем указывает формат, то они прижимаются к правой границе формата, а слева бьются пробелы. Формат F15.5 означает, что

Таблица 14

Вид участка профиля	Код участка	Исходные данные	Формат исходных данных
1	2	3	4
Лоток (канал прямоугольного сечения)	1	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Труба	2	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Деление потока на две части в лотке *	3	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Слияние потоков лотками	4	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Расширение в лотке **	5	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Поворот лотка на 90°	6	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Распределительная чаша ***	7	N, Q, v, n	I2, F15.5, F15.5, I5
Распределение воды трубопроводами между биофильтрами	8	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Приемная камера биофильтров — распределительное устройство	9	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5
Канализационная решетка	10	N, Q	I2, F15.5
Горизонтальная песколовка	11	N, Q, v, n, Q_{min}	I2, F15.5, F15.5, I5, F5,15
Измерительный лоток Паршаля	12	N, Q	I2, F15.5
Отстойник: горизонтальный	13	N	I2
вертикальный	14	N	I2
радиальный	15	N	I2

1	2	3	4
отстойник с преаэратором	16	N	I2
осветлитель с естественной аэрацией	17	N	I2
Аэротенк	18	N	I2
Биофильтр с реактивным оросителем	19	N, $h_{б\,ф}$	I2, F15.5
Биофильтр со спринкерным оросителем	20	N, $h_{б\,ф}$	I2, F15.5
Ершовый смеситель	21	N	I2
Биопруд	22	N	I2
Микросита	23	N	I2
Песчаные фильтры	24	N, $h_{п}$	I2, F15.5
Виброгрохот	25	N	I2
Усреднитель	26	N	I2
Камера реакции	27	N	I2
Пенный сепаратор	28	N	I2
Выпуск русловый	29	N, Q, v, L	I2, F15.5, F15.5, I5

Примечания: N — номер расчетного участка; Q — расход сточных вод, м³/с; v — скорость потока жидкости, м/с; L — длина расчетного участка, м; n — количество; Q_{min} — минимальный расход сточных вод, м³/с; $h_{б\,ф}$ — высота загрузки биофильтра, м; $h_{п\,ф}$ — высота загрузки песчаного фильтра, м; * v — скорость в лотке перед делением потока; ** v — скорость в расширенной части лотка; *** v — скорость в подводящем лотке; n — число распределений потока.

под дробную часть числа отводится 5 позиций справа от десятичной точки и одна позиция отводится под десятичную точку (см. рис. 19).

Таким образом составляются перфокарты по всем расчетным участкам и вместе с управляющими операторами сдаются в вычислительный центр ЛИСИ. После этого ЭВМ выдает результаты расчета по всем коммуникациям движения воды с учетом местных сопротивлений в очистных сооружениях.

Рекомендуемая литература

1. Иванов Г. В., Мишуков Б. Г. Пример расчета очистной канализационной станции города: Механическая очистка: Учеб. пособие по составлению курсового проекта № 2 «Очистные сооружения канализации». Л.: ЛИСИ. 1982. 88 с.

2. Строительные нормы и правила. Ч. II, гл. 32. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1978. 304 с.

3. Справочник монтажника: Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/Под ред. А. С. Москвитина. М.: Стройиздат, 1979. 425 с.

4. Справочник проектировщика: Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1981. 638 с.

5. Федоров Н. Ф., Шифрин С. М. и др. Канализационные сети и сооружения. Л.: Госстройиздат. 1961. 293 с.

6. Справочник проектировщика: Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М.: Госстройиздат. 1963. 456 с.

7. Иванов Г. В., Мишуков Б. Г. Очистка сточных вод города. Л.: ЛИСИ, 1969. 144 с.

8. Шифрин С. М., Мишуков Б. Г., Феофанов Ю. А. Теория и практика расчета аэрационных сооружений канализации Л.: ЛИСИ, 1979. 79 с.

9. Иванов Г. В., Мишуков Б. Г. Очистка сточных вод города. Л.: ЛИСИ, 1973. 103 с.

10. Федоров Н. Ф., Волков Л. Е. Гидравлический расчет канализационных сетей (расчетные таблицы). М.: Изд. МКХ РСФСР, 1961. 208 с.

11. Рудзский Г. Г., Ким А. Н. Доочистка и повторное использование городских сточных вод для водоснабжения промышленных предприятий: Текст лекций. Л.: ЛИСИ, 1983. 39 с.

12. Яковлев С. В., Карелин Я. А. и др. Канализация. М.: Госстройиздат, 1975. 631 с.

Темплан 1983 г., п. 1223

Глеб Валерьянович Иванов
Борис Григорьевич Мишуков
Евгений Михайлович Протасовский

ПРИМЕР РАСЧЕТА ОЧИСТНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Учебное пособие
по составлению курсового проекта № 2
«Очистные сооружения канализации»
для студентов специальностей
1209 — водоснабжение и канализация
и 1217 — рациональное использование
водных ресурсов и обезвреживание
промышленных стоков

Редактор *Л. А. Мозгунова*
Техн. редактор *Т. Л. Корняку*
Корректор *К. И. Бойкова*

Сдано набор 29.12.83. Подписано к печати 29.12.83. М-29529.
Формат бум. 60×84 1/16. Бум. тип. № 3. Лит. гарнитура. Печать высокая.
Объем 5 п. л. 4,5 уч.-изд. л. + 6 вклеек. Тираж 1000 экз. Зак. 2637. Цена 20 к.

Ленинградский инженерно-строительный институт,
198005, Ленинград, 2-я Красноармейская, 4

Межвузовская типография (3) СППО-2 Ленуприздата,
198005, Ленинград, ул. Егорова, 5