

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”
КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Пойта Л.Л., Новосельцев В.Г., Ковальчук В.Л., Головач Т.И.

ГОРОДСКАЯ ОЧИСТНАЯ СТАНЦИЯ

пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине
“Технология очистки городских сточных вод”
для студентов специальности
70 04 03 – “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных
ресурсов” (дневной и заочной форм обучения)

Брест 2004

УДК 628.2.001.2 (075.8)
ББК 38.761.2
П47

Рецензенты:
заместитель директора дочернего унитарного предприятия
«Бресткоммунпроект» Вовк Р.И.;
начальник городских очистных сооружений канализации г. Бреста Клюка В.М.

Пойта Л.Л., Новосельцев В.Г., Ковальчук В.Л., Головач Т.И.
П47 Городская очистная станция. Пособие.- Брест: Издательство БГТУ, 2004. –
118 с., рисунков – 24.

ISBN 985-493-006-8

В пособии рассматриваются вопросы проектирования и расчёта городских очистных сооружений канализации. Приводятся примеры расчёта необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом их в водоём. Рассмотрены два примера технологических и гидравлических расчётов городских очистных станций большой и малой производительности с разными составами сооружений. Примеры сопровождаются схемами, справочными и нормативными данными.

Предназначено для студентов ВУЗов специальности 70 04 03 при изучении дисциплины «Технология очистки городских сточных вод».

УДК 628.2.001.2 (075.8)
ББК 38.761.2

ISBN 985-493-006-8

© Пойта Л.Л., 2004
© Новосельцев В.Г., 2004
© Ковальчук В.Л., 2004
© Головач Т.И., 2004
© Издательство БГТУ, 2004

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. СОСТАВ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	6
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЩИХ НА ОЧИСТНУЮ СТАНЦИЮ.....	7
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОБЩЕГО СТОКА.....	8
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИХ В ВОДОЁМ.....	8
4.1 Определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам.....	9
4.2 Определение необходимой степени очистки сточных вод по БПК _{полн}	10
4.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод по растворённому в воде водоема кислороду (расчёт без учёта реаэрации).....	10
4.4 Определение необходимой степени очистки сточных вод по температуре воды в водоеме.....	11
5. ВЫБОР МЕТОДА ОЧИСТКИ И СОСТАВА СООРУЖЕНИЙ.....	12
6. РАСЧЁТ СООРУЖЕНИЙ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ.....	13
7. ПРИМЕР РАСЧЁТА №1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ГОРОДСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 129300 м ³ /сутки.....	14
7.1 Определение расчетных расходов поступающих сточных вод на очистную станцию.....	14
7.2 Определение средних концентраций загрязнений общего стока, эквивалентного и приведенного числа жителей.....	15
7.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем.....	16
7.4 Расчет необходимой степени очистки сточных вод на ЭВМ.....	17
7.5 Выбор метода очистки сточных вод и состава сооружений. Составление технологической схемы очистки сточных вод.....	18
7.6 Описание и расчет сооружений, входящих в состав очистной станции.....	21
7.6.1 Расчет сооружений для механической очистки сточных вод.....	21
7.6.1.1 Приемная камера.....	21
7.6.1.2 Решетки.....	21
7.6.1.3 Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды.....	24
7.6.1.4 Первичные радиальные отстойники.....	26
7.6.2 Расчет сооружений для биологической очистки сточных вод.....	28
7.6.2.1 Аэротенки.....	28
7.6.2.2 Вторичные радиальные отстойники.....	32
7.6.3 Расчет сооружений для дезинфекции сточных вод.....	33
7.6.3.1 Хлораторная.....	33
7.6.3.2 Смеситель.....	35
7.6.3.3 Контактные резервуары.....	36
7.6.4 Расчет сооружений для доочистки сточных вод.....	37
7.6.4.1 Биологические пруды с механической аэрацией.....	37
7.7 Расчет сооружений для обработки осадка сточных вод.....	39
7.7.1 Песковые бункера.....	39
7.7.2 Илоуплотнители.....	40
7.7.3 Метантенки.....	41
7.7.4 Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием.....	43
7.7.5 Аварийные иловые площадки.....	45
7.7.6 Термическая сушка под вакуумом.....	46
7.7.7 Проверка эффективности работы первичных отстойников и аэротенков с учётом приёма иловых вод.....	47

8. ПРИМЕР РАСЧЁТА №2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ГОРОДСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 26600 м ³ /сутки.....	53
8.1 Определение расчетных расходов сточных вод, поступающих на очистную станцию.....	53
8.2 Определение средних концентраций загрязнений общего стока, эквивалентного и приведенного числа жителей.....	54
8.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем.....	55
8.4 Расчет необходимой степени очистки сточных вод.....	56
с использованием ЭВМ.....	56
8.5 Выбор метода очистки сточных вод и состава сооружений.....	57
Составление технологической схемы очистки сточных вод.....	57
8.6 Расчет сооружений очистной станции.....	60
8.6.1 Расчет сооружений механической очистки сточных вод.....	60
8.6.1.1 Приемная камера.....	60
8.6.1.2 Решетки.....	60
8.6.1.3 Горизонтальные песколовки с круговым движением воды.....	62
8.6.1.4 Первичные горизонтальные отстойники.....	64
8.6.2 Расчет сооружений для биологической очистки сточных вод.....	67
8.6.2.1 Биофильтр.....	67
8.6.2.2 Вторичные горизонтальные отстойники.....	69
8.6.3 Расчет сооружений для дезинфекции сточных вод.....	69
8.6.3.1 Хлораторная.....	69
8.6.3.2 Смеситель.....	70
8.6.3.3 Контактные резервуары.....	72
8.7 Расчет сооружений для обработки осадка сточных вод.....	72
8.7.1 Песковые площадки.....	73
8.7.2 Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием.....	74
8.7.3 Аварийные иловые площадки.....	75
8.7.4 Термическая сушка.....	76
9. РАЗРАБОТКА ГЕНПЛАНА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ.....	79
10. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ПО ХОДУ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ И ОСАДКОВ.....	80
11. КОНСТРУИРОВАНИЕ ОДНОГО ИЗ СООРУЖЕНИЙ.....	86
12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	86
Приложение 1. Примерный процент разброса притока бытовых сточных вод на очистную станцию по часам суток.....	88
Приложение 2. Примерный процент разброса притока промышленных сточных вод на очистную станцию по часам смен.....	88
Приложение 3. Значения K_1 при температуре воды t	89
Приложение 4. Характеристика решеток.....	89
Приложение 5. Решетки «Степ Скрин».....	90
Приложение 6. Характеристика щелевого сита.....	90
Приложение 7. Характеристика транспортеров.....	91
Приложение 8. Данные к расчету песколовок. Значения коэффициента K_s (табл.27 [6]); скорость v_s (табл.28 [6])......	91
Приложение 9. Данные к расчету первичных отстойников. Коэффициент использования объёма отстойников K_{set} (табл.31 [6]); продолжительность отстаивания t_{set} (табл.30 [6]); черт.2; величина турбулентной составляющей (табл.32 [6]).....	92

Приложение 10. Данные [6] к проектированию аэротенков	93
Приложение 11. Типоразмеры лотков Паршала	96
Приложение 12.....	97
Приложение 13. Нормативные данные для расчёта гравитационных илоуплотнителей (табл.58 [6])	98
Приложение 14. Справочные данные для расчёта и проектирования сооружений по обработке.....	98
Приложение 15. Данные [6] к расчёту биофильтров.....	101
Приложение 16. Генплан ОС (пример №1).....	102
Приложение 17. Профиль по воде (пример №1)	106
Приложение 18. Профиль по осадку (пример №1).....	109
Приложение 19. Ситуационный план (пример №1).....	111
Приложение 20. Генплан ОС (пример №2).....	112
Приложение 21. Профиль по ходу движения воды (пример №2).....	114
Приложение 22. Ситуационный план (пример №2).....	116
Приложение 23. Наименьшие скорости движения неосветленных сточных вод при расчётном наполнении в самотечных трубах (табл.16 [6]).....	117
Приложение 24. Наименьшие расчётные скорости движения сырых и сброженных осадков, уплотнённого ила в напорных илопроводах (табл.17 [6]).....	117
Литература.....	118

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в области очистки городских сточных вод проделана большая работа: разработаны новые технологии очистки сточных вод и обработки образующихся в процессе очистки осадков, созданы новые конструкции сооружений и оборудования, предложены новые методы расчета. Однако всё это ещё несовершенно и поэтому необходимо продолжить совершенствование проектно-сметного дела, повысить качество проектной документации, предусмотреть широкое применение прогрессивных научно-технических отечественных достижений, внедрение зарубежного передового опыта, повысить качество подготовки специалистов.

Это обязывает будущих специалистов в области водоснабжения, водоотведения, рационального использования и охраны водных ресурсов глубже овладевать знаниями, творчески подходить к решению вопросов, связанных с их будущей работой.

Данный курсовой проект предназначен для углубления, закрепления и обобщения знаний, полученных студентами во время теоретического обучения по дисциплине «Технология очистки городских сточных вод», а также приобретения практических навыков проектирования городских очистных станций.

1. СОСТАВ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняется на тему «Городская очистная станция»

В состав проекта входят: расчетно-пояснительная записка и чертежи. В **расчетно-пояснительной записке** должны быть освещены следующие вопросы:

1. Определение расходов, поступающих на очистную станцию.
2. Определение средних концентраций загрязнений общего стока, эквивалентного и приведенного числа жителей.
3. Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском их в водоём (с использованием ЭВМ для студентов дневной формы обучения).
4. Выбор метода очистки сточных вод и состава сооружений.
5. Составление технологической схемы очистной станции.
6. Описание и расчет сооружений, входящих в состав очистной станции (по движению воды и осадков).
7. Вспомогательные здания и сооружения очистной станции.
8. Разработка генерального плана станции очистки сточных вод.
9. Гидравлический расчет коммуникаций очистной станции.
10. Высотное проектирование: составление профилей по движению «воды» и «осадков» (для студентов заочной формы обучения разрешается ограничиться только построением профиля «по воде»).
11. Конструирование одного из сооружений очистной станции (по указанию руководителя).
12. Определение основных технико-экономических показателей (для студентов дневной формы обучения).

Расчетно-пояснительная записка должна также включать аннотацию, введение, список используемой литературы.

Расчетно-пояснительная записка оформляется чернилами одного цвета в соответствии со стандартом университета.

Объем пояснительной записки в среднем составляет 40 страниц.

В начале записки прилагается задание на разработку проекта, выданное руководителем.

Графическая часть проекта составляет 2-3 листа чертежей формата А1, выполненных на ватмане:

1. Генплан очистной станции, выполненный в масштабе 1:500 или 1:1000 с указанием всех основных и вспомогательных зданий, сооружений, коммуникаций, дорог,

насыпей и выемок. При этом иловые площадки и биопруды могут быть размещены на данном генплане только частично. Но они обязательно должны быть показаны полностью на ситуационном плане, который вычерчивается с нанесением части жилой застройки, ГНС и водоёма в масштабе 1:5000, 1:10000 или 1:25000.

2. Чертёж одного из сооружений очистной станции (по указанию руководителя), выполненный в масштабе 1:50 или 1:100.

3. Профиля по движению воды и осадка, выполненные в масштабах горизонтальном 1:500 или 1:1000 и вертикальном 1:100. По желанию студента профили могут быть выполнены на миллиметровой бумаге и приложены к пояснительной записке.

Графическая часть оформляется в соответствии с ГОСТ 21.604-82.

Чертежи и пояснительная записка должны быть подписаны студентом.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЩИХ НА ОЧИСТНУЮ СТАНЦИЮ

Сооружения очистной станции должны быть рассчитаны на суммарный приток бытовых и производственных сточных вод. Производительность станции выражает собой суммарный средний суточный расход бытовых и промышленных сточных вод:

$$Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{быт}} = Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{быт}} + Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{пром}}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.1)$$

где: $Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{быт}}$, $Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{пром}}$ - средние суточные расходы соответственно бытовых и промышленных сточных вод.

Расход бытовых сточных вод определяется по формуле:

$$Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{быт}} = \frac{n \cdot N}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.2)$$

где: n - норма водоотведения, л/сут·жит;

N - расчетное число жителей.

Расходы производственных сточных вод вычисляют по формуле:

$$Q_{\text{ср.сут.}}^{\text{пром}} = n' \cdot N', \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.3)$$

где: n' - норма водоотведения на единицу продукции, м³;

N' - число единиц продукции, выпускаемых за сутки.

Как правило, сточные воды подаются на очистные сооружения с помощью насосной станции. Расчет большинства сооружений производят на максимальный и проверяется на минимальный расходы, подаваемые насосами. Следовательно, расчету очистных сооружений должен предшествовать расчет насосной станции с целью определения графика подачи стоков по часам суток. В данном проекте допускается упрощение: принимаем подачу сточных вод насосной станцией как приток сточных вод. Определение расходов притока см. [7, 9].

При определении притока бытовых сточных вод на городскую очистную станцию по часам суток пользуются процентом разброса из [7], который приводится в приложении 1 настоящего пособия.

При определении притока на очистную станцию промышленных сточных вод процесс разброса по часам смены приводится в приложении 2 настоящего пособия.

Затем определяется суммарный приток на очистную станцию всех сточных вод по часам суток.

В данном разделе должны быть определены следующие характерные расходы сточных вод: средние – суточный, часовой секундный; максимальные – часовой, секундный; минимальные – часовой и секундный.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОБЩЕГО СТОКА

Определение средних концентраций загрязнений общего стока производят по формуле:

$$C_{см} = \frac{C_{быт} \cdot Q_{быт} + C_{1пром} \cdot Q_{1пром} + C_{2пром} \cdot Q_{2пром}}{Q_{быт} + Q_{1пром} + Q_{2пром}}, \text{ мг/л} \quad (3.1)$$

где: $C_{быт}$ - концентрация загрязнений в бытовых стоках, мг/л;

$C_{1пром}, C_{2пром}$ - концентрации загрязнений в стоках промышленных предприятий, мг/л;

$Q_{1пром}, Q_{2пром}$ - расходы сточных вод соответственно бытовых и промышленных предприятий, м³/сут.

Концентрацию загрязнений бытовых стоков определяют по формуле:

$$C_{быт} = \frac{a \cdot 1000}{n}, \text{ мг/л} \quad (3.2)$$

где: a - количество загрязнений от 1 жителя в сутки (определяют по табл.25 СНиПа [7];

n - норма водоотведения, л/сут·жит.

Концентрации загрязнений производственных сточных вод как правило даются в задании на проектирование или определяются по [2].

Концентрации загрязнений вычисляют по взвешенным веществам, БПК₂₀ и характерным для данного города ингредиентам.

Для вычисления некоторых показателей, например, количества песка задерживаемого в песколовках, подсчитывают приведенное число жителей:

$$N_{привед} = N + N_{эке} \quad (3.3)$$

где: N - расчетное население города;

$N_{эке}$ - эквивалентное число жителей, определяемое по формуле:

$$N_{эке} = \frac{C_{пр} \cdot Q_{пр}}{a}, \text{ жит} \quad (3.4)$$

Приведенное число жителей определяют отдельно по взвешенным веществам и по БПК₂₀.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ВЫПУСКОМ ИХ В ВОДОЁМ

Для правильного определения степени очистки необходимо знать к какому виду водопользования относится данный водоем и соблюдать условия, которые регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод» [5].

Определение необходимой степени очистки сточных вод производят по общесанитарному показателю вредности, по органолептическому показателю вредности и по санитарно-токсикологическому показателю вредности, если в общем стоке присутствуют промышленные сточные воды, содержащие токсичные вещества. При расчете необходимой степени очистки учитывается, что не весь расход воды водоема смешивается со сточными водами, а лишь его часть, которая определяется через коэффициент смешения.

Коэффициент смешения a определяют по формуле Фролова В.А.-Родзиллера И.Д.:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L_{\phi}}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L_{\phi}}}}, \quad (4.1)$$

где: E - основание натурального логарифма

Q - расход воды в водоёме, (при 95%-ной обеспеченности), $\text{м}^3/\text{с}$;

q - средний расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

L_ϕ - длина реки по фарватеру от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

α - коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения и определяемый по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (4.2)$$

где: ξ - коэффициент, зависящий от устройства выпуска сточных вод; при береговом выпуске $\xi = 1,0$, при выпуске в фарватер $\xi = 1,5$;

φ - коэффициент извилистости реки, определяемый:

$$\varphi = \frac{L_\phi}{L_{пр}}, \quad (4.3)$$

где: $L_{пр}$ - длина реки по прямой от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

E - коэффициент турбулентной диффузии, определяемый для равнинных рек по формуле:

$$E = \frac{V_{ср} \cdot H_{ср}}{200}, \quad (4.4)$$

где: $V_{ср}$ - средняя скорость течения воды в водоеме на расчетном участке, м/с;

$H_{ср}$ - средняя глубина водоема, м/с.

Кратность разбавления определяют по формуле:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} \quad (4.5)$$

Необходимую степень очистки сточных вод определяют из уравнения

$$\Theta = \frac{C_{исх} - C_{оч}}{C_{исх}} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

где: $C_{исх}$ - концентрация загрязнений в сточной воде до очистки, мг/л

$C_{оч}$ - концентрация загрязнений в сточной воде, допустимой к спуску в водоем, мг/л

Для проведения, расчетов $C_{оч}$ пользуются литературой [3, 8-9].

4.1 Определение необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах, допускаемых к спуску в водоем, определяется по формуле:

$$m = p \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_p^{взв}, \quad \text{мг/л} \quad (4.7)$$

где: p - допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в водоёме после спуска сточных вод (определяемое по [6]);

$C_p^{взв}$ - концентрация взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, мг/л (в соответствии с заданием).

Необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам:

$$\Theta = \frac{C^{взв} - m}{C^{взв}} \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

где $C^{взв}$ - концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на городскую очистную станцию (до очистки).

4.2 Определение необходимой степени очистки сточных вод по БПК_{полн}

В общем случае концентрация загрязнений в сточных водах, удовлетворяющая санитарным требованиям при спуске их в водоём, определяется по формуле:

$$L_{см} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{см} \cdot T}} \cdot (L_{пр. доп.} - L_p \cdot 10^{-K_p \cdot T}) + \frac{L_{пр. доп.}}{10^{-K_{см} \cdot T}}, \text{ мг/л} \quad (4.9)$$

где: $L_{ст}$ - БПК_{полн} очищенной сточной воды, мг/л;

$K_{ст}, K_p$ - константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой.

При определенном допущении $K_{ст} = K_p = K_1$. Для смеси сточных вод и речных вод K_1 принимается по справочной литературе в зависимости от температуры и приводится в приложении 1.

T - продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут;

$L_{пр. доп.}$ - предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе;

L_p - БПК_{полн} речной воды до места выпуска сточных вод, мг/л.

Продолжительность протока воды от места спуска до расчетного створа:

$$T = \frac{L_{\phi}}{v_{cp} \cdot 86400} \quad (4.10)$$

Для смеси сточных и речных вод для температур отличных от 20°C константу K можно вычислить по формуле:

$$K_t = K_{20} \cdot 1,047^{t-20}, \quad (4.11)$$

Необходимая степень очистки (в процентах) сточных вод по БПК_{полн}:

$$\Theta = \frac{C^{БПК} - L_{см}}{C^{БПК}} \cdot 100\%, \quad (4.12)$$

где $C^{БПК}$ - БПК сточных вод поступающих на городские очистные сооружения.

4.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод по растворённому в воде водоема кислороду (расчёт без учёта реаэрации).

Этот способ учитывает поглощение сточными водами только того растворенного кислорода, который содержит речная вода у места спуска сточных вод. При этом, если концентрация растворенного кислорода в речной воде не станет ниже 4 мг/л (для водоемов хозяйственно-питьевого значения) или 6 (для водоёмов рыбохозяйственного значения) в течение первых двух суток, это снижение не произойдет и в дальнейшем.

При этом условия допустимая концентрация спускаемых сточных вод по БПК_{полн} определится формулой:

$$L_{см} = \frac{a \cdot Q}{0,4 \cdot q} \cdot (O_p - 0,4 \cdot L_p - O_{пр. доп.}) - \frac{O_{пр. доп.}}{0,4}, \text{ мг/л} \quad (4.13)$$

где 0,4 – коэффициент для пересчета БПК_{полн} в БПК₂₀;

$O_{\text{пр.доп.}}$ - наименьшая допустимая по санитарным правилам концентрация растворенного кислорода в воде водоема, мг/л, (определяемая «Правилами охраны поверхностных вод» [5] в зависимости от категории водоёма).

Требуемая степень очистки по БПК_{полн}:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{БПК}} - L_{\text{см}}}{C_{\text{БПК}}} \cdot 100\%, \quad (4.14)$$

При $L_{\text{СТ}} \leq 0$ г/м³, выполняется расчёт с учётом реаэрации.

Этот способ расчёта учитывает процессы поглощения кислорода сточными водами из речной воды и поверхностную реаэрацию.

4.4 Определение необходимой степени очистки сточных вод по температуре воды в водоеме

Согласно санитарным правилам, температура воды водоема в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению с максимальной температурой в летнее время. Это условие описывается уравнением:

$$t_{\text{см}} = n \cdot t_{\text{доп}} + t_p, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.15)$$

где $t_{\text{СТ}}$ - максимально допустимая температура сточных вод, сбрасываемых в водоём;

t_p - максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время;

$t_{\text{доп}}$ - допустимое повышение температуры воды водоема (не более чем на 3°C).

Облегчить расчеты, улучшить качество и сократить сроки разработки проектов можно с помощью вычислительной техники.

Необходимую степень очистки сточных вод, сбрасываемых в проточные водоемы можно рассчитать на ЭВМ по разработанной на кафедре программе. Программа составлена в диалоговом режиме.

Для пользования программой необходимо подготовить к вводу следующие данные:

- средняя скорость течения реки в межень $V_{\text{СР}}$, м/с;
- средняя глубина реки в межень $H_{\text{СР}}$, м;
- коэффициент, зависящий от места выпуска ($\xi = 1,0$ - при береговом выпуске и $\xi = 1,5$ при русловом выпуске);
- средний расход сточных вод, м³/с;
- расстояние $L_{\text{ф}}$, м;
- расстояние $L_{\text{пр}}$, м;
- расход воды в водоеме Q , м³/сек;
- предельно допустимое содержание органических веществ по БПК_{полн}. В расчётном створе, мг/л;
- БПК_{полн}. В водоеме до выпуска сточных вод, мг/л;
- константа скорости потребления кислорода сточной водой;
- константа скорости потребления кислорода речной водой;
- БПК_{полн}. В сточной воде, мг/л;
- концентрация кислорода в речной воде до выпуска, мг/л;
- минимальная концентрация растворенного кислорода, которая должна быть обеспечена в водоеме, мг/л;
- допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в воде водоема, мг/л;
- концентрация взвешенных веществ в воде водоема до выпуска в зимний подлёдный период, мг/л;
- содержание взвешенных веществ в сточной воде, мг/л.

Примеры расчётов необходимой степени очистки сточных вод на ЭВМ приводятся в численных примерах (стр. 17, стр. 56).

5. ВЫБОР МЕТОДА ОЧИСТКИ И СОСТАВА СООРУЖЕНИЙ

Выбор методов очистки городских сточных вод производится на основании вычисленной степени очистки, с учётом состава поступающей на очистную станцию сточной воды и с учетом данных таблицы 5.1.

Таблица 5.1

Эффективность различных методов очистки

Наименование методов	Требуемая степень очистки по взвешенным веществам		Требуемая степень очистки по БПК _{полн}	
	%	мг/л	%	мг/л
Механическая	60	до 80	20-30	-
Механическая и полная биологическая с обработкой на биофильтрах	90-95	до 15-25	85-95	до 15-25
Механическая и полная биологическая с обработкой в аэротенках, а также на полях орошения и фильтрации	95-99	до 15-25	95-99	до 15
Механическая, полная, биологическая и доочистка	99,9	до 1,5-2	99,7	до 4,5

Состав сооружений следует выбирать с учетом производительности станции, характера грунтов, положения уровня грунтовых вод, климатических условий района, рельефа территории площадки, наличия земельных площадей, метода использования осадка и других местных условий. Примерный рекомендуемый состав сооружений, используемых для городских очистных станций, приведен в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Рекомендуемые типы очистных сооружений

Наименование сооружений	Производительность очистной станции, м ³ /сут					
	до 300	до 5000	до 10000	до 30000	до 50000	свыше 50000
1	2	3	4	5	6	7
Для механической очистки и обработки осадка						
Решетки	+	+	+	+	+	+
Песколовки:						
тангенциальные	+	+	+	+	+	-
горизонтальные	-	+	+	+	+	+
с круговым движением	-	+	+	+	+	-
аэрируемые	-	-	-	+	+	+
Отстойники:						
двухъярусные	+	+	+	-	-	-
вертикальные	+	+	+	-	-	-
горизонтальные	-	-	-	+	+	+
радиальные	-	-	-	+	+	+
Песковые площадки или песковые бункера	+	+	+	+	+	+
Метантанки	-	-	+	+	+	+
Иловые площадки	+	+	+	+	+	+
Аэробные стабилизаторы	+	+	+	+	+	-
Вакуум-фильтры	-	-	-	+	+	+
Центрифуги	-	-	+	+	+	+

Продолжение таблицы 5.2

Термическая сушка	-	-	+	+	+	+
Хлораторные установки	+	+	+	+	+	+
Для биологической очистки						
Поля фильтрации или поля орошения	+	+	+	-	-	-
Биологические пруды	+	+	+	-	-	-
Капельные или дисковые биофильтры	+	+	+	-	-	-
Высоконагружаемые биофильтры	-	-	+	+	+	-
Аэротенки	+	+	+	+	+	+
Илоуплотнители	+	+	+	+	+	+

Примечание: 1. + рекомендуется, - не рекомендуется.

2. Совместно с биофильтрами и аэротенками проектируются вторичные отстойники.

3. Для доочистки биологически очищенных стоков применяются аэрируемые биопруды; многослойные, песчаные фильтры и другие сооружения [2].

Выбирая состав сооружений, следует принимать во внимание также условия подачи сточных вод на очистную станцию. При перекачке сточных вод необходимо устраивать перед ними приёмную камеру. В состав очистной станции обязательно должны входить:

- водоизмерительное устройство;

- устройства для равномерного распределения сточных вод между отдельными сооружениями и секциями (распределительные чаши, каналы);

- устройства для выключения из работы, опорожнения и промывки;

- устройства для аварийного сброса сточных вод до и после сооружений механической очистки, перед насосными станциями (блока доочистки на фильтрах, подачи сточных вод на биофильтры и др.).

Кроме основных производственных сооружений на территории очистной станции располагаются вспомогательные здания и сооружения: воздуходувная илоциркуляционная, иловая и другие насосные станции; трансформаторная подстанция, лаборатория, здание АБК, мастерские, гаражи, склады, проходная и др.

6. РАСЧЁТ СООРУЖЕНИЙ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ

Расчеты очистных сооружений следует проводить в соответствии с рекомендациями СНИП 2.04.03-85. Если допускаются отклонения от СНИП, требуется аргументированное обоснование этого со ссылками на соответствующую литературу. Рекомендуемая литература, которую следует использовать при расчётах сооружений – это [1-3, 6, 9].

Ниже приводятся два примера расчётов городских очистных станций.

Пример расчёта №1 – это городская станция большой производительности с использованием для биологической очистки сооружений – аэротенков.

Пример расчёта №2 – это станция средней производительности с использованием для биологической очистки сооружений – биофильтров.

В рассматриваемых примерах используются разные сооружения не только биологической очистки, но также разные конструкции сооружений механической очистки и разные технологические схемы обработки осадков.

При проектировании сооружений очистной станции следует стремиться к использованию типовых сооружений, так как это приводит к снижению себестоимости очистки сточных вод, упрощает строительство и эксплуатацию.

В тех случаях, когда применение таких сооружений ведёт к большому завышению расчётного объёма, используют сооружения нестандартных размеров. В последнее время зачастую используется зарубежное оборудование, имеющее определённые достоинства и повышающее надёжность работы очистной станции. В конечном итоге выбор типа сооружений и оборудования определяется технико-экономическим сравнением вариантов.

7. ПРИМЕР РАСЧЁТА №1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ГОРОДСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 129300 м³/сутки

Исходные данные для проектирования:

местонахождение объекта канализования – Гродненская область;
 количество жителей в городе – N=400 тыс. чел.;
 норма водоотведения – n=270 л/сут на чел.;
 количество производственных сточных вод – Q_{пр}=21300 м³/сут.;
 температура бытовых сточных вод – t_б=15 °С.

Характеристика производственных сточных вод:

БПК₂₀ =160мг/л;
 концентрация взвешенных веществ – C_{ВЗВ}^{ПР} = 200мг/л;
 среднемесячная температура сточных вод – t_г=16 °С;
 режим работы предприятия (количество смен) – 3;
 коэффициент неравномерности – 1,8.

Данные по водоему:

БПК₂₀ -2,8 мг/л;
 концентрация взвешенных веществ – C_{ВЗВ}^Р =10 мг/л;
 температура вод – t_р=13 °С;
 наименьший среднемесячный расход воды водоема года 95% обеспеченности в створе у места выпуска сточных вод – Q=13,5м³/с;
 средняя глубина – Н_{ср}=2,6 м;
 скорость течения – V_{ср}=0,55 м/с;
 растворенный кислород – O₂=6,4 мг/л;
 длина реки по фарватеру –L_ф=14 км;
 длина реки по прямой – L_{пр}=14 км.
 Тип водоема – река хозяйственно-питьевого назначения 1 категории

7.1 Определение расчетных расходов поступающих сточных вод на очистную станцию

Определяем расходы по формулам раздела 2:

$$Q_{\text{ср.сут}}^{\text{быт}} = \frac{270 \cdot 400000}{1000} = 108000 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$q_{\text{ср.сек}}^{\text{быт}} = \frac{108000}{24 \cdot 3,6} = 1250 \text{ л} / \text{с}$$

Производительность городской очистной станции:

$$Q_{\text{ср.сут}} = 108000 + 21300 = 129300 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Средний часовой расход:

$$Q_{\text{ср.час}} = \frac{Q_{\text{ср.сут}}}{24} = \frac{129300}{24} = 5387,5 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Средний секундный расход:

$$q_{\text{ср.сек}} = \frac{Q_{\text{ср.час}}}{3,6} = \frac{5387,5}{3,6} = 1496 \text{ л} / \text{с}$$

Расчет подачи стоков по часам суток произведен в табличной форме (таблица 7.1).

Таблица 7.1

Расчет подачи стоков на городскую очистную станцию

часы суток	приток сточных вод от населе- ния		приток сточ- ных вод от п/п		суммарный приток сточ- ных вод, м ³ /ч
	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	
1	2	3	4	5	6
0-1	2,6	2808,00	8,5	603,5	3411,5
1-2	2,6	2808,00	9,5	674,5	3482,5
2-3	2,6	2808,00	9,5	674,5	3482,5
3-4	2,6	2808,00	22,5	1597,5	4405,5
4-5	2,6	2808,00	8,5	603,5	3411,5
5-6	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
6-7	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
7-8	4,8	5184,00	22,5	1597,5	6781,5
8-9	4,8	5184,00	8,5	603,5	5787,5
9-10	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
10-11	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
11-12	4,8	5184,00	22,5	1597,5	6781,5
12-13	4,7	5076,00	8,5	603,5	5679,5
13-14	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
14-15	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
15-16	4,8	5184,00	22,5	1597,5	6781,5
16-17	4,8	5184,00	8,5	603,5	5787,5
17-18	4,7	5076,00	9,5	674,5	5750,5
18-19	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
19-20	4,8	5184,00	22,5	1597,5	6781,5
20-21	4,8	5184,00	8,5	603,5	5787,5
21-22	4,8	5184,00	9,5	674,5	5858,5
22-23	3	3240,00	9,5	674,5	3914,5
23-24	2,6	2808,00	22,5	1597,5	4405,5
Σ=	100	108000	300	21300	129300

Из таблицы 7.1 видно, что наибольший расход сточных вод с 7-8, 11-12, 15-16, 19-20 часов, минимальный с 0-1 часа, расходы сточных вод в это время составляют:

$$Q_{\text{час}}^{\text{max}} = 6781,5 \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad Q_{\text{час}}^{\text{min}} = 3411,5 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 1,884 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad q_{\text{сек}}^{\text{min}} = 0,948 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 1884 \text{ л} / \text{с}; \quad q_{\text{сек}}^{\text{min}} = 948 \text{ л} / \text{с}.$$

7.2 Определение средних концентраций загрязнений общего стока, эквивалентного и приведенного числа жителей

Концентрацию загрязнений бытовых стоков по взвешенным веществам анализируем по формулам раздела 3:

$$C_{\text{быт}}^{\text{взв}} = \frac{65 \cdot 1000}{270} = 240,74 \text{ мг} / \text{л}$$

Концентрация загрязнений бытовых стоков по БПК:

$$C_{\text{быт}}^{\text{БПК}} = \frac{75 \cdot 1000}{270} = 277,78 \text{ мг / л}$$

Концентрация загрязнений общего стока по взвешенным веществам:

$$C_{\text{см}}^{\text{взв}} = \frac{240,74 \cdot 108000 + 200 \cdot 21300}{108000 + 21300} = 234,04 \text{ мг / л}$$

Концентрация загрязнений общего стока по БПК:

$$C_{\text{см}}^{\text{БПК}} = \frac{277,78 \cdot 108000 + 160 \cdot 21300}{108000 + 21300} = 258,38 \text{ мг / л}$$

Эквивалентное число жителей:

$$N_{\text{экв}}^{\text{взв}} = \frac{200 \cdot 21300}{65} = 65539 \text{ чел}$$

$$N_{\text{экв}}^{\text{БПК}} = \frac{160 \cdot 21300}{75} = 45440 \text{ чел}$$

Приведенное число жителей:

$$N_{\text{прив}}^{\text{взв}} = 400000 + 65539 = 465539 \text{ чел}$$

$$N_{\text{прив}}^{\text{БПК}} = 400000 + 45440 = 445440 \text{ чел}$$

7.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем

Коэффициент смешения по методу В.А. Фролову и И.Д. Родзиллера по формуле (4.1):

$$a = \frac{1 - e^{-0,168 \cdot \sqrt[3]{14000}}}{1 + \frac{13,5}{1,496} \cdot e^{-0,168 \cdot \sqrt[3]{14000}}} = 0,849$$

Коэффициент извилистости реки по формуле (4.3):

$$= \frac{14}{14} = 1$$

Коэффициент турбулентной диффузии по формуле (4.4):

$$E = \frac{0,55 \cdot 2,6}{200} = 0,00715$$

Коэффициент, учитывающий гидравлический фактор смешения по формуле (4.2):

$$\alpha = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,00715}{1,496}} = 0,168$$

Кратность разбавления перед расчетным пунктом водопользования по формуле (4.5):

$$n = \frac{0,849 \cdot 13,5 + 1,496}{1,496} = 8,66$$

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах, спускаемых в водоем по формуле (4.7):

$$m = 0,25 \cdot \left(\frac{0,849 \cdot 13,5}{1,496} + 1 \right) + 10 = 12,17 \text{ мг / л}$$

Для расчетного случая (хозяйственно-питьевой водоем 1 категории) $p=0,25$ мг/л
Необходимая степень очистки (в процентах) сточных вод по взвешенным веществам по формуле (4.8):

$$\mathcal{E}_{\text{взв}} = \frac{234,04 - 12,17}{200} \cdot 100 = 94,8\%$$

Необходимая степень очистки по растворенному в воде водоема кислороду по формуле (4.13):

$$L_{cm} = \frac{0,849 \cdot 13,5}{0,4 \cdot 1,496} \cdot (6,4 - 0,4 \cdot 2,8 - 4) - \frac{4}{0,4} = 14,52 \text{ мг/л}$$

Для расчетного случая (хозяйственно-питьевой водоем 1 категории) $O_M=4$ мг/л
Требуемая степень очистки по растворенному в воде водоема кислороду составит:

$$\Theta = \frac{258,38 - 14,52}{258,38} \cdot 100 = 94,4\%$$

Необходимая степень очистки по БПК_{полн} по формуле (4.9):

$$L_{cm} = \frac{0,849 \cdot 13,5}{1,496 \cdot 10^{-0,0832 \cdot 0,295}} \cdot (3 - 2,8 \cdot 10^{-0,0725 \cdot 0,295}) + \frac{3}{10^{-0,0832 \cdot 0,295}} = 5,89 \text{ г / м}^3$$

Константы скорости потребления кислорода соответственно сточной и речной водой по формуле (4.11):

$$k_t = k_{20} \cdot 1,047^{t-20}; k_{20} = 0,1$$

$$k_{cm} = 0,1 \cdot 1,047^{16-20} = 0,0832$$

$$k_p = 0,1 \cdot 1,047^{13-20} = 0,0725$$

Продолжительность протока воды от места выпуска сточной воды до расчетного створа по формуле (4.10):

$$t = \frac{14000}{0,55 \cdot 86400} = 0,295 \text{ сут}$$

Требуемая степень очистки по БПК_{полн} составит:

$$\Theta = \frac{258,38 - 5,89}{258,38} \cdot 100 = 97,7\%$$

Максимально допустимая температура сточной воды сбрасываемой в водоем определяется по формуле (4.15):

$$t_{cm} = 9,686 \cdot 3 + 13 = 42,06^\circ \text{C}$$

7.4 Расчет необходимой степени очистки сточных вод на ЭВМ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ РАЗБАВЛЕНИЯ:

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ РЕКИ В МЕЖЕНЬ, М/С = 0.55;

СРЕДНЯЯ ГЛУБИНА РЕКИ В МЕЖЕНЬ, М = 2.6;

КОЭФФИЦИЕНТ МЕСТА ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД = 1;

РАСХОД СТОЧНЫХ ВОД, М³/С = 1.496;

РАССТОЯНИЕ ОТ МЕСТА ВЫПУСКА ДО ПУНКТА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ;

ПО ФАРВАТЕРУ, М = 14000;

ПО ПРЯМОЙ, М = 14000;

МИНИМАЛЬНЫЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЙ РАСХОД РЕКИ, М³/С = 13.5.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

КОЭФФИЦИЕНТ СМЕШЕНИЯ А = .849159;

КРАТНОСТЬ РАЗБАВЛЕНИЯ N = 8.66237.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ ПО БПК:

ПДК ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН;

В РАСЧЕТНОМ СТВОРЕ, МГ/Л = 3;

КОНЦ.ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.;

В ВОДЕ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА, МГ/Л = 2.8;

КОНСТАНТА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА СТОЧНОЙ ВОДОЙ = 0.0832

КОНСТАНТА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА РЕЧНОЙ ВОДОЙ = .0725

КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.;

В ИСХОДНОЙ ВОДЕ, МГ/Л = 258.38.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ТРЕБУЕМАЯ КОНЦ. ОРГ. ВЕЩЕСТВ ПО БПК;
В СТОЧНОЙ ВОДЕ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ $B_2 = 5.89485$ МГ/Л;
НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД;
ПО БПК ПОЛН $Y = 97.75325$ %.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ ПО РАСТВОРЕННОМУ КИСЛОРОДУ:

КОНЦЕНТРАЦИЯ КИСЛОРОДА В РЕЧНОЙ ВОДЕ;
ДО ВЫПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД, МГ/Л = 6.4;
КОНЦ. ОРГ. ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.;
В ВОДЕ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА, МГ/Л = 2.8;
МИНИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА,
КОТОРАЯ ДОЛЖНА БЫТЬ ОБЕСПЕЧЕНА В ВОДОЕМЕ, МГ/Л = 4;
КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.;
В ИСХОДНОЙ ВОДЕ, МГ/Л = 258.38.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСКАЕМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ;
В БПК (ПО КИСЛОРОДУ) $B_4 = 14.53682$ МГ/Л;
НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ;
ПО РАСТВОРЕННОМУ КИСЛОРОДУ $Y_1 = 94.4385$ %.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ:

ДОПУСТИМОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ:
В ВОДЕ ВОДОЕМА, МГ/Л 0.25;
КОНЦ. ВЗВЕШ. ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ ВОДОЕМА;
ДО ВЫПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД, МГ/Л = 10;
СОДЕРЖАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ
ДО ОЧИСТКИ, МГ/Л = 234.04;

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖ. ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНОЙ
ВОДЕ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ $F_2 = 12.182356$ МГ/Л;
НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ $Y_2 = 94.79536$ %.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СТОЧНЫХ ВОД:

ДОПУСТИМОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА
ПОСЛЕ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД, ГРАД.С = 3;
МАКС. ТЕМП-РА ВОДЫ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА СТОЧНЫХ
ВОД В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ, ГРАД.С = 13.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСТИМАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ СТОЧНЫХ ВОД $T_2 = 42.07405$ ГРАД.С.

7.5 Выбор метода очистки сточных вод и состава сооружений. Составление технологической схемы очистки сточных вод

На основании характеристики состава стоков (необходимая степень очистки сточных вод по БПК_{полн} 97,7%, требуемая концентрация загрязнений по БПК_{полн} в очищенной сточной воде $L_{ст} = 5,89$ мг/л; необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам $\mathcal{E}_m = 94,8\%$, допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах после очистки $m = 12,17$ мг/л) назначаем биологическую очистку. Исходя из того, что на сооружения биологической очистки должны поступать сточные воды с содержанием взвешенных веществ не более 150 мг/л, назначаем механическую очистку. Учитывая среднесуточный расход сточных вод для биологической очистки принимаем аэротенки, для механической – решетки, горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды и отстойники. Для дезинфекции сточных вод назначаем хлорирование. Для смешения сточной воды с хлором предусматриваем смеситель, а для окисления загрязнений хлором – контактные резервуары. Так как биологическая очистка позволяет очистить сточные воды только до концентраций 15 мг/л по взвешенным веществам и БПК_{полн}, то необходима доочистка сточных вод. Так как в наличии имеются свободные земельные площади, то для доочистки сточных вод принимаем биологические пруды.

А) ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

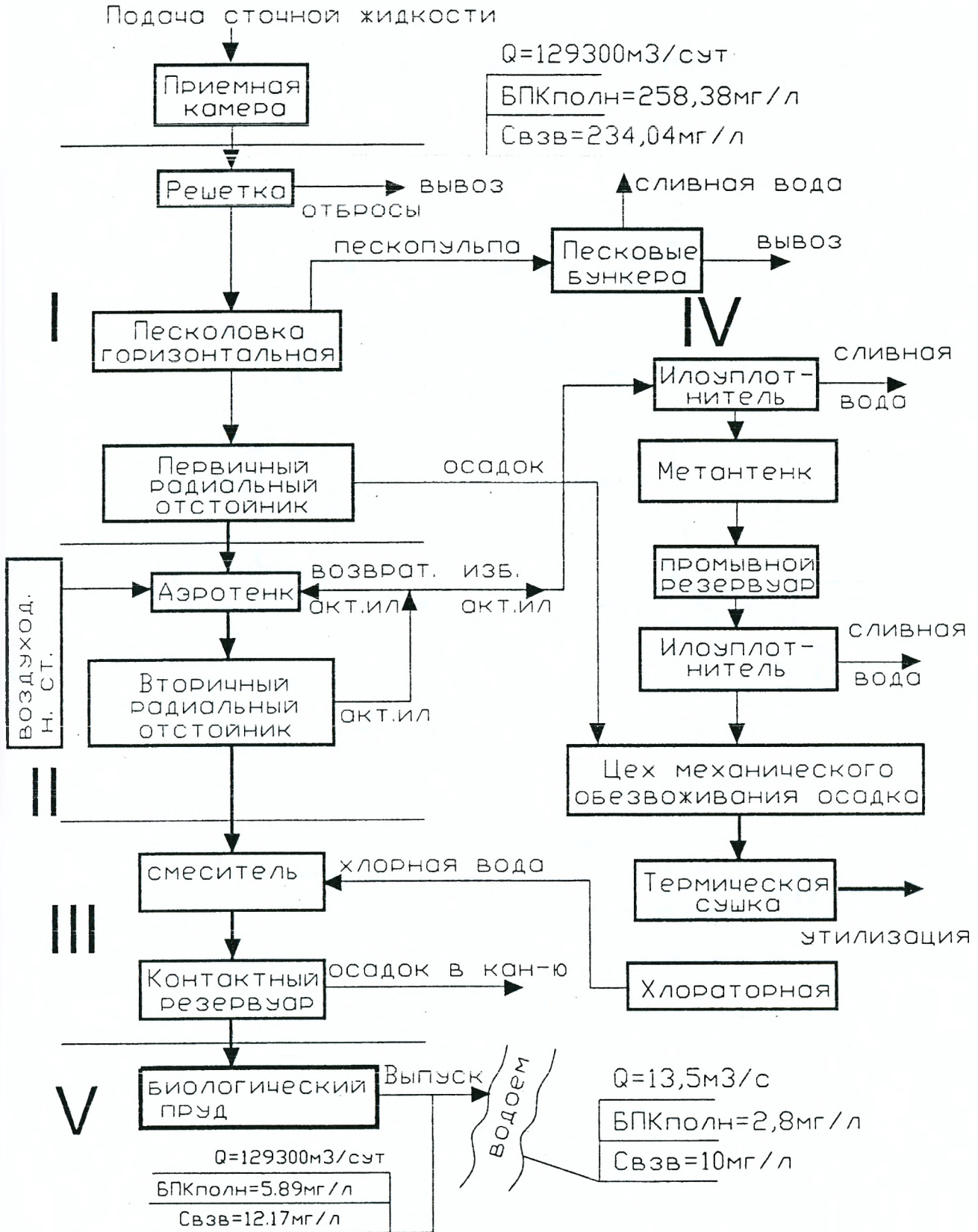


Рис. 7.1

- I - сооружения механической очистки
- II - сооружения биологической очистки
- III - сооружения для дезинфекции
- IV - сооружения по обработке осадка сточных вод
- V - сооружения доочистки сточных вод

Б) ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

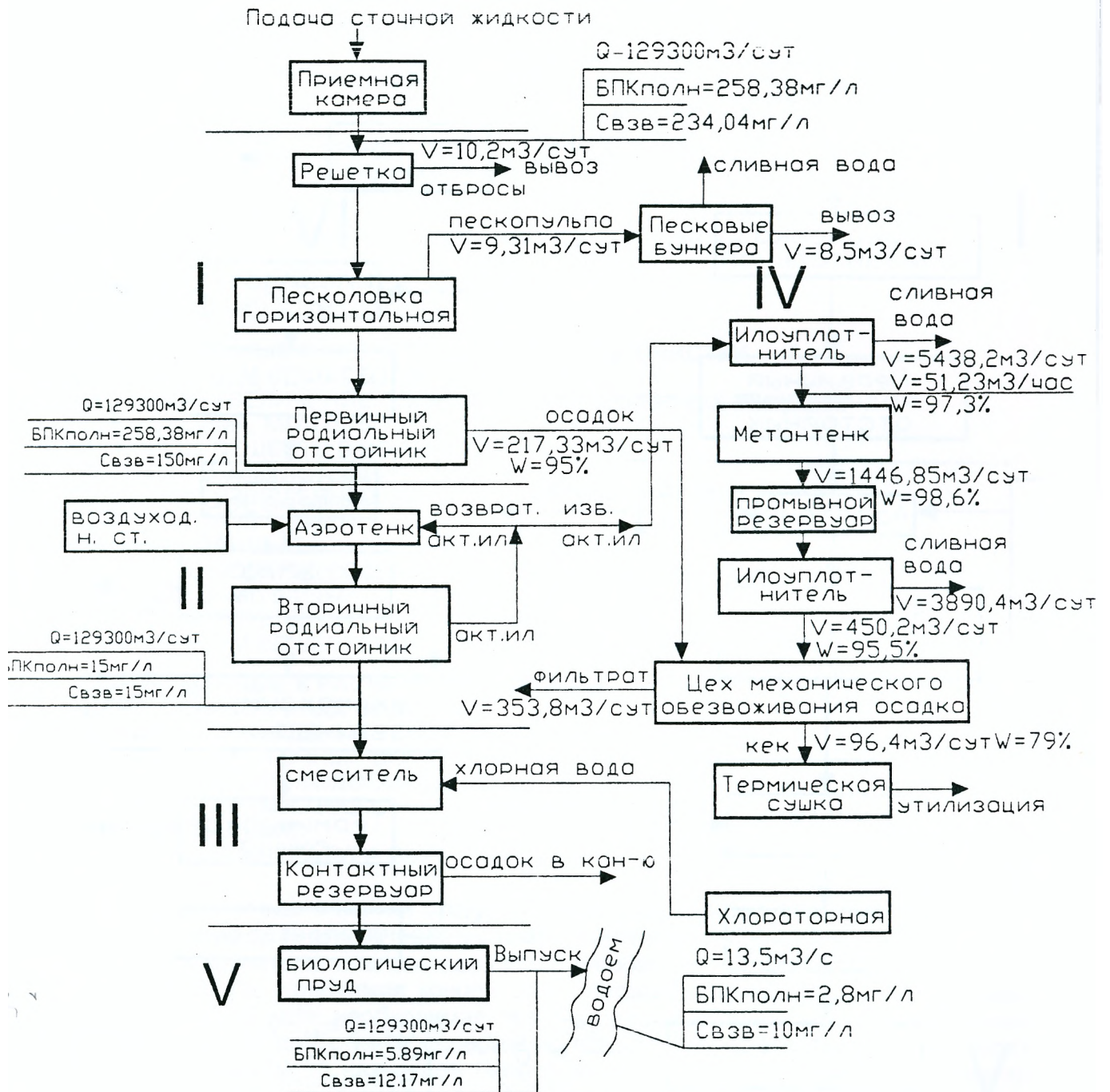


Рис. 7.1

- I - сооружения механической очистки
- II - сооружения биологической очистки
- III - сооружения для дезинфекции
- IV - сооружения по обработке осадка сточных вод
- V - сооружения доочистки сточных вод

Для удаления осадков, образующихся на очистной станции, принимаем следующую схему. Отбросы, задерживаемые на решетках, удаляются на свалку. Песок из песколовок поступает в песковые бункера, откуда периодически вывозится и используется в строительных целях. Избыточный активный ил после вторичных отстойников уплотняется и проходит обработку в метантенках совместно с осадком из первичных отстойников, из которых сброженная смесь поступает на механическое обезвоживание. Механически обезвоженный осадок подвергается термосушке с последующей утилизацией.

Принципиальная схема очистной станции представлена на рисунке 7.1а.

После завершения расчетов сооружений очистной станции дополняем принципиальную схему необходимыми данными и получаем технологическую схему, которая представлена на рисунке 7.1б.

7.6 Описание и расчет сооружений, входящих в состав очистной станции

7.6.1 Расчет сооружений для механической очистки сточных вод

7.6.1.1 Приемная камера

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

Выбор типоразмера камеры в зависимости от пропускной способности, диаметра и количества напорных трубопроводов производится по табл. 5.1 [9].

Сточные воды с расчетным расходом $q_{\text{макс}}=1,884\text{м}^3/\text{с}$ поступают на очистную станцию по двум ниткам напорного водовода диаметром 1200мм каждая со скоростью $v=0,83\text{м}/\text{с}$. В этом случае, согласно табл.5.1 [9], принимаем приемную камеру марки ПК-2-120а с размерами: $A=2000\text{мм}$, $B=3200\text{мм}$, $H=3200\text{мм}$. Приемная камера показана на рисунке 7.2.

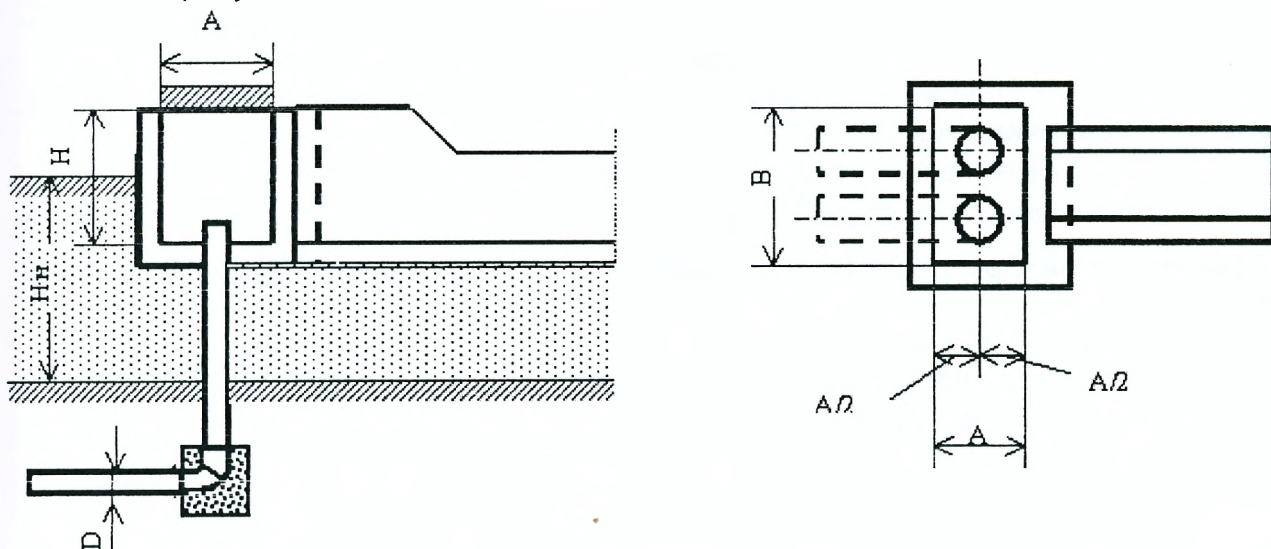


Рис. 7.2 Приемная камера канализационных очистных сооружений при напорной подаче сточных вод

7.6.1.2 Решетки

Решетки применяются для задержания из сточных вод крупных загрязнений и являются сооружениями, подготавливающими сточные воды дальнейшей, более полной очистке.

Выбираем тип решетки, пользуясь литературой [2, 3, 7-9]. Данные по выбору решеток приводятся в приложениях 4, 5, 6 пособия, а данные по выбору транспортера – в приложении 7.

Расчетная схема решетки представлена на рисунке 7.3.

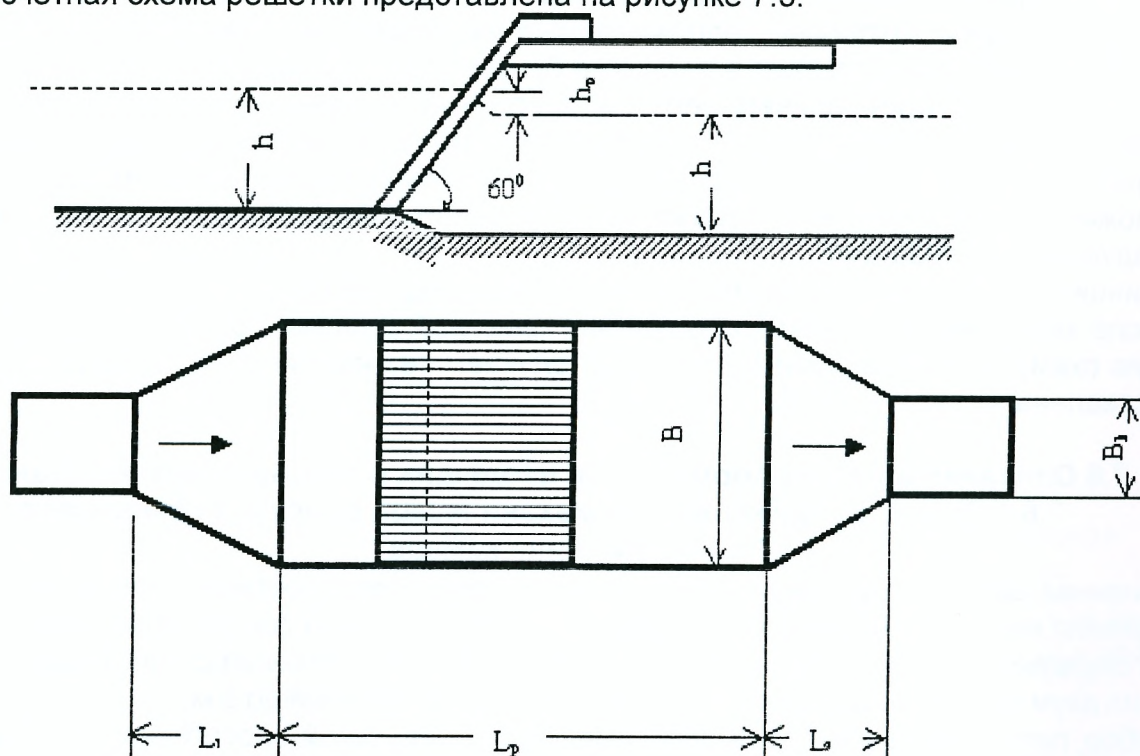


Рис. 7.3 Расчетная схема решетки.

Площадь живого сечения рабочих решеток:

$$F = \frac{q_{\max}}{v} = \frac{1,884}{0,9} = 2,09 \text{ м}^2,$$

где v - скорость движения жидкости в прозорах решеток, м/с. В прозорах механизированных решеток $v=0,8-1,0$ м/с, принимаем $v=0,9$ м/с.

По таблице 5.2 [9] принимаем решетки марки МГ10Т (площадь прохода $f=0,74 \text{ м}^2$). Тогда число рабочих решеток составит:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{2,09}{0,74} = 3 \text{ шт.}$$

Принимаем четыре решетки – три рабочих, одна резервная (в соответствии с табл. 22 [6]).

Основные показатели решеток:

- площадь прохода решетки – $0,74 \text{ м}^2$;
- ширина прозоров – $b=0,016 \text{ м}$;
- толщина прозоров – $s=0,008 \text{ м}$;
- стержни прямоугольного сечения;
- ширина решетки – $B_p=1580 \text{ мм}$;
- ширина канала перед решеткой – $B=1000 \text{ мм}$;
- глубина канала перед решеткой $H=2000 \text{ мм}$.

Число прозоров в решетке n можно определить по формуле:

$$B_p = n \cdot b + (n-1) \cdot s;$$

$$1580 = n \cdot 16 + (n-1) \cdot 8,$$

откуда

$$n = \frac{1580 + 8}{24} = 66$$

Расчетное наполнение перед решеткой:

$$h_{max} = \frac{q_{max} \cdot K_1}{b \cdot v_p \cdot n \cdot N}, \text{ м}$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями, $K_1=1,05$.

$$h_{max} = \frac{1,884 \cdot 1,05}{0,016 \cdot 0,9 \cdot 66 \cdot 3} = 0,694 \text{ м}$$

Далее выполняем гидравлический расчет подводящего канала, пользуясь [4].
Данные гидравлического расчета подводящего канала приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Данные гидравлического расчета подводящего канала

Расчетные данные	Расход, л/с		
	$q_{cp}=444$ л/с	$q_{max}=628$ л/с	$q_{min}=316$ л/с
Уклон i	0,0008	0,0008	0,0008
Ширина B , м	1,0	1,0	1,0
Наполнение h , м	0,535	0,694	0,415
Скорость v , м/с	0,83	0,90	0,76

Поскольку рабочих решеток три, то подводящий канал к каждому из них рассчитывается на треть расчетного расхода. При определении размеров сечения канала следует учитывать, что наиболее выгодным является прямоугольное сечение, у которого отношение ширины к высоте равно 2.

Скорость в уширенной части перед решеткой при минимальном притоке сточных вод желательна не менее 0,4м/с во избежание заиливания канала:

$$v_{кан} = \frac{q_{min}}{B \cdot h_{min} \cdot N} = \frac{0,948}{1 \cdot 0,415 \cdot 3} = 0,76 \text{ м / с}$$

Потери напора в решетке определяем по формуле:

$$h_p = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot K, \text{ м}$$

где K – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора в решетке вследствие засорения её отбросами, $K=3$; ξ - коэффициент местного сопротивления решетки:

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin \varphi$$

φ - угол наклона решетки к горизонту, $\varphi=60^\circ$.

$$\xi = 2,42 \cdot \left(\frac{8}{16}\right)^{4/3} \cdot 0,86 = 0,832$$

$$h_p = 0,832 \cdot \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3 = 0,1 \text{ м}$$

На величину потерь следует понизить дно камеры за решеткой.

Определяем размеры камеры решетки в плане:

$$l_1 = \frac{B_p - B_k}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = \frac{1,580 - 1}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = 0,797 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{l_1}{2} = \frac{0,797}{2} = 0,398 \text{ м}$$

Общая строительная длина камеры решеток:

$$L = l_1 + l_2 + 1,5 = 0,797 + 0,398 + 1,5 = 2,7 \text{ м}$$

Строительная глубина канала перед решеткой $H=2000\text{мм}$.

Пол здания решеток должен возвышаться над расчетным уровнем сточной воды в канале ΔZ не менее чем на $0,5\text{м}$.

$$\Delta Z = H - (h_{\max} + h_p) = 2 - (0,694 + 0,1) = 1,206 \text{ м} > 0,5 \text{ м}$$

Суточный объем отбросов, снимаемый с решеток:

$$W = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}^{\text{эзб}}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3 / \text{сут}$$

где a - отбросы, приходящиеся на одного человека в год, ($a=8\text{л}$ табл. 22 [6]);

$N_{\text{пр}}^{\text{эзб}}$ - приведенное население по взвешенным веществам, чел.

$$W = \frac{8 \cdot 465539}{365 \cdot 1000} = 10,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Масса отбросов, снимаемых с решеток за сутки:

$$P = \frac{W \cdot 750}{1000}, \text{ т}$$

где 750 кг/м^3 - плотность отбросов (п. 5.13 [6]).

$$P = \frac{10,2 \cdot 750}{1000} = 7,653 \text{ т}$$

или за час:

$$P_{\text{ч}} = \frac{P}{24} \cdot K_{\text{ч}} = \frac{7,653}{24} \cdot 2 = 0,638 \text{ т} = 638 \text{ кг},$$

где $K_{\text{ч}}$ - коэффициент часовой неравномерности поступления (п. 5.13 [6]).

7.6.1.3 Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды.

Песколовки предназначены для выделения из сточной воды тяжелых минеральных примесей.

Схема песколовки представлена на рисунке 7.4.

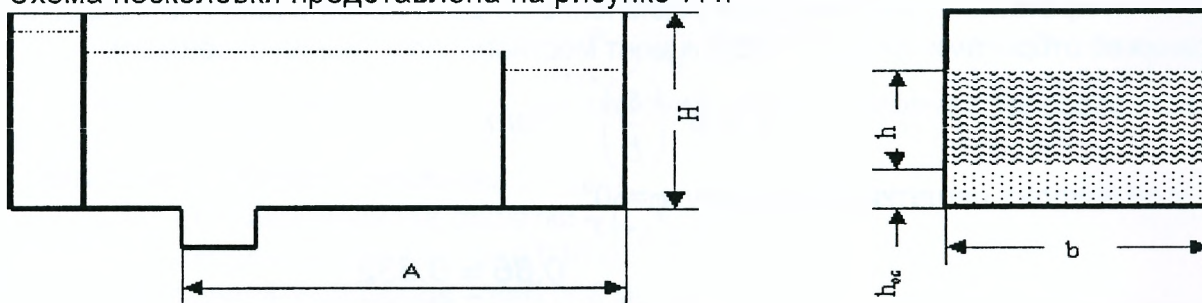


Рис. 7.4 Схема горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды

Необходимые данные СнИПа [6] для расчёта песколовки приводятся в приложении 8 данного пособия.

Площадь живого сечения песколовки:

$$\omega = \frac{q_{\max}}{v \cdot n}, \text{ м}^2$$

где v - скорость движения сточных вод: $v \leq 0,3 \text{ м/с}$ при максимальном притоке сточных вод; n - число песколовки или их отделений, принимаем $n=3$.

$$\omega = \frac{1,884}{0,3 \cdot 3} = 2,09 \text{ м}^2$$

По таблицам [4] определяем размеры подводящего канала, результаты сводим в таблицу 7.3.

Таблица 7.3

Данные гидравлического расчета подводящего канала

Расчетные данные	Расход, л/с	
	$q_{max}=628$ л/с	$q_{min}=316$ л/с
Уклон i	0,001	0,001
Ширина B , м	1,25	1,25
Наполнение h , м	0,41	0,25
Скорость v , м/с	0,98	0,79

Ширина отделения песколовки:

$$B = \frac{\omega}{H_p} = \frac{2,09}{0,65} = 3,2 \text{ м},$$

где H_p - расчетная глубина песколовки, м (по табл. 27 [6] принимаем $H_p=0,65$ м)

Принимаем ширину отделения $B=3,2$ м. Тогда наполнение в песколовке при максимальном расходе:

$$h_{max} = \frac{\omega}{B} = \frac{2,09}{3,2} = 0,65 \text{ м}$$

Длина песколовки:

$$L = K \cdot 1000 \cdot \frac{H_p \cdot v}{u_0}, \text{ м}$$

где K - коэффициент, принимаемый в зависимости от типа песколовки и гидравлической крупности песка по табл. 27 [6]; u_0 - гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка (по табл. 28 [6] принимаем 18,7мм/с).

$$L = 1,7 \cdot 1000 \cdot \frac{0,65 \cdot 0,3}{18,7} = 18 \text{ м}$$

Скорость протока сточных вод в песколовке при минимальном расходе, когда наполнение в ней $0,65-0,41+0,25=0,49$ м, должна быть не менее 0,15м/с:

$$v_{min} = \frac{q_{min}}{B \cdot H_{min} \cdot n} = \frac{0,948}{3,2 \cdot 0,49 \cdot 3} = 0,2 \text{ м / с}$$

Продолжительность протока сточных вод в песколовке должна быть не менее 30с при максимальном притоке:

$$T = \frac{L}{v} = \frac{18}{0,3} = 60 \text{ с}$$

Для поддержания постоянной скорости движения сточных вод в песколовке на выходе из нее предусматривается водослив с широким порогом. Расчет водослива сводится к определению перепада между дном песколовки и порогом водослива P и ширины водослива b_c .

Перепад между дном песколовки и порогом водослива:

$$P = \frac{h_{max} - k_q^{2/3} \cdot h_{min}}{k_q^{2/3} - 1}, \text{ м}$$

где K_q - отношение максимального и минимального расходов: $K_q=1,884/0,948=1,987$;

h_{max} , h_{min} - глубина воды в песколовке соответственно при максимальном и минимальном расходах:

$$h_{min} = \frac{q_{min}}{n \cdot B \cdot v} = \frac{0,948}{3 \cdot 3,2 \cdot 0,3} = 0,218 \text{ м}$$

$$P = \frac{0,65 - 1,987^{2/3} \cdot 0,2}{1,987^{2/3} - 1} = 0,58 \text{ м}$$

Ширина водослива:

$$b_c = \frac{q_{max}}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (P + h_{max})^{3/2}}}, \text{ м}$$

где m- коэффициент расхода, принимаемый в пределах 0,35±0,38 (принимаем m=0,35).

$$b_c = \frac{1,884}{0,35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (0,58 + 0,65)^{3/2}}} = 1,04 \text{ м}$$

Объем осадочной части песколовки:

$$W = \frac{\rho \cdot N_{пр}^{эсэ} \cdot T}{1000}, \text{ м}^3$$

где ρ- объем задерживаемого песка влажностью 60% и плотностью 1,5 т/м³ на одного жителя в сутки, (по табл. 28 [6] принимаем ρ=0,02л); T- период между чистками песколовки, T ≤ 2 сут. Во избежание загнивания осадка, N_{пр}^{эсэ} - приведенное население по взвешенным веществам, чел.

$$W = \frac{0,02 \cdot 465539 \cdot 2}{1000} = 18,62 \text{ м}^3$$

Высота слоя песка в песколовке составит:

$$h_{oc} = \frac{W}{n \cdot B \cdot L} = \frac{18,62}{3 \cdot 3,2 \cdot 18} = 0,16 \text{ м}$$

Полная строительная высота песколовки составит:

$$H_{стр} = H_p + h_{oc} + 0,4 = 0,65 + 0,16 + 0,4 = 1,21 \text{ м}$$

7.6.1.4 Первичные радиальные отстойники

Отстойники применяют для удаления из сточных вод взвешенных веществ. Вертикальные отстойники применяются при пропускной способности станции до 20000 м³/сут и при низком уровне грунтовых вод. Горизонтальные – независимо от уровня грунтовых вод при пропускной способности станции очистки свыше 15000 м³/сут. Радиальные отстойники назначают, если пропускная способность станции более 20000 м³/сут.

Схема первичного радиального отстойника показана на рисунке 7.5.

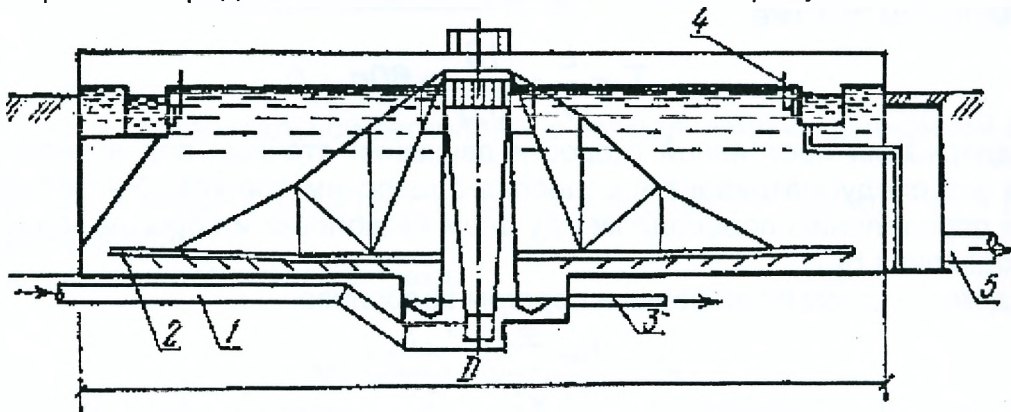


Рис. 7.5 Схема первичного радиального отстойника
1- подводящий трубопровод; 2- илоскреб; 3- иловая труба;
4- полупогруженные доски; 5- отводящий трубопровод.

Расчетные параметры типовых радиальных отстойников представлены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Расчетные параметры типовых радиальных отстойников

D _{set} , м	d _{en} , м	H _{set} , м	H _{срд} , м	№ типового проекта
1	2	3	4	5
18	0,7	3,1	3,4	902-2-83/76
24	0,9	3,1	3,4	902-2-84/75
30	1,2	3,1	3,4	902-2-85/75
40	1,5	3,4	4	902-2-86/75

Расчет отстойников ведем по эффекту осветления воды.

Эффект осветления сточных вод в отстойниках:

$$\mathcal{E} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%$$

где C₀ – исходная концентрация взвешенных веществ, мг/л;

C – концентрация взвешенных веществ в сточной воде после отстойника, мг/л
(перед сооружениями биологической очистки C ≤ 150 мг/л)

$$\mathcal{E} = \frac{234,04 - 150}{234,04} \cdot 100 = 36\%$$

Гидравлическая крупность задерживаемых частиц:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{H_{set} \cdot K_{set}}{h} \right)^{n_2}}, \text{ мм / с}$$

где H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м (табл. 31 [6] и табл. 4);

K_{set} – коэффициент объемного использования отстойника (табл. 31 [6]);

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое h₁=0,5 м, (табл. 2.2 [3]);

n₂ – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, чертеж 2 [6];

Необходимые данные СнИПа для расчёта первичных отстойников приводятся в приложении 9 пособия.

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 3,1 \cdot 0,45}{538,72 \cdot \left(\frac{3,1 \cdot 0,45}{0,5} \right)^{0,265}} = 1,97 \text{ мм / с}$$

Производительность одного отстойника:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D_{set}^2 - d_{en}^2) \cdot (U_0 - V_{tb}), \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где D_{set} – диаметр одного отстойника, м (табл. 4); d_{en} – диаметр впускного устройства, м (табл. 7.4); V_{tb} – турбулентная составляющая, принимаемая в зависимости от скорости потока в отстойнике, по табл.32[6]; для радиального отстойника по рекомендациям [3](стр. 30) при средней скорости на половине радиуса радиального отстойника 3,3м/с:

$$V_{tb} = 0,05 \cdot V = 0,05 \cdot 3,3 = 0,165 \text{ мм/с}$$

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,2^2) \cdot (1,97 - 0,165) = 2043,6 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Количество отстойников:

$$N = \frac{q_{max}}{q_{set}} = \frac{6781,5}{2043,6} = 4шт$$

Проверяем скорость движения воды:

$$V = \frac{2 \cdot q_{max}}{N \cdot \pi \cdot D_{set} \cdot H_{set}} = \frac{2 \cdot 1,884}{4 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 3,4} \approx 3мм / с$$

Время пребывания воды в отстойнике:

$$T = \frac{N \cdot \pi \cdot D_{set}^2 \cdot H_{set}}{4 \cdot q_{max}} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 30^2 \cdot 3,1}{4 \cdot 1,884} = 4650с = 1,29ч$$

Расход осадка из первичных отстойников определяется по формуле:

$$Q_{mud} = \frac{q_{cp.cym} \cdot (C_0 - C)}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4}, м^3 / сут$$

где: p_{mud} – влажность осадка, % (при самотечном удалении $p_{mud}=95\%$, при удалении насосами $p_{mud}=93,5\%$ [6]);

γ_{mud} - плотность осадка, т/м³ (принимается 1 т/м³).

$$Q_{mud} = \frac{129300 \cdot (234,04 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1 \cdot 10^4} = 217,33м^3 / сут$$

Принимаем 4 радиальных отстойника диаметром $D_{set}=30м$, диаметр впускного устройства $d_{en}=1,2м$, глубиной рабочей части $H_1=3,1м$ по типовому проекту 902-2-85/75.

7.6.2 Расчет сооружений для биологической очистки сточных вод

7.6.2.1 Аэротенки

Аэротенки применяют для полной и неполной биологической очистки сточных вод. Сточные воды поступают в аэротенки, как правило, после сооружений механической очистки. Концентрация взвешенных веществ в них не должна превышать 150 мг/л, а допускаемая БПК_{полн} зависит от типа аэротенка.

Аэротенки могут быть одноступенчатыми и двухступенчатыми, при этом в том и другом случае их применяют как с регенерацией, так и без нее. Одноступенчатые аэротенки без регенерации применяют при БПК_{полн} сточной воды не более 150 мг/л, с регенерацией – более 150 мг/л и при наличии вредных производственных примесей. Двухступенчатые аэротенки применяют при очистке высококонцентрированных сточных вод.

По структуре движения потоков очищаемой сточной воды и возвратного активного ила различают:

аэротенки-вытеснители – сточная вода и возвратный активный ил подаются сосредоточенно с одной из торцевых сторон аэротенка, а выпускаются также сосредоточенно с другой торцевой стороны;

аэротенки-смесители – подача и выпуск сточной воды и ила осуществляется равномерно вдоль длинных сторон коридора аэротенка;

аэротенки с рассредоточенной подачей сточной воды – сточная вода подводится в нескольких точках по длине аэротенка, а отводится сосредоточенно из его торцевой части; возвратный ил подается сосредоточенно в начало аэротенка.

Аэротенки – вытеснители целесообразно применять при БПК_{полн} поступающей сточной воды до 300 мг/л, а аэротенки – смесители – при БПК_{полн} до 1000 мг/л.

Принимаем к проектированию аэротенки-вытеснители с регенерацией.

Необходимые для проектирования аэротенков дополнительные данные СНИП приведены в приложении 10 пособия.

По опыту эксплуатации аналогичных сооружений зададимся средней дозой ила $a=3$ и иловым индексом $J=90 \text{ см}^3/\text{г}$.

Степень рециркуляции активного ила R в аэротенках:

$$R = \frac{a}{1000 / J - a},$$

где J – иловый индекс, $\text{см}^3/\text{г}$;

Эта формула справедлива при $J < 175 \text{ см}^3/\text{г}$ и $a \leq 5 \text{ г/л}$. Величина R для отстойников с илососами, с илоскребами, с самотечным удалением ила и с эрлифтами должна быть равна соответственно не менее 0,3, 0,4 и 0,6 (п.6145 [6]).

$$R = \frac{3}{\frac{1000}{90} - 3} = 0,37$$

БПК_{полн} сточных вод, поступающих в аэротенк-вытеснитель с учетом разбавления циркуляционным активным илом:

$$L'_a = \frac{L_a - L_t \cdot R}{(1 + R)}, \text{ мг / л}$$

L_a – БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной воды (с учетом снижения БПК при первичном отстаивании), мг/л ;

L_t – БПК_{полн} очищенных сточных вод, мг/л ;

$$L'_a = \frac{258,38 - 15 \cdot 0,37}{(1 + 0,37)} = 184,55 \text{ мг / л}$$

При проектировании аэротенков с регенераторами необходимо рассчитывать продолжительность окисления загрязнений t_o :

$$t_o = \frac{L_a - L_t}{R \cdot a_p \cdot (1 - S) \cdot \rho}, \text{ ч}$$

где a_p – доза ила в регенераторе, г/л ;

$$a_p = \left(\frac{1}{2 \cdot R} + 1 \right) \cdot a = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,37} + 1 \right) \cdot 3 = 7,05 \text{ г / л}$$

a – доза ила, г/л $a=2 \div 4,5 \text{ г/л}$ (принимаем $a=3 \text{ г/л}$);

S – зольность ила (для городских сточных вод $S=0,3$);

ρ – удельная скорость окисления, $\text{мг БПК}_{\text{полн}}$ на 1 г беззольного вещества активно-го ила в 1 ч:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \cdot \frac{L_t \cdot C}{L_t \cdot C + K_L \cdot C + K_O \cdot L_t} \cdot \left(\frac{1}{1 + \varphi \cdot a} \right), \text{ мг / (г} \cdot \text{ч)}$$

где ρ_{max} – максимальная скорость окисления, $\text{мг / (г} \cdot \text{ч)}$;

C – концентрация растворенного кислорода, мг/л ;

K_L – константа, характеризующая свойства органических загрязнений, $\text{мг-БПК}_{\text{полн}}/\text{л}$;

K_O – константа, характеризующая влияние кислорода, $\text{мг O}_2/\text{л}$;

φ – коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г ;

$$\rho = 85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,05} \right) = 16,2 \text{ мг / (г} \cdot \text{ч)}$$

$$t_o = \frac{258,38 - 15}{0,37 \cdot 7,05 \cdot (1 - 0,3) \cdot 16,2} = 8,23 \text{ ч}$$

Продолжительность пребывания сточных вод в аэротенке:

$$t_a = \frac{2,5}{a_a^{0,5}} \cdot \lg\left(\frac{L_a}{L_t}\right) = \frac{2,5}{3^{0,5}} \cdot \lg\left(\frac{184,55}{15}\right) = 1,57\text{ч}$$

Период регенерации t_p :

$$t_p = t_o - t_a = 8,23 - 1,57 = 6,66\text{ч}$$

Продолжительность пребывания воды в системе «аэротенк-регенератор»:

$$t_{a-p} = (1 + R) \cdot t_a + R \cdot t_p = (1 + 0,37) \cdot 1,57 + 0,37 \cdot 6,66 = 4,62\text{ч}$$

Для уточнения илового индекса определим среднюю дозу ила в системе «аэротенк-регенератор»:

$$a_{cp} = \frac{(1 + R) \cdot t_a \cdot a + R \cdot t_p \cdot a_p}{t_{a-p}} = \frac{(1 + 0,37) \cdot 1,57 \cdot 3 + 0,37 \cdot 6,66 \cdot 7,05}{4,62} = 5,16\text{г / л}$$

Нагрузка на 1 г беззольного вещества активного ила:

$$q_{un} = \frac{24 \cdot (L_a - L_t)}{a_{cp} \cdot (1 - S) \cdot t_{a-p}} = \frac{24 \cdot (258,38 - 15)}{5,16 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4,62} = 350,03\text{мг / (г \cdot сут)}$$

По табл. 41 [6] для городских сточных вод при $q_{un}=350,03$ мг/(г сут) принимаем $J=76$ см³/г, что отличается от предварительно принятой величины $J=90$ см³/г. Поэтому необходимо уточнить степень рециркуляции активного ила:

$$R = \frac{3}{1000 / 76 - 3} = 0,3$$

Эта величина значительно отличается от предварительно рассчитанной поэтому произведем перерасчет БПК_{полн} сточных вод, поступающих в аэротенк-вытеснитель с учетом разбавления циркуляционным активным илом L'_a , дозы ила в регенераторе a_p , удельной скорости окисления ρ , периода окисления t_o , продолжительности регенерации ила t_p и пребывания его в системе «аэротенк-регенератор»:

$$L'_a = \frac{258,38 - 15 \cdot 0,3}{(1 + 0,3)} = 195,29\text{мг / л}$$

$$t_a = \frac{2,5}{3^{0,5}} \cdot \lg\left(\frac{195,29}{15}\right) = 1,61\text{ч}$$

$$a_p = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1\right) \cdot 3 = 8\text{г / л}$$

$$\rho = 85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,07 \cdot 8}\right) = 15,5\text{мг / (г \cdot ч)}$$

$$t_o = \frac{258,38 - 15}{0,3 \cdot 8 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,5} = 9,35\text{ч}$$

$$t_p = t_o - t_a = 9,35 - 1,61 = 7,74\text{ч}$$

$$t_{a-p} = (1 + 0,3) \cdot 1,61 + 0,3 \cdot 7,74 = 4,42\text{ч}$$

$$a_{cp} = \frac{(1 + 0,3) \cdot 1,61 \cdot 3 + 0,3 \cdot 7,74 \cdot 8}{4,42} = 5,62\text{г / л}$$

$$q_{un} = \frac{24 \cdot (258,38 - 15)}{5,62 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4,42} = 335,9\text{мг / (г \cdot сут)}$$

По табл. 41 [6] для городских сточных вод при $q_{ил}=335,9$ мг/(г·сут) принимаем $J=74$ см³/г. Уточним степень рециркуляции активного ила:

$$R = \frac{3}{1000/74 - 3} = 0,29$$

Эта величина незначительно отличается от предварительно рассчитанной $J=76$ см³/г и $R=0,3$, но так как для обеспечения эффективной работы отстойников степень рециркуляции не должна быть менее 0,3, принимаем $R=0,3$ и дальнейшего уточнения расчетных параметров аэротенков-вытеснителей не производим.

Объемы аэротенка V_a и регенератора V_p , м³, определяем по следующим формулам:

$$V_a = t_a \cdot (1 + R) \cdot Q_{расч} = 1,61 \cdot (1 + 0,3) \cdot 6781,5 = 14193,6 \text{ м}^3$$

$$V_p = t_p \cdot R \cdot Q_{расч} = 7,74 \cdot 0,3 \cdot 6781,5 = 15746,6 \text{ м}^3$$

Доза ила в аэротенке:

$$a_a = \frac{V \cdot a_{cp}}{V_a + \left(\frac{1}{2 \cdot R} + 1\right) \cdot V_p} = \frac{29939 \cdot 5,62}{14193 + \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1\right) \cdot 15746,6} = 3 \text{ г / л}$$

Прирост активного ила в аэротенках Π , мг/л:

$$\Pi = 0,8 \cdot B_v + K_n \cdot L_a, \text{ мг / л}$$

где B_v – концентрация взвешенных веществ, поступающих в аэротенк, мг/л;

K_n – коэффициент прироста активного ила; для городских и производственных сточных вод ($K_n = 0,3 \dots 0,5$).

$$\Pi = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 258,38 = 197,51 \text{ мг / л}$$

$$q_{max} = \frac{\Pi \cdot Q}{24 \cdot C} = \frac{197,51 \cdot 129300}{24 \cdot 4000} = 266 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

C – концентрация избыточного активного ила при влажности 99,6%: $C=4000$ г/м³ (табл. 58 [6]);

По соотношению объемов аэротенка и регенератора по таблице 3.6 [3] (а также по приложению 10 данного пособия) подбираем восемь секций четырехкоридорных аэротенков-вытеснителей с рабочей глубиной 4,4 м, шириной коридора 4,5 м длиной коридора 54 м и объемом каждой секции 4275 м³ (типовой проект 902-2-178). Два коридора выделяем под регенератор и два коридора под собственно аэротенк.

Удельный расход воздуха D , м³/м³, при очистке сточных вод в аэротенках определяется отношением расхода кислорода, требующегося для обработки 1 м³ воды, к расходу используемого кислорода с 1 м³ подаваемого воздуха:

$$D = \frac{Z \cdot (L_a - L_t)}{k_1 \cdot k_2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

где Z – удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК_{полн} (при полной очистке равняется 1,1 мг/мг);

k_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора (принимается для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка (f/F) по табл. 3.3 [3] или приложению 10 пособия, для среднепузырчатой и систем низконапорной аэрации $k_1=1,89$);

k_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов h_a (принимается по табл. 3.4 [3] или приложению 10);

n_1 – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод:

$$n_1 = 1 + 0,02 \cdot (T_{cp} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (16 - 20) = 0,92$$

где T_{cp} – среднемесячная температура сточных вод, за летний период, °С;

n_2 – коэффициент качества сточных вод (для городских сточных вод $n_2=0,85$);

C_p – растворимость кислорода в воде, мг/л:т

$$C_p = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,1}{20,6}\right) \cdot 10,04 = 12,04 \text{ мг / л},$$

где C_T – растворимость кислорода воздуха в воде в зависимости от температуры и давления; (принимается по табл. 3.5 [3]);

C – средняя концентрация кислорода в аэротенке (приблизительно принимается равной 2 мг/л).

$$D = \frac{1,1 \cdot (258,38 - 15)}{1,89 \cdot 2,56 \cdot 0,92 \cdot 0,85 \cdot (12,04 - 2)} = 7,05 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Интенсивность аэрации:

$$I = \frac{D \cdot H}{t} = \frac{7,05 \cdot 4,4}{1,61} = 19,26 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Вычисленная интенсивность аэрации $I=19,26 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ менее $I_{\max}=30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ для принятого значения k_1 и более $I_{\min}=3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ для принятого значения k_2 (табл. 3.3 и 3.4 [3]), следовательно, пересчета интенсивности аэрации не требуется.

Общий расход воздуха:

$$D_{\text{общ}} = Q \cdot D = 6781,5 \cdot 7,05 = 47809,6 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

7.6.2 Вторичные радиальные отстойники

Вторичные отстойники предназначены для выделения активного ила из иловой смеси, поступающей из аэротенков. Схема группы вторичных радиальных отстойников показана на рисунке 7.6.

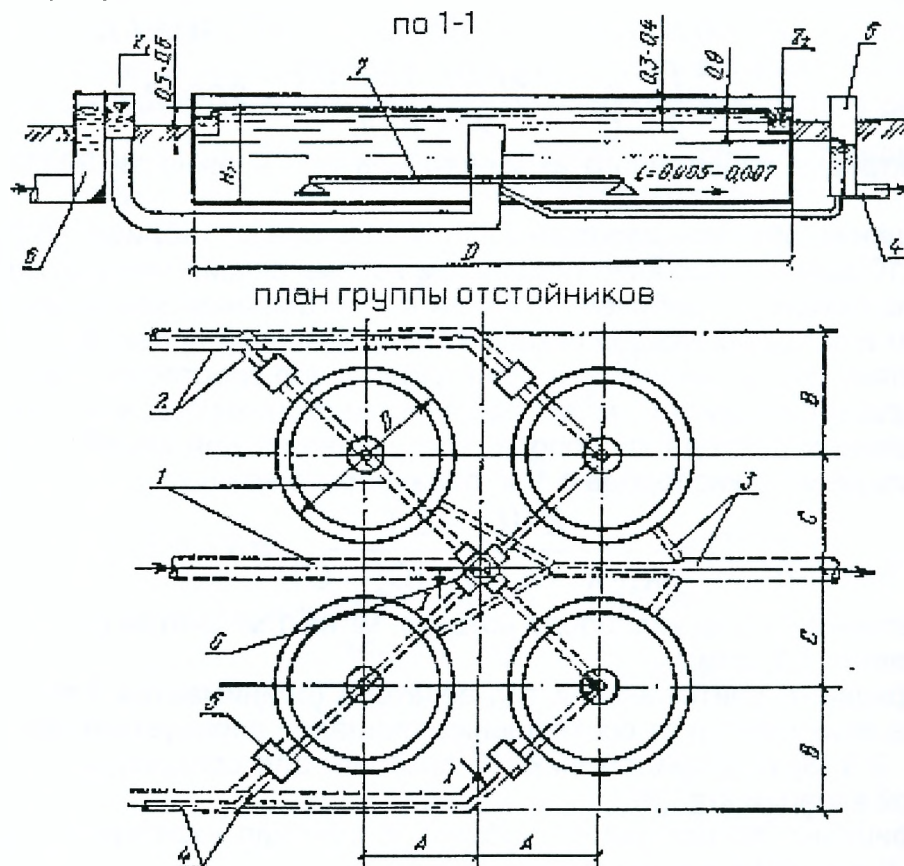


Рис.7.6 Схема группы вторичных радиальных отстойников
 1- подводящий трубопровод; 2- трубопровод опорожнения;
 3- отводящий трубопровод; 4- трубопровод выпуска ила; 5- иловая труба;
 6- распределительная чаша.

Вторичные отстойники всех типов после аэротенков надлежит рассчитывать по гидравлической нагрузке q_{ssa} , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, с учетом концентрации активного ила в аэротенке a_a , г/л, его индекса J , $\text{см}^3/\text{г}$ и концентрации ила в осветленной воде a_t , мг/л, по формуле

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}}, \text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

где K_{ss} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников равным 0,4, п 6.161 [6];

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,1^{0,8}}{(0,1 \cdot 76 \cdot 3)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,49 \text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Принимаем к проектированию вторичные радиальные отстойники, аналогичные первичным, диаметром $D_{set}=30\text{м}$, рабочей глубиной $H_{set}=3,1\text{м}$, объемом зоны отстаивания $W_{з.о.}=2190\text{м}^3$, иловой зоны $W_{ил.}=440\text{м}^3$, по типовому проекту 902-2-89/75 (табл. 5.19 [9]).

Количество отстойников:

$$n = \frac{4 \cdot q_{max.ч}}{\pi \cdot D_{set}^2 \cdot q_{ssa}} = \frac{4 \cdot 6781,5}{3,14 \cdot 30^2 \cdot 1,49} = 7 \text{шт}$$

7.6.3 Расчет сооружений для дезинфекции сточных вод

7.6.3.1 Хлораторная

Для уничтожения патогенных микробов и исключения заражения водоемов этими микробами сточные воды перед спуском в водоемы должны обеззараживаться (дезинфекция). Сточные воды рекомендуется обеззараживать жидким хлором или гипохлоритом натрия, полученным на месте в электролизерах [6]. Установка для дезинфекции сточных вод хлором состоит из расходного склада хлора, узлов испарения жидкого хлора, дозирования газообразного хлора и образования хлорной воды. Для небольших установок хлор испаряют в той таре, в которой он хранится (табл.5.1[3]). Если требуется более 30 кг/ч хлора, то применяют испарители с искусственным подогревом.

Под действием окружающего тепла хлор в баллонах (рис. 7.7) постепенно анализируется и в виде газа поступает в промежуточный баллон, где освобождается от капель жидкого хлора и механических примесей. Далее хлоргаз поступает в хлоратор-дозатор. Отдозированный хлор засасывается эжектором, перемешивается с рабочей водой и направляется в очищенную воду для дезинфекции.

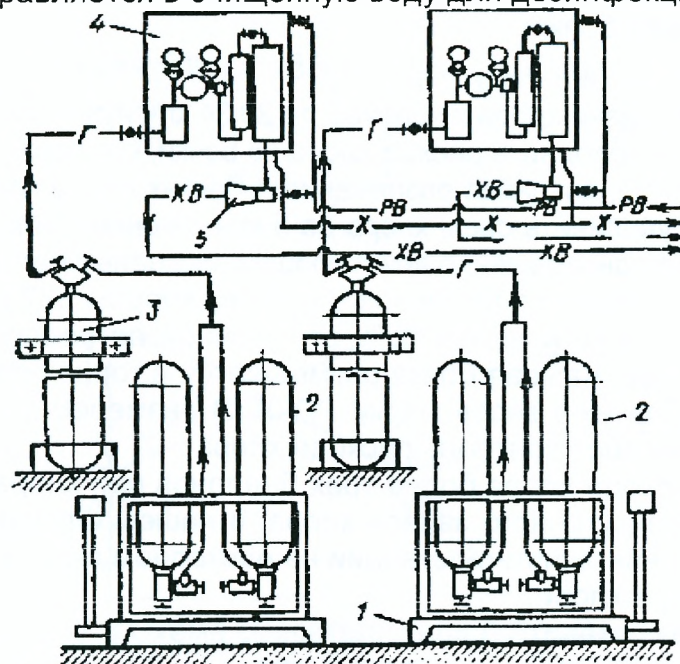


Рис. 7.7 Хлораторная установка с баллонами

1 – весы; 2 – баллоны с жидким хлором; 3 – промежуточный баллон;
4 – хлоратор; 5 – эжектор

Газообразный хлор дозируют вакуумными хлораторами или весовым способом. Возможно применение комбинированного способа: весового, совмещенного с дозированием хлораторами ручного регулирования. Серийно выпускаются хлораторы ЛОНИИ-100К ручного регулирования на производительность по хлору: 1,28...8,1 и 2,05...12,8 кг/ч (Кременчугский ремонтно-экспериментальный завод коммунального оборудования). Из НРБ поставляются в СНГ хлораторы с ручным, электрическим и пневматическим управлением типа ХВ-200 производительностью 2,5...25 кг/ч и типа ХВ-260 производительностью 12,5...125 кг/ч. Для дезинфекции сточных вод [6] рекомендует следующие дозы активного хлора: после механической очистки – 10 г/м³, после полной искусственной биологической очистки -3 г/м³, после неполной искусственной биологической очистки – 5 г/м³.

Принимаем дозу хлора для дезинфекции вод $D_{хл}=3$ г/м³. Расход хлора за 1 ч при максимальном расходе:

$$q_{хл} = \frac{D_{хл} \cdot Q_{max}}{1000} = \frac{3 \cdot 6781,5}{1000} = 20,34 \text{ кг / ч}$$

Расход хлора в сутки:

$$q_{хл} = \frac{D_{хл} \cdot Q_{ср.сут}}{1000} = \frac{3 \cdot 129300}{1000} = 387,9 \text{ кг / сут}$$

В хлораторной предусматривается установка трех хлораторов ЛОНИИ-100К. Два рабочих хлоратора, один – резервный.

Количество баллонов-испарителей для обеспечения полученной производительности в 1 ч:

$$n_{бал} = \frac{q_{хл}}{S_{бал}} = \frac{20,34}{0,7} = 29 \text{ шт.},$$

где $S_{бал}=0,7$ кг/ч – выход из одного баллона табл. 5.1 [3].

Для уменьшения количества расходных баллонов в хлораторной устанавливаются стальные бочки-испарители диаметром $D=0,746$ м и длиной $L=1,6$ м. Такая бочка имеет емкость 500 л и вмещает до 625 кг хлора. Съём хлора с 1 м² боковой поверхности бочек составляет $S_{хл}=3$ кг/ч. Боковая поверхность бочки составит с 3,65 м².

Съём хлора с одной бочки:

$$q_б = F_б \cdot S_{хл} = 3,65 \cdot 3 = 10,95 \text{ кг / ч}$$

Для обеспечения подачи хлора в количестве 20,34 кг/ч нужно иметь $20,34/10,95=2$ бочки испарителя. Чтобы пополнить расход хлора из бочки, его переливают из стандартных баллонов емкостью 55л, создавая разрежение в бочках путем отсоса хлор-газа эжектором. Это позволяет увеличить съём хлора до 5 кг/ч с одного баллона и, следовательно, сократить количество одновременно действующих расходных баллонов до $20,34/5=4$ шт.

Всего за сутки потребуется баллонов с жидким хлором $387,9/55=7$ шт. Резервные баллоны принимаем в количестве 50% от суточной потребности, т.е. всего предусмотрено 11 баллонов. Каждая бочка размещается в горизонтальном положении на платформе циферблатных весов марки РП-3Г13 размером в плане 1500x1500 мм, что обеспечивает весовой контроль расхода хлора.

При суточном расходе хлора более трех баллонов при хлораторной предусматривается хранение трехсуточного запаса хлора, в нашем случае 21 шт. Основной запас хлора хранится вне очистной станции на расходном складе рассчитанном на месячную потребность в хлоре.

В данном случае составит:

$$n_{бал} = \frac{387,9 \cdot 30}{55} = 212 \text{ шт.}$$

В соответствии с действующими нормами [6] для размещения оборудования и хлора в баллонах предусматривается строительство здания, состоящего из двух помещений: хлордозаторной и расходного склада хлора. Хлордозаторная оборудуется двумя выходами: один – через тамбур и второй – непосредственно наружу (со всеми дверями, открывающимися наружу). Расходный склад хлора изолируют от хлордозаторной огнестойкой стеной без проемов.

В хлордозаторной помещаем три хлоратора ЛОНИИ-100К и три баллона (грязевика) вместимостью 50 л. Каждый хлоратор, баллон (грязевик) и одни весы с бочками-испарителями, расположенные на расходном складе, образуют самостоятельную технологическую схему для испарения и дозирования хлора, работающую периодически.

Хлордозаторная обеспечивается подводом воды питьевого качества с давлением не менее 0,4 Мпа и расходом

$$Q = q_{\text{хл}} \cdot q_{\text{в}} = 20,34 \cdot 0,4 = 8,134 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где $q_{\text{в}} = 0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ – норма водопотребления, м^3 на 1 кг хлора.

7.6.3.2 Смеситель

Для смешения хлорной воды со сточной жидкостью применяют различного типа смесители. Наиболее простым является ершовый смеситель, используемый при производительности $12 \div 1400 \text{ м}^3/\text{сут}$. При больших расходах применяют дырчатые смесители, водоизмерительные лотки, смесители с перемешиванием сжатым воздухом, перепадные колодцы.

Принимаем к проектированию смеситель типа лоток Паршаля.

Типоразмеры и расчётные данные лотка Паршаля приводятся в приложении 11:

- типоразмеры лотка Паршаля: $V=1500\text{мм}$; $V^1=1500\text{мм}$; $v=1500\text{мм}$; $A=1,995\text{м}$; $C=1,80\text{м}$; $D=2,28\text{м}$; $E=1,950\text{м}$; $F=0,90\text{м}$; $y=0,149\text{м}$; $n=0,7\text{м}$; $L=7,10\text{м}$.

- расчетные данные лотков Паршаля: наполнение в точке замера: $H_{\text{макс}}^A = 0,4\text{м}$,

$H_{\text{мин}}^A = 0,15\text{м}$; ширина горловины $b=230\text{мм}$; $n=1.522$;

подводящий лоток: $V=450\text{мм}$, $H=0,42\text{м}$, $v=1,04\text{м/с}$, $i=0,003$;

отводящий лоток: $V=450\text{мм}$, $H=0,38\text{м}$, $v=1,15\text{м/с}$, $i=0,005$, $l=4,0$;

Лоток Паршаля показан на рисунке 7.8.

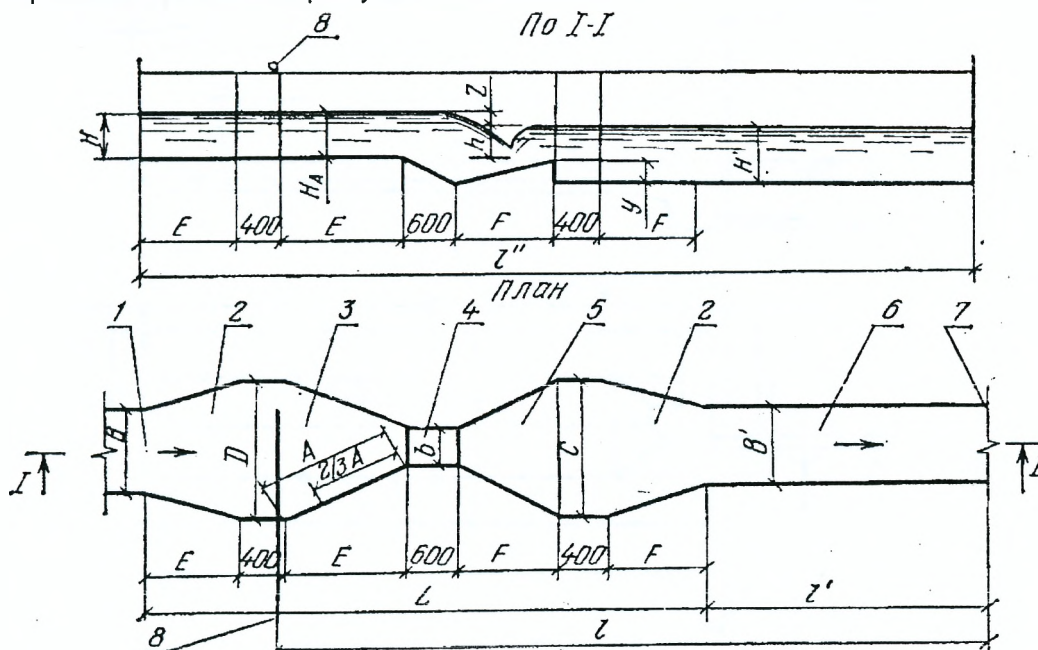


Рис. 7.8 Схема смесителя типа лоток Пашаля.

- 1- подводящий лоток; 2- переход; 3- подводящий раструб; 4- горловина;
5- отводящий раструб; 6- отводящий лоток; 7- створ полного перемешивания;
8- подача хлорной воды.

7.6.3.3 Контактные резервуары

Продолжительность контакта хлора с очищаемой водой должна составлять 30 мин. В качестве контактных резервуаров применяют отстойники.

Для обеспечения контакта хлора со сточной водой запроектируем контактные резервуары по типу горизонтальных отстойников. Объем резервуаров:

$$V_{к.р.} = \frac{Q_{max} \cdot T}{60} = \frac{6781,5 \cdot 30}{60} = 3390,75 \text{ м}^3,$$

где T=30 мин – продолжительность контакта хлора со сточной водой.

При скорости движения сточных вод в контактных резервуарах V=10мм/с ([6] табл. 31) длина резервуара составит:

$$L = V \cdot T = \frac{10 \cdot 30 \cdot 60}{1000} = 18 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения:

$$\omega = V_{к.р.} / L = 3390,75 / 18 = 188,38 \text{ м}^2$$

При глубине H=2,8 м и ширине каждой секции b=6 м число секций:

$$n = \frac{\omega}{b \cdot H} = \frac{188,38}{6 \cdot 2,8} = 11,2 = 12$$

Фактическая продолжительность контакта воды с хлором в час максимального притока воды:

$$T = \frac{V_{к.р.}}{Q_{max}} = \frac{n \cdot b \cdot H \cdot L}{Q_{max}} = \frac{12 \cdot 6 \cdot 2,8 \cdot 18}{6781,5} = 0,54 \text{ ч} = 32 \text{ мин}$$

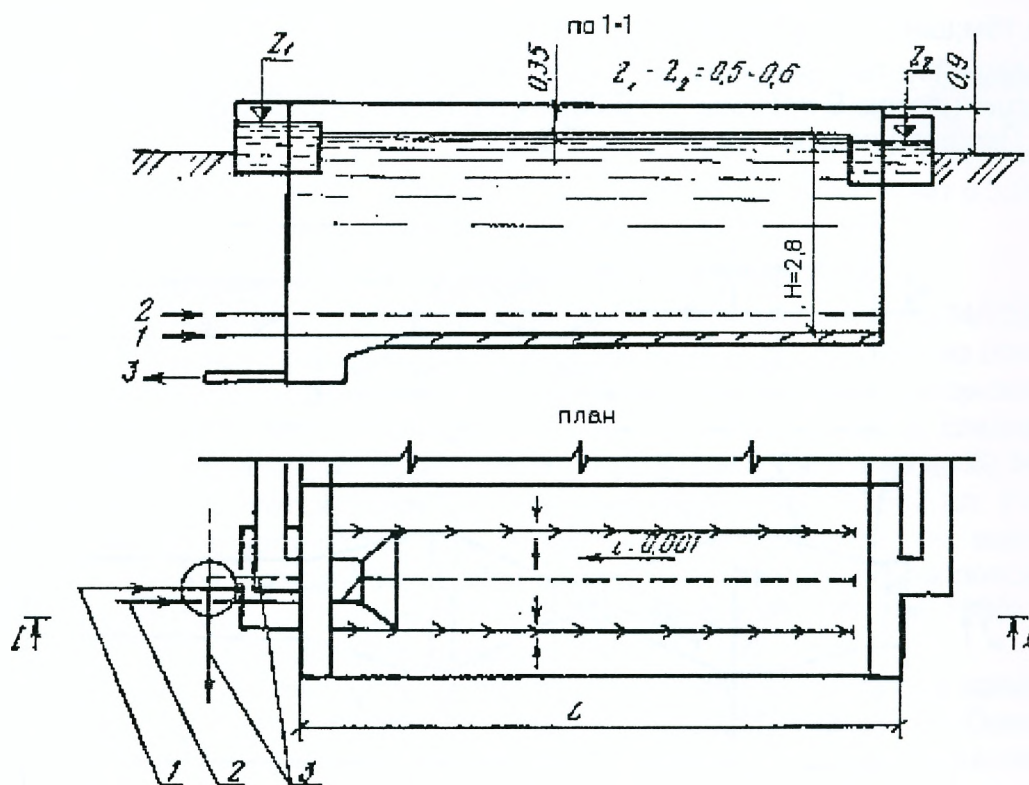


Рис. 7.9 Схема одной секции контактного резервуара
1- трубопровод технической воды; 2- трубопровод сжатого воздуха;
3- трубопровод опорожнения

Принимаем контактные резервуары, разработанные ЦНИИЭП инженерного оборудования. Они имеют ребристое днище, в лотках которого расположены смывные трубопроводы с насадками, а по продольным стенам смонтированы аэраторы и перфорированные трубы. Осадок удаляют один раз в 5...7 сут. При отключении секции осадок взмучивается технической водой, поступающей из насадков, и возвращается в начало очистных сооружений. Для поддержания осадка во взвешенном состоянии смесь в резервуаре аэрируют.

Принимаем три контактных резервуара по типовому проекту 902-3-231 (табл.5.25[3]). Число секций 4, рабочая глубина 2,8м, ширина секции 6м, длина секции 18м. Схема одной секции резервуара показана на рисунке 7.9.

7.6.4 Расчет сооружений для доочистки сточных вод

7.6.4.1 Биологические пруды с механической аэрацией

Биологические пруды предназначены для окончательной биологической очистки и для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Различают пруды с естественной и искусственной аэрацией. Аэрирование сточных вод в прудах с искусственной аэрацией осуществляется с помощью пневматических, механических или комбинированных аэраторов.

Принимаем к проектированию 2 ступени биологических прудов с искусственной аэрацией вод при помощи механических аэраторов, установленных на понтонах. Схема аэрируемых прудов показана на рис. 7.10.

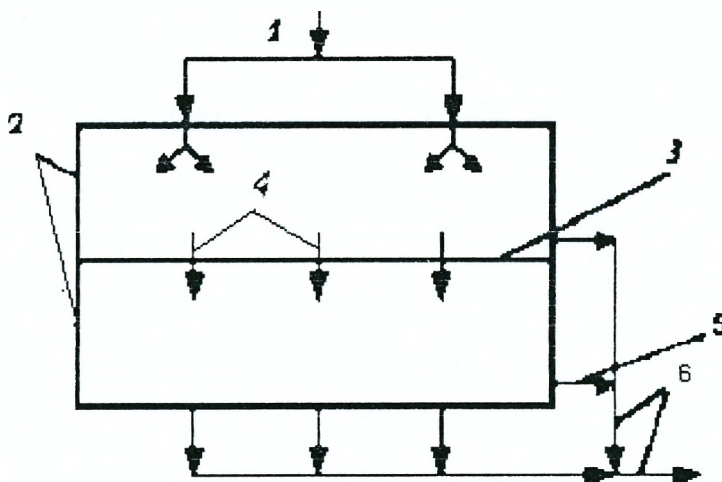


Рис. 7.10 Схема биологических прудов

1-подача сточной воды; 2 – секции пруда; 3-валики; 4-перепускные лотки; 5-запасные выпуски из биопрудов; 6-отводные каналы

Время пребывания воды в прудах определяется по формуле:

$$t'_{lag} = \frac{N}{2.3 \cdot k_d} \cdot \left(\sqrt[N]{\frac{L_{en}}{L_{en} - L_{fin}}} - 1 \right),$$

где k_d – динамическая константа скорости потребления кислорода:

$$k_d = \beta_1 \cdot k,$$

где β_1 - коэффициент, зависящий от скорости движения воды в пруде, создаваемой аэрируемыми устройствами (при скорости более 0,05м/с $\beta_1=7$);

N – число последовательных ступеней пруда;

L_{en} – БПК воды, поступающей в данную ступень прудов;

L_{fin} – остаточная БПК, принимаем 1мг/л;

k – константа скорости потребления кислорода (для 1 ступени 0,07, для 2 ступени 0,06), определяемая по формуле (при температуре воды от 5 до 30°C):

$$k = k \cdot 1.047^{T-20}$$

Для 1 ступени:

$$k = 0.07 \cdot 1.047^{5-20} = 0.056$$

$$k_{d1} = 7 \cdot 0.056 = 0.392$$

$$t'_{lag} = \frac{2}{2.3 \cdot 0.392} \cdot \left(\sqrt[2]{\frac{15}{15-1}} - 1 \right) = 0.59 \text{ сут}$$

Для 2 ступени (назначаем эффект очистки в первой ступени 40%):

$$k = 0.06 \cdot 1.047^{15-20} = 0.048$$

$$k_{d2} = 7 \cdot 0.048 = 0.336$$

$$t'_{lag} = \frac{2}{2.3 \cdot 0.336} \cdot \left(\sqrt[2]{\frac{9}{9-1}} - 1 \right) = 0.92 \text{ сут}$$

Объем 1 ступени пруда: $W_1 = 129300 \cdot 0.59 = 76287 \text{ м}^3$

Объем 2 ступени пруда: $W_2 = 129300 \cdot 0.92 = 118956 \text{ м}^3$

Принимаем глубину 1 ступени пруда 2 м, 2 ступени – 4,3 м, тогда площадь 1 ступени составит $76287/2 = 38144 \text{ м}^2$, 2 ступени – $118956/4.3 = 27664 \text{ м}^2$. Принимаем размеры 1 ступени в плане $143 \times 267 \text{ м}$, 2 ступени – $103 \times 269 \text{ м}$.

Принимаем к проектированию в качестве аэрирующего устройства дисковый механический аэратор поверхностного типа с характеристиками: диаметр 1 м, производительность по кислороду $Q_a = 9.58 \text{ кг/ч}$, количество лопастей – 12, мощность 3,4 кВт, высота лопасти 13 см, длина лопасти 21 см.

Назначаем глубину погружения аэратора 0,1 м, тогда растворимость кислорода в воде составит:

$$C_p = \left(1 + \frac{h_a}{20.6} \right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{0.1}{20.6} \right) \cdot 10.04 = 10.1 \text{ мг/л}$$

Количество аэраторов для каждой ступени определяем по формуле:

$$N_a = \frac{Z \cdot (L_{en} - L_{ex}) \cdot W}{24000 \cdot k_T \cdot k \cdot \left(\frac{C_p - C_{ex}}{C_p} \right) \cdot t_{lag} \cdot Q_a}$$

L_{en} – БПК воды, поступающей в данную ступень прудов, мг/л;

L_{ex} – БПК воды, выходящей из данной ступени прудов, мг/л;

W – объем данной ступени прудов, м^3 ;

Z – удельный расход кислорода, мг/мг снятой БПК_{полн} (при полной очистке $Z=1.1$ мг/мг);

n_1 – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод;

$$n_1 = 1 + 0.02 \cdot (T_{cp} - 20) = 1 + 0.02 \cdot (15 - 20) = 0.9$$

n_2 – коэффициент качества сточных вод (для городских сточных вод $n_2=0.85$);

C_{ex} – требуемая концентрация кислорода в воде, выходящей из пруда (принимается не менее 1-2 мг/л). Назначаем $C_{ex}=2$ мг/л.

$$N'_a = \frac{1.1 \cdot (15 - 9) \cdot 76287}{24000 \cdot 0.9 \cdot 0.85 \cdot \left(\frac{10.1 - 2}{10.1} \right) \cdot 0.59 \cdot 9.58} = 6 \text{ шт}$$

$$N^2_a = \frac{1,1 \cdot (9 - 5,89) \cdot 118956}{24000 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{10,1 - 2}{10,1}\right) \cdot 0,92 \cdot 9,58} = 4шт$$

Принимаем к проектированию два параллельно работающих биологических пруда по 2 ступени в каждом.

7.7 Расчет сооружений для обработки осадка сточных вод

На проектируемой очистной станции образуются следующие виды осадков:

1. Отбросы, задерживаемые на решетках в количестве 10,2 м³/сут (пункт 7.6.1.2).
2. Песок из песколовок в количестве 9,31 м³/сут (пункт 7.6.1.3).
3. Сырой осадок из первичных отстойников в количестве 217,33 м³/сут влажностью 95% (пункт 7.6.1.4).
4. Избыточный активный ил из вторичных отстойников расходом 266 м³/час, влажностью 99,6% (пункт 7.6.2.1).

7.7.1 Песковые бункера

Песковые бункера предназначены для обезвоживания песка и приспособлены для последующей погрузки песка в автомашины. Бункера рассчитываются на 1,5÷9 суточное хранение песка. Чтобы избежать смерзания песка при открытом расположении бункеров предусматривается обогрев их горячей водой. Схема установки песковых бункеров с гидроциклонами представлена на рисунке 7.11.

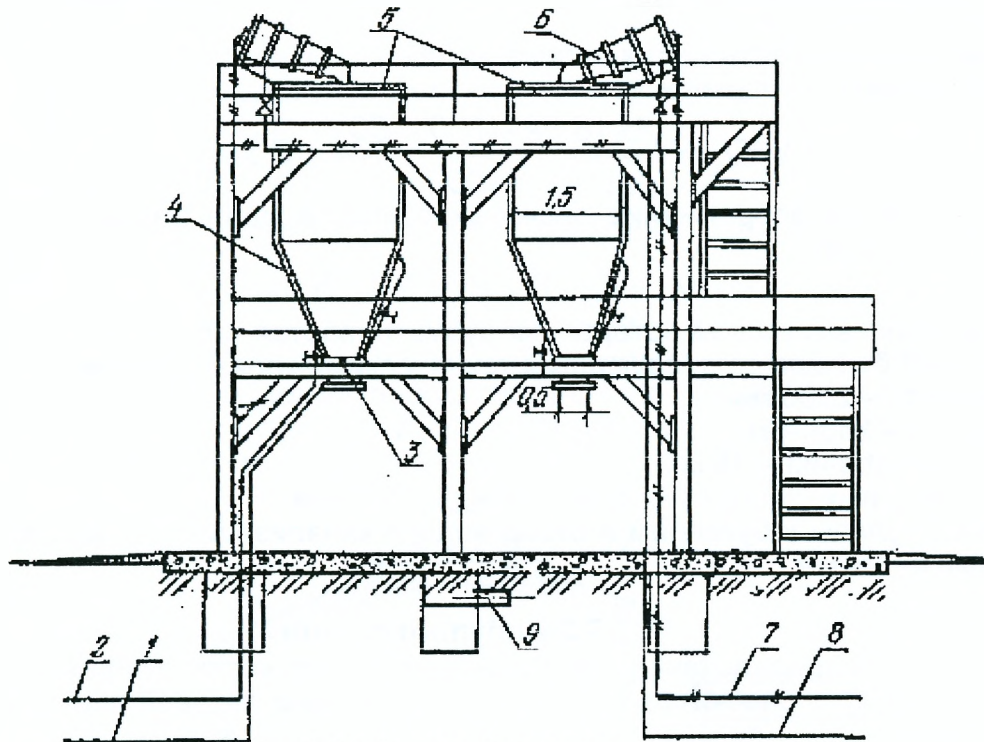


Рис. 7.11 Схема бункера для песка

- 1- подвод воды в систему отопления; 2- отвод воды из системы отопления;
- 3- затвор с электроприводом; 4- теплоизоляция; 5- бункера; 6- гидроциклон;
- 7- отвод воды от гидроциклонов; 8- подвод песковой пульпы к гидроциклонам;
- 9- отвод воды в канализацию.

Суточный объем песка влажностью 60%, удаляемый через 2 суток из песколовки, составляет $W=18,62\text{м}^3$.

Часовой расход песка принимаем равным 18,62 м³/час, что составляет 5,17 л/с.

Удаление песка из песколовки предусматривается при помощи гидроэлеватора, который должен поднимать воду на высоту $H_r=10\text{м}$ (геометрическая высота подъема пульпы). Принимаем к проектированию пескопровод диаметром 150мм. Потери напора в пескопроводе длиной 52м составят $h=1,2\text{м}$. Суммарный напор для подбора гидроэлеватора составит $10+1,2=11,2\text{м}$. По номограмме рис.1.28 [11] (приложение 12 данного пособия) подбираем гидроэлеватор №1 с диаметром сопла 30мм, диаметром горловины 55мм. Количество пескопульпы по номограмме $27\text{л/с}=97,2\text{м}^3/\text{ч}$.

Для удаления воды из пескопульпы служат гидроциклоны. Принимаем по 2 гидроциклона со следующими параметрами:

- диаметр цилиндрической части – 350 мм;
- диаметр выпуска (0,18 x 350мм) – 63 мм;
- диаметр сливной насадки (0,22 x 350 мм) – 75 мм;
- диаметр шламовой насадки (0,07 x 350 мм) – 25 мм;
- высота цилиндрической части (0,88 x 350 мм) – 310 мм;
- производительность аппарата – $75\text{ м}^3/\text{ч}$;
- потеря напора в гидроциклоне – 20 м;
- гидравлическая крупность частиц, задерживаемых гидроциклоном (при плотности 2 г/см^3 и исходной концентрации 2000 мг/л) – 4,6 мм/с.

Объем пульпы, поступающей в песковые бункера за сутки, составит:

$$Q_n = Q_e + \frac{W \cdot (100 - P_{вл})}{100}, \text{ м}^3$$

где Q_e – потеря воды с пульпой из гидроциклона, м^3

$$Q_e = \rho \cdot N_r \cdot q_r = 0,02 \cdot 2 \cdot 25 = 1 \text{ м}^3$$

где $P_{вл}$ – влажность песка, %;

ρ – плотность песка, кг/м^3 ;

q_r – производительность гидроциклона, $\text{м}^3/\text{ч}$;

N_r – количество гидроциклонов, шт;

$$Q_n = 1 + \frac{18,62 \cdot (100 - 60)}{100} = 8,5 \text{ м}^3$$

Предусматриваем опорожнение песковых бункеров один раз за 3 суток, тогда рабочая вместимость:

$$W_\sigma = Q_n \cdot T = 8,5 \cdot 3 = 25,5 \text{ м}^3$$

где T – количество суток на которое предусматривается хранение песка, сут;

Принимаем 2 бункера со следующими техническими характеристиками:

- диаметр – 2500 мм;
- высота – 2600 мм;
- объем рабочий – 15 м^3 ;
- диаметр выходного отверстия шибера – 500 мм.

Подвод пульпы к бункерам и отвод воды в канализацию осуществляется трубопроводами $d=150\text{мм}$.

7.7.2 Илоуплотнители

Илоуплотнители предназначены для уменьшения влажности (объема) избыточного активного ила. Они рассчитываются на максимальный часовой приток избыточного активного ила:

$$q_{max} = \frac{P_{max} \cdot Q}{24 \cdot C}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где P_{max} – максимальный прирост активного ила:

$$P_{max} = 1,3 \cdot P_p = 1,3 \cdot (0,8 \cdot b' + 0,3 \cdot L_a), \text{ мг / л},$$

где b' – вынос взвешенных веществ из первичных отстойников, $b'=150\text{ мг/л}$;

L_a – БПК₂₀ сточных вод, поступающих в аэротенки, мг/л ;

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

C – концентрация избыточного активного ила при влажности 99,6%: $C=4000\text{г/м}^3$ (табл. 58 [6] или приложение 13).

$$\Pi_{\max} = 1,3 \cdot (0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 258,38) = 256,77 \text{ мг / л}$$

$$q_{\max} = \frac{256,77 \cdot 129300}{24 \cdot 4000} = 345,83 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Необходимый объем илоуплотнителя:

$$\dot{W} = q_{\max} \cdot T = 345,83 \cdot 11 = 3804,18 \text{ м}^3$$

В качестве илоуплотнителей принимаем радиальные вторичные отстойники диаметром $D_{\text{сет}}=30\text{м}$, рабочей глубиной $H_{\text{сет}}=3,1\text{м}$, объемом зоны отстаивания $W_{3,0}=2190\text{м}^3$, иловой зоны $W_{\text{ил.}}=440\text{м}^3$, по типовому проекту 902-2-89/75 (табл 5.19 [9]).

Количество отстойников:

$$N = \frac{W}{W_{30}} = \frac{3804,18}{2190} = 2$$

Нагрузка на зеркало уплотнителя:

$$q_0 = \frac{q_{\max}}{N \cdot \pi \cdot R^2} = \frac{345,83}{2 \cdot 3,14 \cdot 15^2} = 0,24, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Нагрузка находится в пределах допустимой для радиальных отстойников

$$q_0 = 0,2 - 0,5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Расчетный расход уплотненного ила при его влажности 97,3%:

$$q_y = q_{\max} \cdot \frac{100 - P_1}{100 - P_2} = 345,83 \cdot \frac{100 - 99,6}{100 - 97,3} = 51,23 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где P_1 и P_2 – влажность соответственно поступающего и уплотненного ила, табл.58[6];
Максимальный объем жидкости, отделяющийся в процессе уплотнения:

$$q_{\text{ж}} = q_{\max} \cdot \frac{P_1 - P_2}{100 - P_2} = 345,83 \cdot \frac{99,6 - 97,3}{100 - 97,3} = 294,6 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Сливная вода, отделившаяся в процессе уплотнения, направляется на биологическую очистку.

7.7.3 Метантенки

Метантенки применяют для анаэробного сбраживания осадков сточных вод с целью стабилизации и получения метансодержащего газа брожения, при этом учитывают состав осадка, наличие веществ, тормозящих процесс сбраживания и влияющих на выход газа. Схема метантенка показана на рис. 7.12.

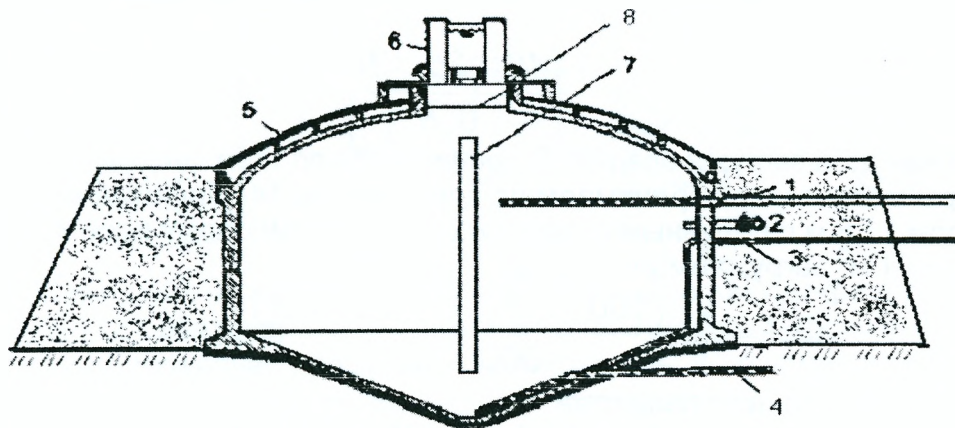


Рис. 7.12 Схема метантенка

- 1 – подача осадка; 2 – паровой инжектор; 3 – выпуск сброженного осадка;
4 — опорожнение метантенка; 5 – теплоизоляция; 6 – система сбора и отвода газа;
7 – циркуляционная труба; 8 – уровень осадка

Принимаем мезофильный режим сбраживания. Определяем суточный расход смеси, сырого осадка и уплотненного избыточного активного ила, загружаемого в метантенк.

Расход осадка из первичных отстойников по сухому веществу:

$$O_{\text{сух}} = \frac{b_{\text{общ}} \cdot \Xi \cdot K}{1000 \cdot 1000 \cdot 100} \cdot Q_{\text{ср.сут}} = \frac{234,04 \cdot 36 \cdot 1,1}{1000 \cdot 1000 \cdot 100} \cdot 129300 = 11,98 \text{ т / сут},$$

где $b_{\text{общ}}$ – концентрация взвешенных веществ в сточной воде до отстаивания, г/м³

Ξ – эффект задерживания взвешенных веществ в первичных отстойниках, %

K – коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных фракций взвеси, не улавливаемых при отборе проб для анализа.

Расход избыточного активного ила:

$$U_{\text{сух}} = \frac{V_{\text{ил}} \cdot (100 - P_{\text{ил}}) \cdot \rho_{\text{ил}}}{100} = \frac{1229,52 \cdot (100 - 97,3) \cdot 1}{100} = 33,2 \text{ т / сут},$$

где $V_{\text{ил}}$ – расход уплотненного активного ила, поступающего из илоуплотнителей, м³/сут;

$P_{\text{ил}}$ – влажность уплотненного активного ила, %;

$\rho_{\text{ил}}$ – плотность уплотненного ила, кг/м³;

Расход беззольного вещества сырого осадка:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B_r) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} = \frac{11,98 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 27)}{100 \cdot 100} = 8,31 \text{ т / сут}$$

Расход беззольного вещества избыточного активного ила:

$$U_{\text{без}} = \frac{U_{\text{сух}} \cdot (100 - B_r) \cdot (100 - Z_{\text{ил}})}{100 \cdot 100} = \frac{33,2 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 25)}{100 \cdot 100} = 23,66 \text{ т / сут},$$

где B_r – гигроскопическая влажность сырого осадка и ила, %;

$Z_{\text{ос}}$ и $Z_{\text{ил}}$ – зольность сухого вещества соответственно сырого осадка и активного ила, %;

Общий расход смеси, загружаемой в метантенк:

$$V_{\text{общ}} = Q_{\text{муд}} + V_{\text{ил}} = 217,33 + 1229,52 = 1446,85 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Средняя влажность смеси:

$$P_{\text{см}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{O_{\text{сух}} + U_{\text{сух}}}{Q_{\text{муд}} + V_{\text{ил}}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{11,98 + 33,2}{217,33 + 1229,52}\right) = 96,8\%$$

Объем метантенка:

$$W = \frac{V_{\text{общ}} \cdot 100}{d} = \frac{1446,85 \cdot 100}{9,8} = 14764 \text{ м}^3,$$

где d – суточная доза загрузки осадка, %; принимается по табл. 59 [6] (приложение 14).

Типоразмеры метантенков принимаем по приложению 14. Принимаем 6 метантенков с диаметром 17,5 м с полезным объемом 2500 м³ по типовому проекту 902-2-209.

Выход газа на 1 м³ загружаемого осадка:

$$Q_r = \frac{y \cdot (100 - P_{\text{см}}) \cdot (100 - Z)}{1000 \cdot \rho}, \text{ м}^3,$$

где y – распад беззольного вещества

$$y = a - n \cdot d = 46,42 - 0,432 \cdot 9,8 = 42,19\%$$

где a – предел сбраживания беззольного вещества загружаемого осадка, %;

ρ – плотность газа, кг/м³;

Z – зольность сухого вещества осадка, %;

n – коэффициент, зависящий от влажности осадка и режима сбраживания, принимается по табл. 61 [6].

$$z = \frac{z_{ос} \cdot O_{сух} + z_{ил} \cdot U_{сух}}{O_{сух} + U_{сух}} = \frac{27 \cdot 11,98 + 25 \cdot 33,2}{11,98 + 33,2} = 25,53\%$$

$$a = \frac{53 \cdot O_{без} + 44 \cdot U_{без}}{O_{без} + U_{без}} = \frac{53 \cdot 8,31 + 44 \cdot 23,66}{8,31 + 23,66} = 46,42\%$$

$$Q_r = \frac{42,19 \cdot (100 - 96,8) \cdot (100 - 25,53)}{1000 \cdot 1} = 10,05 \text{ м}^3$$

Общий выход газа:

$$\Gamma_{общ} = Q_r \cdot V_{общ} = 10,05 \cdot 1429,52 = 14366,7 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Для хранения газа предусматриваем мокрые газгольдеры, вместимость которых принимается равной двух-четырёхчасовому выходу газа. При трёхчасовом выходе газа:

$$W_{газ} = \frac{\Gamma_{общ} \cdot 3}{24} = \frac{14366,7 \cdot 3}{24} = 1795,8 \text{ м}^3$$

Принимаем по приложению 14 3 типовых однозвеньевых газгольдера диаметром 11,48 м и вместимостью 600 м³.

Влажность осадка, выходящего из метантенков:

$$P_m = 100 - \frac{y \cdot (100 - P_{см}) \cdot (100 - z) \cdot (100 - y)}{10000} =$$

$$= 100 - \frac{(100 - 96,8) \cdot (100 - 25,53) \cdot (100 - 42,19)}{10000} = 98,6\%$$

7.7.4 Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием

Анаэробно сброженные осадки сточных вод имеют высокое удельное сопротивление, что затрудняет процесс их обезвоживания. Поэтому сброженный осадок перед механическим обезвоживанием подвергается промывке с последующим уплотнением и обработке химическими реагентами. Схема обезвоживания сброженных осадков вакуум-фильтрованием представлена на рис. 7.13.

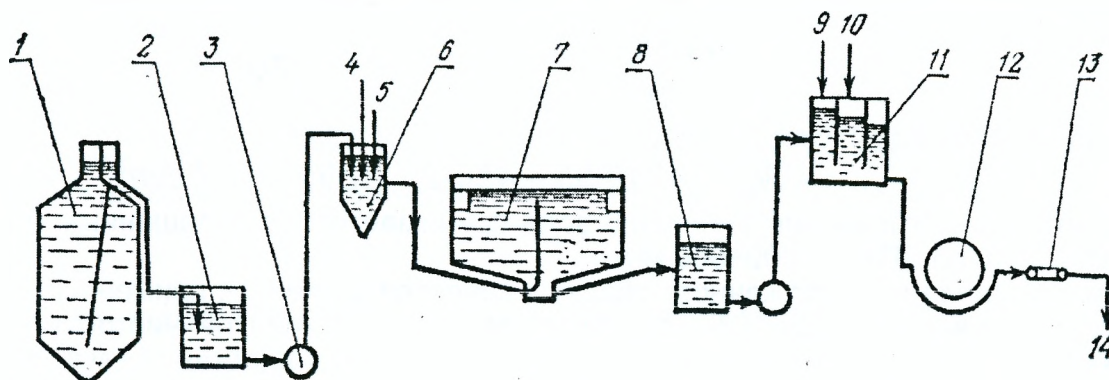


Рис. 7.13 Схема обезвоживания сброженных осадков вакуум-фильтрованием
1-метантенк, 2-резервуар сброженного осадка, 3-насос, 4-промывная вода, 5-сжатый воздух, 6-резервуар промывки, 7-уплотнитель, 8-резервуар уплотненного осадка, 9- раствор хлорного железа, 10-раствор извести, 11-дозатор осадка и смеситель с реагентами, 12-вакуум-фильтры, 13-транспортер, 14-кек.

Суточный объем $V_{общ}$, подаваемого на обезвоживание, составляет 1446,85 м³, влажность сброженного осадка $P_m = 98,6\%$.

Промывка осадка производится очищенной сточной (технической) водой. Суточный расход промывной воды на 1 м³ осадка, сброженной в мезофильных условиях смеси осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила $n = 2-3 \text{ м}^3$, для термофильной сброженной смеси $n = 3-4 \text{ м}^3$. Продолжительность промывки $T_{пр} = 15-20$ мин.

Суточный объем смеси осадка и промывной воды:

$$W_{см} = V_{общ}(1 + n) = 1446,85 \cdot (1+2) = 4340,55 \text{ м}^3$$

Объем промывных резервуаров:

$$W_{пр} = \frac{W_{см} \cdot T_{пр}}{24 \cdot 60} = \frac{4340,55 \cdot 20}{24 \cdot 60} = 60,26 \text{ м}^3$$

Принимаем 2 резервуара с рабочим объемом каждого 31 м³. Перемешивание смеси осадка и промывной воды производится сжатым воздухом из расчета 0,5 м³ на 1 м³ смеси.

Расход воздуха для перемешивания:

$$V = \frac{W_{см}}{24} \cdot 0,5 = \frac{4340,55}{24} \cdot 0,5 = 90,4 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Промывные резервуары размещаются в специальном помещении – камере промывки. Здесь же размещены резервуар для иловой воды и насосы для ее перекачки.

Уплотнение смеси промытого осадка и воды осуществляется в радиальных или вертикальных отстойниках-уплотнителях, рассчитанных на 12-18-часовое пребывание в них смеси. Принимаем уплотнители радиального типа с продолжительностью уплотнения 15 ч. Число уплотнителей – не менее 2.

Рабочий объем уплотнителей:

$$W_{упл} = \frac{W_{см}}{24} \cdot 15 = \frac{4340,55}{24} \cdot 15 = 2712,8 \text{ м}^3$$

Объем иловой части уплотнителей рассчитывается на хранение осадка влажностью 94-96 % в течение 2 сут:

$$W_{ил} = \frac{1446,85 \cdot (100 - 98,6) \cdot 2}{100 - 95,5} = 900,2 \text{ м}^3$$

Общий объем уплотнителей:

$$W_{общ} = 2712,8 + 900,2 = 3613 \text{ м}^3$$

В качестве уплотнителей промытого осадка принимаем 2 радиальных первичных отстойника диаметром 30 м с объемом каждого 2190 м³.

Расход промытого и уплотненного осадка влажностью 95,5%:

$$W_{ос} = \frac{1446,85 \cdot (100 - 98,6)}{100 - 95,5} = 450,2 \text{ м}^3$$

Расход сливной воды, отводимой из уплотнителей осадка:

$$Q_{сл} = W_{см} - W_{ос} = 4340,55 - 450,2 = 3890,4 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Концентрация загрязнений в сливной воде принимается: по взвешенным веществам-1000÷1500, по БПК₂₀ – 600÷900 мг/л.

При коагулировании сброженного осадка в качестве реагентов применяется хлорное железо и известь в виде 10%-ного раствора. Доза коагулянтов: чистого хлорного железа – 4÷6%, активной извести – 12÷20 % массы сухого вещества осадка. Добавка извести в осадок производится после введения хлорного железа.

Расход хлорного железа по чистому FeCl₃:

$$P_{ж} = \frac{450,2 \cdot (100 - 98,6) \cdot 5}{100 \cdot 100} = 0,32 \text{ т} / \text{сут} ,$$

что по товарному продукту при содержании чистого хлорного железа 60 % составит

$$P_{ж.т} = \frac{0,32}{0,6} = 0,53 \text{ т} / \text{сут}$$

Расход активной извести:

$$P_{изв} = \frac{450,2 \cdot (100 - 98,6) \cdot 16}{100 \cdot 100} = 1 \text{ м} / \text{сут}$$

или по товарному продукту при содержании активной извести 70 %

$$P_{изв.т} = \frac{1}{0,7} = 1,43 \text{ м} / \text{сут}$$

Для обезвоживания осадков городских сточных вод применяются барабанные вакуум-фильтры типа БОУ и вакуум-фильтры со сходящим полотном типа БсхОУ.

Рабочая площадь вакуум-фильтров:

$$F = \frac{W_{ос} \cdot (100 - P_1) \cdot 1000}{100 \cdot q \cdot T} = \frac{450,2 \cdot (100 - 95,5) \cdot 1000}{100 \cdot 20 \cdot 20} = 50,6 \text{ м}^2,$$

где P_1 – влажность осадка, подаваемого на обезвоживание, %;

q – часовая пропускная способность вакуум-фильтра по сухому веществу осадка, кг/(м²·ч), принимается по табл.62 [6] (см. приложение 14б);

T – время работы вакуум-фильтров в сутки, ч.

Принимаем 3 рабочих и 1 резервный вакуум-фильтр типа БсхОУ-20-2,6 с площадью фильтрующей поверхности каждого 20 м² (табл. 5.30[9]).

Расход кека влажностью 79 % составляет

$$W_k = \frac{450,2 \cdot (100 - 95,5)}{100 - 79} = 96,4 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Расход образующегося фильтрата

$$Q_{ф} = W_{ос} - W_k = 450,2 - 96,4 = 353,8 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Фильтрат рекомендуется направлять в камеру промывки, так как содержащиеся в нем непрореагированные коагулянты способствуют снижению концентрации взвеси в сливной воде уплотнителей промытого осадка.

Подача вакуум-насосов определяется из условия расхода воздуха 0,5 м³/мин на 1 м² площади фильтра. На каждый фильтр требуется вакуум-насос с подачей 0,5·20=10 м³/мин.

Принимаем вакуум-насос марки ВВН-12 с подачей 12 м³/мин.

Расход сжатого воздуха на отдувку кека составляет 0,1 м³/мин на 1 м² площади фильтра. На каждый фильтр потребуется воздуходувка с подачей 0,1·20=2 м³/мин. При трех рабочих вакуум-фильтрах могут быть приняты три воздуходувки марки ВВН-3 с подачей 1,5 м³/мин. Если на очистных сооружениях имеется воздуходувная станция, подачу сжатого воздуха целесообразно предусматривать от нее.

Для складирования обезвоженного осадка предусматривается открытая площадка, рассчитанная на 4-5-месячное хранение кека при высоте слоя 1,5-2 м. Ее площадь:

$$F = \frac{W_k \cdot 4,5 \cdot 30}{2} = \frac{96,4 \cdot 4,5 \cdot 30}{2} = 6507 \text{ м}^2$$

Размеры площадки определяются при разработке генплана станции.

7.7.5 Аварийные иловые площадки

В качестве резервного метода обезвоживания принимаем сушку на аварийных иловых площадках с естественным основанием. Аварийные иловые площадки рассчитываются на 20% годового объема осадка.

Полезная площадь иловых площадок:

$$F_{ил} = \frac{0,2 \cdot V_{общ} \cdot T}{K \cdot n}, \text{ м}^2,$$

где $V_{общ}$ – расход сброженного осадка, подаваемого на обезвоживание, м³/сут;

K – нагрузка на иловые площадки, табл. 64[6], м³/(м²·сут);

n – климатический коэффициент, чертеж 3 [6];

$$F_{\text{пл}} = \frac{0,2 \cdot 1446,85 \cdot 60}{1,2 \cdot 0,9} = 16076 \text{ м}^2$$

Согласно пункту 6.391 [6] принимаем 10 карт, площадь каждой составляет 8000 м², размеры 80 x 100 м. Рабочая глубина карты 0,7 м. Общая строительная глубина карты 1 м.

7.7.6 Термическая сушка под вакуумом

Смесь кека, образовавшегося в результате обезвоживания осадка и активного ила вакуум-фильтрованием подается на вакуум-сушильные установки. Процесс сушки происходит под вакуумом, создаваемым конденсацией вторичного пара в барометрическом конденсаторе и с помощью вакуум-насоса. В рубашку сушильного аппарата подается пар из котельной с температурой 140÷150 °С. Вследствие вакуума в аппарате кипение осадка и выпаривание влаги происходит при температуре 65÷70°С.

Количество испаряемой воды:

$$W = Q \cdot \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right), \text{ м}^3,$$

где Q – объем смеси подаваемой на испарение, м³;
W₁, W₂ – начальная и конечная влажности осадка, %.

$$W = 96,4 \cdot \left(1 - \frac{100 - 79}{100 - 35} \right) = 65,3 \text{ м}^3$$

Принимаем к проектированию вакуум-сушилки ВГСУ-3000, имеющих рабочий объем барабана W_а=30 м³ и производительность по испаряемой влаге P=3960 кг/ч, температура пара 160 °С.

Объем осадка, обрабатываемого за 1 цикл сушки:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{3 \cdot W_{\text{а}}}{2} = \frac{3 \cdot 30}{2} = 45 \text{ м}^3$$

Количество воды, выпариваемой в аппарате за 1 цикл:

$$W_{\text{ц}} = Q_{\text{ц}} \cdot \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right) = 45000 \cdot \left(1 - \frac{100 - 79}{100 - 35} \right) = 30461,5 \text{ кг}$$

Требуемое количество циклов для испарения суточного объема воды:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W}{W_{\text{ц}}} = \frac{65300}{30461,5} = 2,14$$

Продолжительность цикла сушки одного сушильного аппарата:

$$\tau = \frac{W_{\text{ц}}}{P} = \frac{30461,5}{3960} = 7,69 \text{ ч}$$

Количество циклов на один аппарат в сутки:

$$n_1 = \frac{24}{\tau} = \frac{24}{7,69} = 3,12$$

Число сушилок:

$$n = \frac{n_{\text{ц}}}{n_1} = \frac{2,14}{3,12} = 0,69 = 1$$

Принимаем одну рабочую и одну резервную сушилку.

Необходимый расход пара:

$$D = \frac{1,4 \cdot W}{24} = \frac{1,4 \cdot 65300}{24} = 3809,2 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где 1,4 – коэффициент, учитывающий количество пара, необходимое для нагревания осадка до температуры кипения, и потери в окружающую среду.

7.7.7 Проверка эффективности работы первичных отстойников и аэротенков с учётом приёма иловых вод

Так как сливная вода подается, как правило, в приемную камеру очистных сооружений, необходимо учитывать дополнительную концентрацию загрязнений, поступающих с ней на очистку.

Объем жидкости, отделяющийся в процессе уплотнения:

$$q_{ж} = q \cdot \frac{P_1 - P_2}{100 - P_2} = 266 \cdot \frac{99,6 - 97,3}{100 - 97,3} = 226,6 \text{ м}^3 / \text{час} = 5438,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Концентрация взвешенных веществ и БПК₂₀ в поступающем на очистку стоке:

$$b'_{\text{общ}} = \frac{b_{\text{общ}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} + b_{\text{сл}} Q_{\text{сл}}}{Q_{\text{ср.сут}} + Q_{\text{сл}}} =$$

$$\frac{234,04 \cdot 129300 + 1000 \cdot (3890,4 + 5438,2)}{129300 + (3890,4 + 5438,2)} = 274,8 \text{ мг / л}$$

$$L'_{\text{общ}} = \frac{L_{\text{общ}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} + L_{\text{сл}} Q_{\text{сл}}}{Q_{\text{ср.сут}} + Q_{\text{сл}}} =$$

$$= \frac{258,38 \cdot 129300 + 600 \cdot (3890,4 + 5438,2)}{129300 + (3890,4 + 5438,2)} = 281,37 \text{ мг / л}$$

Учитывая увеличение концентрации загрязнений в общем стоке, проверяем эффективность работы первичных отстойников и аэротенков.

При концентрации взвешенных веществ 234,04 мг/л эффект осветления сточных вод в первичных отстойниках составил 36 %.

Вынос взвеси при концентрации взвешенных веществ 274,8:

$$b' = \frac{274,8 \cdot (100 - 36)}{100} = 175,9 \text{ мг / л}$$

Так как вынос превышает 150 мг/л, то производим перерасчет первичного отстойника. Эффект очистки сточных вод в отстойнике:

$$\Theta = \frac{274,8 - 150}{274,8} \cdot 100 = 45\%$$

Гидравлическая крупность:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 3,1 \cdot 0,45}{602,8 \cdot \left(\frac{3,1 \cdot 0,45}{0,5} \right)^{0,25}} = 1,79 \text{ мм / с}$$

Производительность одного отстойника:

$$q_{\text{сет}} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,2^2) \cdot (1,79 - 0,165) = 1840 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$N = \frac{q_{\text{max}}}{q_{\text{сет}}} = \frac{6781,5}{1840} = 4 \text{ шт}$$

Для очистки сточных вод с увеличенной концентрацией загрязнений достаточно четырех принятых отстойников диаметром 30м.

Продолжительность аэрации смеси сточной воды и циркулирующего ила в аэротенке:

$$t_a = \frac{2,5}{3^{0,5}} \cdot \lg\left(\frac{213}{15}\right) = 1,66 \text{ ч}$$

$$L'_a = \frac{281,37 - 15 \cdot 0,3}{(1 + 0,3)} = 213 \text{ мг / л}$$

Продолжительность окисления снятых загрязнений:

$$t_o = \frac{281,37 - 15}{0,3 \cdot 8 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,5} = 10,2 \text{ ч}$$

Время регенерации ила:

$$t_p = t_o - t_a = 10,2 - 1,66 = 8,54 \text{ ч}$$

Продолжительность обработки воды:

$$t_{a-p} = (1 + 0,3) \cdot 1,66 + 0,3 \cdot 8,54 = 4,72 \text{ ч}$$

Необходимый объем аэротенка:

$$V_a = t_a \cdot (1 + R) \cdot Q_{\text{расч}} = 1,66 \cdot (1 + 0,3) \cdot 6781,5 = 14635 \text{ м}^3$$

$$V_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{расч}} = 8,54 \cdot 0,3 \cdot 6781,5 = 17374 \text{ м}^3$$

$$\mathbf{V = 17374 + 14653 = 32027 \text{ м}^3}$$

Полезный объем принятых ранее аэротенков составляет 34200 м³. Следовательно, объем аэротенков увеличивать не надо.

Таблица 7.5

Гидравлический расчет коммуникаций по ходу движения воды станции производительностью 129300 м³/сут

№ участка и название сооружения	длина, м.	форма сечения	размер сечения или диаметр	расход, л/с.	Скорость, м/с.	Уклон	потери, м.	вычислен. Местн. Сопрот.	Величина мест. Сопрот.	Суммарные потери	наименования местных сопрот.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-2 приемная камера				1884			0			0,1	
2-3	1,4	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,00112			0,0011	
3-4	8,6	прям.	1000x694	628	0,9	0,0008	0,00688	$(15 + 0,24) \cdot \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0718	0,0787	разветвл. На 3, поворот на 120
4-5 решетки				628			0			0,2000	
5-6	8,6	прям.	1000x694	628	0,9	0,0008	0,00688	$0,24 \cdot \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0099	0,0168	поворот на 120
6-7	1,4	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,00112	$0,53 \cdot \frac{1,183^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0378	0,0389	слияние
7-8 песколовка							0			0,1200	
8-9	12,3	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,00984			0,0098	
9-10	6			1884			0			0,2000	
10-11	4	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,0032			0,0032	
11-12 распред. Чаша				1884			0			0,6700	
12-13	18,4	кругл.	900	471	0,76	0,0008	0,01472			0,0147	
13-14 радиальн. Отстойник				471			0			0,6000	
14-15	20,79	кругл.	900	471	0,76	0,0008	0,01663			0,0166	

№ участка и название сооружения	длина, м.	форма сечения	размер сечения или диаметр	расход, л/с.	Скорость, м/с.	Уклон	потери, м.	вычислен. Местн. Сопрот.	Величина мест. Сопрот.	Суммарные потери	наименования местных сопрот.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15-16	12,94	кругл.	1100	942	0,988	0,00106	0,01372	$0,46 \cdot \frac{0,988^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0229	0,0366	боковой приток
16-17	23,21	кругл.	1400	1884	1,19	0,0011	0,02553	$2 \cdot 0,46 \cdot \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0664	0,0919	2 боковых притока
17-18 азрстенк				1884			0			0,4500	
18-19	13,4	кругл.	1400	1884	1,19	0,0011	0,01474			0,0147	
19-20	41,32	кругл.	1200	1076,6	0,95	0,00087	0,03595	$(0,24 + 0,5) \cdot \frac{0,95^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0340	0,0700	поворот на 120, разветвление
20-21 распред. Чаша				1076,6			0			0,6700	
21-22	18,4	кругл.	700	269,14	0,7	0,00095	0,01748			0,0175	
22-23 радиальн. Отстойник				269,14						0,6	
23-24	20,79	кругл.	700	269,14	0,7	0,00095	0,01975			0,0198	
24-25	12,94	кругл.	900	538,28	0,84	0,001	0,01294	$0,46 \cdot \frac{0,84^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0165	0,0295	боковой приток
25-26	39,41	кругл.	1200	1076,6	0,95	0,00087	0,03429	$(2 \cdot 0,46 + 0,24) \cdot \frac{0,95^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0534	0,0876	2 боковых притока, поворот на 120
26-27	4	кругл.	1400	1884	1,19	0,0011	0,0044	$0,46 \cdot \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0332	0,0376	боковой приток
30-31 вход из трубы в колодец				1884						0,5	
31-32	3	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,0024			0,0024	

Продолжение таблицы 7.5

№ участка и название сооружения	длина, м.	форма сечения	размер сечения или диаметр	расход, л/с.	Скорость, м/с.	Уклон	потери, м.	вычислен. Местн. Сопрот.	Величина мест. Сопрот.	Суммарные потери	наименования местных сопрот.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32-33 смеситель	7			1884			0			0,2000	
33-34	6	прям.	1600x620	1884	1,183	0,0008	0,0048			0,0048	
34-35 контактный резервуар				1884						0,6	
35-36	98	кругл.	1500	1884	1,28	0,0009	0,0882			0,0882	
36-37	62,5	кругл.	1500	1570	1,24	0,0009	0,05625	$0,2 \cdot \frac{1,24^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0157	0,0719	колодец
37-38	62,5	кругл.	1400	1256	1,18	0,0009	0,05625	$0,2 \cdot \frac{1,18^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0142	0,0704	колодец
38-39	62,5	кругл.	1400	942	1,12	0,0009	0,05625	$0,2 \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0128	0,0690	колодец
39-40	62,5	кругл.	1100	628	1,01	0,0009	0,05625	$0,2 \cdot \frac{1,01^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0104	0,0666	колодец
40-41	62,5	кругл.	800	314	0,98	0,0013	0,08125	$0,2 \cdot \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0098	0,0910	колодец
41-42	10	кругл.	550	157	0,92	0,0019	0,019	$0,2 \cdot \frac{0,92^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0086	0,0276	колодец
42-43 биологич. Пруды				314						0,3	
43-44	14	кругл.	800	314	0,98	0,0013	0,0182			0,0182	
44-45	372,8	кругл.	1400	942	1,12	0,0009	0,33552	$(1,2 + 0,46) \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,81}$	0,1061	0,4417	поворот на 90, боковой приток
45-46	55,6	кругл.	1500	1884	1,28	0,0009	0,05004	$0,46 \cdot \frac{1,28^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0384	0,0885	Боковой приток

Гидравлический расчет сооружений по ходу движения осадка

№ участка и название сооруже- ния	длина, м.	форма сечения	размер се- чения или диаметр	расход, л/с.	Скорость, м/с.	Уклон или 1000i	потери, м.	вычислен. Местн. Со- прот.	Величина мест. Со- прот.	Суммар- ные потери	Наимено- вания местных сопрот.
1-2	18,9	кругл.	150	19,2	1,1	0,018	0,3402			0,3402	
2-3 НС				2,51						2,5000	
3-4	249,6	кругл.	150	21,5	1,1	14,4	3,6	$\frac{2 \cdot 1,1^2}{2 \cdot 9,8}$	0,1480	3,7480	2 поворота на 90
4-5 НС				16,8							
5-6	56,5	кругл.	200	36	1,05	9,2	0,52			0,5200	
6-7	1,32	кругл.	150	18	0,92	10,3	0,013	$\frac{0,92^2}{2 \cdot 9,8}$	0,0086	0,0216	колодец
7-8 метантенк				18						0,5000	
8-9	5,36	кругл.	150	18	1,02	0,016	0,086			0,0860	
9-10	43	кругл.	200	36	1,15	0,014	0,602	$\frac{1,15^2}{2 \cdot 9,8}$	0,0135	0,6130	колодец
10-11 НС				36						2,5000	
11-12	180	кругл.	200	36	1,05	9,2	1,656	$\frac{1,05^2}{2 \cdot 9,8}$	0,2023	1,8583	3 поворота на 90
12-13 промывной резервуар				108						0,2000	
13-14	1,4	кругл.	250	54	1,08	0,009	0,013			0,0130	
14-15 распредел. Камера				108						0,5000	
15-16	18,3	кругл.	250	54	1,08	0,009	0,165	$\frac{1,08^2}{2 \cdot 9,8}$	0,0143	0,1793	поворот на 120
илоуплотнитель				54						0,6000	
16-17	35,5	кругл.	150	19,2	1,1	0,018	0,639	$\frac{1,1^2}{2 \cdot 9,8}$	0,0148	0,6538	поворот на 120
17-18 промывной резервуар				19,2						0,2000	
18-19	3	кругл.	100	11,25	1,1	22,2	0,067			0,0670	
19-20 цех м. о. и термосушки				11,25							

15,1002

8. ПРИМЕР РАСЧЁТА №2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ГОРОДСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 26600 м³/сутки

Исходные данные для проектирования:

местонахождение объекта канализования – Гродненская область
количество жителей в городе – 120 тыс. чел
норма водоотведения – 150 л/сут на чел
количество производственных сточных вод – 8600 м³/сут
температура бытовых сточных вод – 16 °С

характеристика производственных сточных вод:

БПК₂₀ – 480 мг/л
концентрация взвешенных веществ – 70 мг/л
среднемесячная температура сточных вод – 14 °С
режим работы предприятия (количество смен) – 2
коэффициент неравномерности – 1,5

данные по водоему:

БПК₂₀ – 2,6 мг/л
концентрация взвешенных веществ – 18,3 мг/л
температура вод – 15 °С
расход – 10,9 м³/с
средняя глубина – 2,6 м
скорость течения – 0,465 м/с
растворенный кислород – 6,38 мг/л
длина реки по фарватеру – 5,4 км
длина реки по прямой – 5,4 км
тип водоема – хозяйственно-питьевой 1 категории.

8.1 Определение расчетных расходов сточных вод, поступающих на очистную станцию

Определяем расходы по формулам раздела 2:

$$Q_{\text{быт ср.сут}} = \frac{150 \cdot 120000}{1000} = 18000 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{п/п ср.сут}} = 8600 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{ср.сут}} = 18000 + 8600 = 26600 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{ср.ч}} = \frac{Q_{\text{ср.сут}}}{24} = \frac{26600}{24} = 1108,33 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$q_{\text{ср.с}} = \frac{Q_{\text{ср.ч}}}{3,6} = \frac{1108,33}{3,6} = 307,87 \text{ л / с}$$

Как правило, сточные воды подаются на очистные сооружения с помощью насосной станции. Расчёт большинства сооружений производят на пропуск максимального расхода и проверяют отдельные сооружения на пропуск минимального расхода. Расчёт степени очистки производят на средний расход сточных вод.

Расчет графика подачи стоков по часам суток произведен в табличной форме (таблица 8.1). Из таблицы 8.1 видно, что наибольший расход сточных вод с 15-16 часов, минимальный с 0 до 5 часов, расходы сточных вод в это время составляют:

$$Q_{\text{max.ч}} = 1848,1 \text{ м}^3 / \text{ч} = 513 \text{ л / с}$$

$$Q_{\text{min.ч}} = 297 \text{ м}^3 / \text{ч} = 82,5 \text{ л / с}$$

$$Q_{\text{ср.ч}} = 1108,33 \text{ м}^3 / \text{ч} = 307,9 \text{ л / с}$$

Таблица 8.1.

График притока сточных вод по часам суток на очистные сооружения

Часы су- ток	Приток сточных вод от на- селения		Приток сточных вод от п/п		Суммарные расходы сточ- ных вод, м ³ /час
	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	
0-1	1,65	297	-	-	297
1-2	1,65	297	-	-	297
2-3	1,65	297	-	-	297
3-4	1,65	297	-	-	297
4-5	1,65	297	-	-	297
5-6	4,2	756	-	-	756
6-7	5,8	1044	-	-	1044
7-8	5,8	1044	-	-	1044
8-9	5,85	1053	10,3	442,9	1495,9
9-10	5,85	1053	10,5	451,5	1504,5
10-11	5,85	1053	10,5	451,5	1504,5
11-12	5,05	909	18,7	804,1	1713,1
12-13	4,2	756	10,3	442,9	1198,9
13-14	5,8	1044	10,5	451,5	1495,5
14-15	5,8	1044	10,5	451,5	1495,5
15-16	5,8	1044	18,7	804,1	1848,1
16-17	5,8	1044	10,3	442,9	1486,9
17-18	5,75	1035	10,5	451,5	1486,5
18-19	5,2	936	10,5	451,5	1387,5
19-20	4,75	855	18,7	804,1	1659,1
20-21	4,1	738	10,3	442,9	1180,9
21-22	2,85	513	10,5	451,5	964,5
22-23	1,65	297	10,5	451,5	748,5
23-24	1,65	297	18,7	804,1	1101,1
Итого	100	18000	200	8600	26600 м ³ /сут

8.2 Определение средних концентраций загрязнений общего стока, эквивалентного и приведенного числа жителей

Концентрацию загрязнений бытовых стоков определяем по формулам раздела 3:

$$C_{\text{быт}}^{\text{взв}} = \frac{65 \cdot 1000}{150} = 433,33 \text{ мг / л}$$

Концентрация загрязнений общего стока по взвешенным веществам:

$$C_{\text{см}}^{\text{взв}} = \frac{433,33 \cdot 18000 + 70 \cdot 8600}{26600} = 315,862 \text{ мг / л}$$

Концентрация загрязнений бытовых стоков по БПК₂₀:

$$C_{\text{быт}}^{\text{БПК}} = \frac{75 \cdot 1000}{150} = 500 \text{ мг / л}$$

Концентрация загрязнений общего стока по БПК₂₀:

$$C_{\text{см}}^{\text{взв}} = \frac{500 \cdot 18000 + 480 \cdot 8600}{26600} = 493,534 \text{ мг / л}$$

Эквивалентное число жителей:

а) по взвешенным веществам

$$N_{\text{эке}}^{\text{взв}} = \frac{70 \cdot 8600}{65} = 9262 \text{ чел}$$

б) по БПК₂₀

$$N_{\text{эке}}^{\text{БПК}} = \frac{480 \cdot 8600}{75} = 55040 \text{ чел}$$

Приведенное число жителей:

а) по взвешенным веществам

$$N_{\text{прив}} = N + N_{\text{эке}}^{\text{бзв}} = 120000 + 9262 = 129262 \text{ чел}$$

б) по БПК₂₀

$$N_{\text{прив}} = N + N_{\text{эке}}^{\text{БПК}} = 120000 + 55040 = 175040 \text{ чел}$$

3.3 Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем

Коэффициент смешения определяем по методу В.А. Фролова и И.Д. Родзиллера по формуле (4.1):

$$a = \frac{1 - 2,7^{-0,269 \sqrt[3]{5400}}}{1 + \frac{10,9}{0,308} \cdot 2,7^{-0,269 \sqrt[3]{5400}}} = 0,7473$$

Коэффициент извилистости реки по формуле (4.3):

$$\varphi = \frac{5,4}{5,4} = 1$$

Коэффициент турбулентной диффузии по формуле (4.4):

$$E = \frac{0,46 \cdot 2,6}{200} = 0,00598$$

Коэффициент, учитывающий гидравлический фактор смешения по формуле (4.2):

$$\alpha = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,00598}{0,308}} = 0,269$$

Кратность разбавления перед расчетным пунктом водопользования по формуле (4.5):

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} = \frac{0,7473 \cdot 10,9 + 0,308}{0,308} = 27,445$$

Допустимое содержание взвешенных веществ в очищенных сточных водах, сбрасываемых в водоем, определяем по формуле (4.7):

$$m = 0,25 \cdot \left(\frac{0,7473 \cdot 10,9}{0,308} + 1 \right) + 18,3 = 25,16 \text{ мг / л}$$

Для расчетного случая (хозяйственно-питьевой водоем 1 категории) $p=0,25$ мг/л.

Необходимая степень очистки (в процентах) сточных вод по взвешенным веществам по формуле (4.8):

$$\varepsilon = \frac{315,862 - 25,16}{315,862} \cdot 100 \% = 92,03 \%$$

Необходимая степень очистки по растворенному в воде водоема кислороду вычисляется по формуле (4.13):

$$L_{\text{см}} = \frac{0,7473 \cdot 10,9}{0,4 \cdot 0,308} \cdot (6,38 - 0,4 \cdot 2,6 - 4) - \frac{4}{0,4} = 78,5963 \text{ мг / л}$$

Для расчетного случая (хозяйственно-питьевой водоем 1 категории) $O_{\text{пр.доп}}=4$ мг/л

Требуемая степень очистки по растворенному в воде водоема кислороду составит:

$$\varepsilon = \frac{493,534 - 78,5963}{493,534} \cdot 100 = 84,0748 \%$$

Необходимая степень очистки по БПК_{полн} по формуле (4.9):

$$L_{\text{см}} = \frac{0,7473 \cdot 10,9}{0,308 \cdot 10^{-0,0832 \cdot 0,1359}} \cdot (3 - 2,6 \cdot 10^{-0,0795 \cdot 0,1359}) + \frac{3}{10^{-0,0832 \cdot 0,1359}} = 15,6709 \text{ мг / л}$$

Константы скорости потребления кислорода соответственно сточной и речной водой по формуле (4.11):

$$K_{cm} = 0,1 \cdot 1,047^{16-20} = 0,0832$$

$$K_p = 0,1 \cdot 1,047^{15-20} = 0,0795$$

Продолжительность протока воды от места выпуска сточной воды до расчетного створа по формуле (4.10):

$$T = \frac{5400}{0,46 \cdot 86400} = 0,1359 \text{ сут}$$

Требуемая степень очистки по БПК_{полн} составит:

$$\Theta = \frac{493,534 - 15,6709}{493,534} \cdot 100 = 96,825 \%$$

Максимально допустимая температура сточной воды, сбрасываемой в водоем, по формуле (4.15):

$$t_{ст} = \left(\frac{0,7473 \cdot 10,9}{0,308} + 1 \right) \cdot 3 + 15 = 97,34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8.4 Расчет необходимой степени очистки сточных вод с использованием ЭВМ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ РАЗБАВЛЕНИЯ:

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ РЕКИ В МЕЖЕНЬ, М/С = 0.46

СРЕДНЯЯ ГЛУБИНА РЕКИ В МЕЖЕНЬ, М = 2.6

КОЭФФИЦИЕНТ МЕСТА ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД = 1

РАСХОД СТОЧНЫХ ВОД, М³/С = 0.308

РАССТОЯНИЕ ОТ МЕСТА ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД ДО РАСЧЕТНОГО СТВОРА:

ПО ФАРВАТЕРУ, М = 5400

ПО ПРЯМОЙ, М = 5400

МИНИМАЛЬНЫЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЙ РАСХОД РЕКИ, М³/С = 10.9

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

КОЭФФИЦИЕНТ СМЕШЕНИЯ А= .74734

КРАТНОСТЬ РАЗБАВЛЕНИЯ N= 27.44543

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ ПО БПК:

ПДК ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.

В РАСЧЕТНОМ СТВОРЕ, МГ/Л = 3

КОНЦ.ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.

В ВОДЕ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА, МГ/Л = 2.6

КОНСТАНТА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА СТОЧНОЙ ВОДОЙ = 0.0832

КОНСТАНТА СКОРОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА РЕЧНОЙ ВОДОЙ =0.0795

КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН.

В ИСХОДНОЙ ВОДЕ, МГ/Л = 493.534

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ТРЕБУЕМАЯ КОНЦ. ОРГ. ВЕЩЕСТВ ПО БПК

В СТОЧНОЙ ВОДЕ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ В2=15.75835 МГ/Л

НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

ПО БПК ПОЛН Y= 96.80705 %

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ ПО РАСТВОРЕННОМУ КИСЛОРОДУ:

КОНЦЕНТРАЦИЯ КИСЛОРОДА В РЕЧНОЙ ВОДЕ

ДО ВЫПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД, МГ/Л = 6.38

КОНЦ. ОРГ. ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН

В ВОДЕ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА, МГ/Л = 2.6

МИНИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА,

КОТОРАЯ ДОЛЖНА БЫТЬ ОБЕСПЕЧЕНА В ВОДОЕМЕ, МГ/Л = 4

КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПО БПК ПОЛН

В ИСХОДНОЙ ВОДЕ, МГ/Л = 493.534

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСКАЕМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
В БПК (ПО КИСЛОРОДУ) $B_4 = 79.21474$ МГ/Л
НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ЧИСТКИ
ПО РАСТВОРЕННОМУ КИСЛОРОДУ $Y_1 = 83.94949$ %

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ НЕОБХОДИМОЙ ОЧИСТКИ
ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ:**

ДОПУСТИМОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВОДЕ ВОДОЕМА, МГ/Л 0.25
КОНЦ. ВЗВЕШ. ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ ВОДОЕМА
ДО ВЫПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД, МГ/Л $= 18.3$
СОДЕРЖАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНОЙ ВОДЕ
ДО ОЧИСТКИ, МГ/Л $= 315.86404$

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСТИМОЕ СОДЕРЖ. ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНОЙ
ВОДЕ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ $F_2 = 25.182356$ МГ/Л
НЕОБХОДИМАЯ СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ $Y_2 = 92.07936$ %

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТУ ДОПУСТИМОЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ СТОЧНЫХ ВОД:**

ДОПУСТИМОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА
ПОСЛЕ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД, ГРАД.С $= 3$
МАКС. ТЕМП-РА ВОДЫ ВОДОЕМА ДО ВЫПУСКА СТОЧНЫХ
ВОД В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ, ГРАД.С $= 15$

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

ДОПУСТИМАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ СТОЧНЫХ ВОД $T_2 = 97.89305$ ГРАД.С

8.5 Выбор метода очистки сточных вод и состава сооружений.**Составление технологической схемы очистки сточных вод**

На основании характеристики состава стоков и расчёта необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом в водоём по $BPK_{полн} = 96,825\%$ (требуемой концентрацией органических веществ по $BPK_{полн}$ в очищенной сточной воде $L_{ст} = 15,67$ мг/л), а также необходимой степенью очистки сточных вод по взвешенным веществам $\Delta_m = 92,03\%$ (допустимому содержанию взвешенных веществ в сточных водах после очистки $m = 25,16$ мг/л), принимаем полную биологическую очистку. Исходя из того, что на сооружения биологической очистки должны поступать сточные воды с содержанием взвешенных веществ не более 150 мг/л, назначаем механическую очистку. Учитывая среднесуточный расход сточных вод (производительность станции 26600 м³/сут) в качестве сооружений для биологической очистки принимаем биофильтры, для механической – решетки, горизонтальные песколовки с круговым движением воды и горизонтальные отстойники с прямолинейным движением воды. Для дезинфекции сточных вод назначаем хлорирование. Для смешения сточной воды с хлором предусматриваем смеситель, а для окисления загрязнений хлором – контактные резервуары.

А) ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

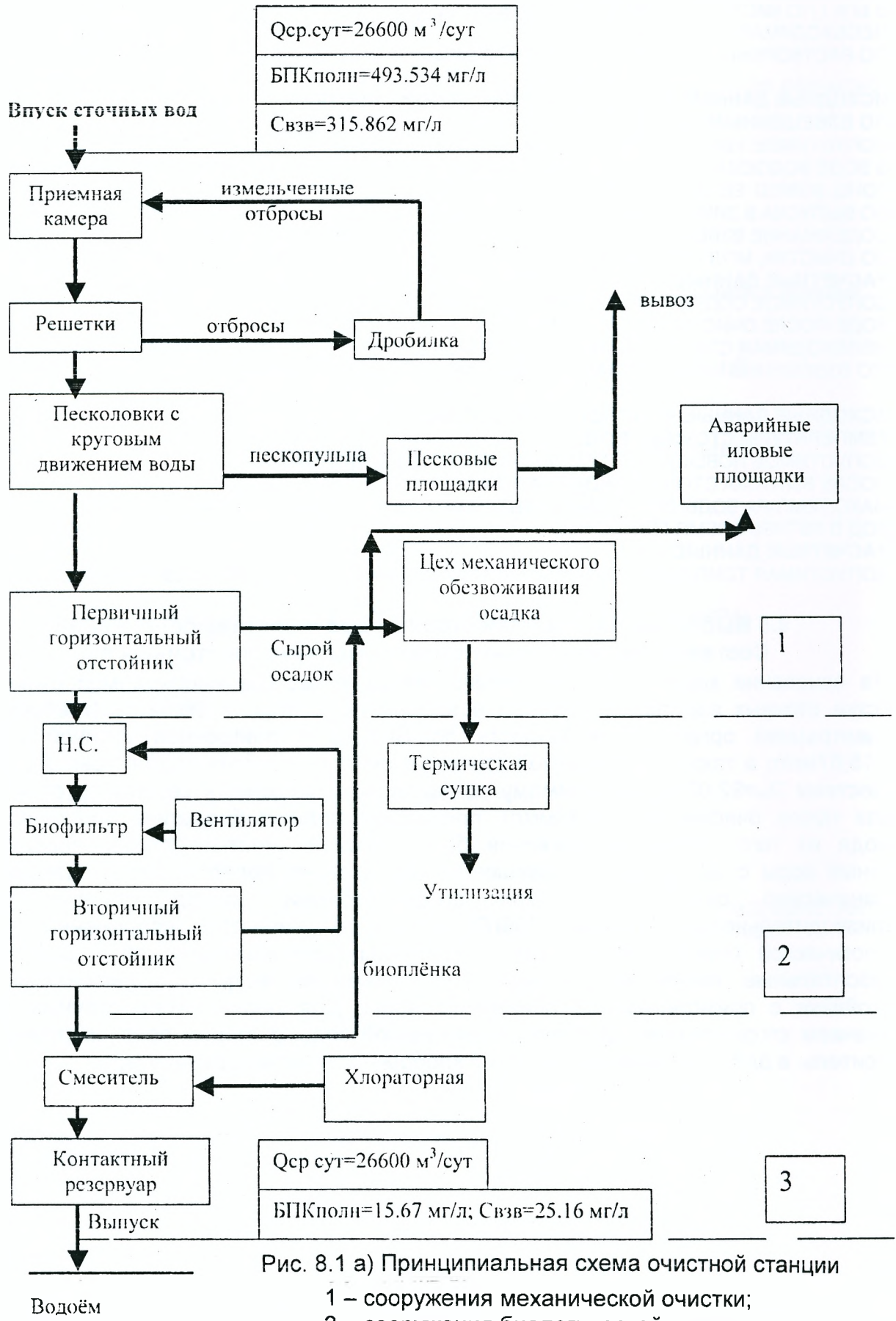


Рис. 8.1 а) Принципиальная схема очистной станции

- 1 – сооружения механической очистки;
- 2 – сооружения биологической очистки;
- 3 – сооружения по обеззараживанию сточных вод.

Б) ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

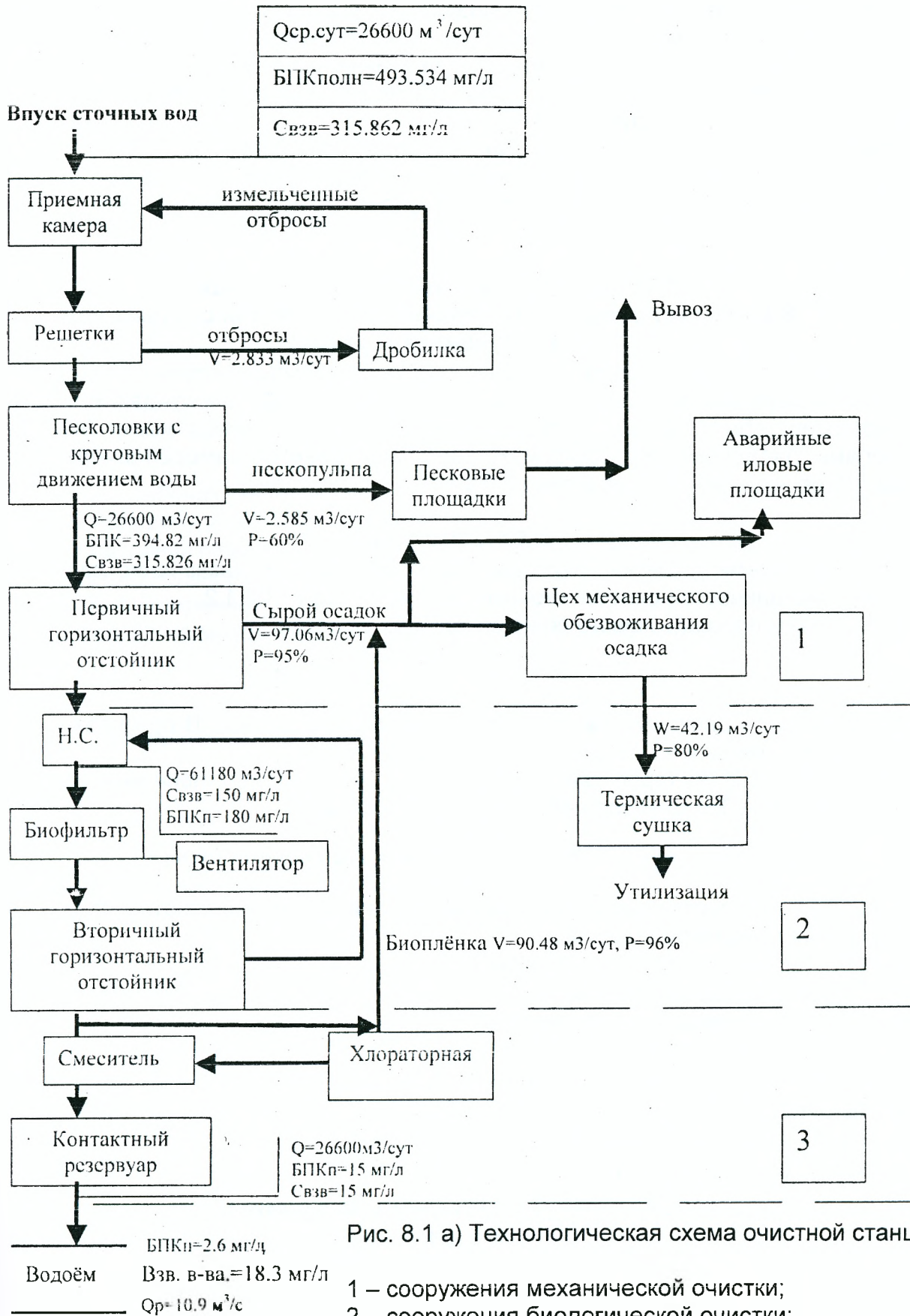


Рис. 8.1 а) Технологическая схема очистной станции

- 1 – сооружения механической очистки;
- 2 – сооружения биологической очистки;
- 3 – сооружения по обеззараживанию сточных вод.

Для удаления осадков, образующихся на очистной станции, принимаем следующую схему. Отбросы, задерживаемые на решетках, удаляются на свалку. Песок из песколовок поступает на песковые площадки, откуда периодически вывозится и используется в строительных целях. Биологическая пленка после вторичных отстойников уплотняется и совместно с осадком из первичных отстойников поступает на механическое обезвоживание. Механически обезвоженный осадок подвергается термосушке с последующей утилизацией.

Принципиальная схема очистной станции представлена на рисунке 8.1.а.

После завершения расчетов сооружений очистной станции дополняем принципиальную схему необходимыми данными и получаем технологическую схему, которая представлена на рисунке 8.1.б.

8.6 Расчет сооружений очистной станции.

8.6.1 Расчет сооружений механической очистки сточных вод

8.6.1.1 Приемная камера

Сточные воды с расчетным расходом $q_{\max} = 0,513 \text{ м}^3/\text{с}$ поступают на очистную станцию по двум ниткам напорного водовода диаметром 600 мм каждая. В этом случае согласно табл.5.1[9], может быть принята приемная камера марки ПК-2-606 с размерами: $A=16000\text{мм}$, $B = 2500\text{мм}$, $H = 1600\text{мм}$. Приемная камера показана на рисунке 7.2, её назначение описано в п.7.6.1.1.

8.6.1.2 Решетки

Расчетная схема решетки представлена на рисунке 7.3, назначение данного сооружения механической очистки сточных вод описано в п. 7.6.1.2.

Определяем площадь живого сечения рабочих решеток:

$$F = \frac{q_{\max}}{v} = \frac{0,513}{1} = 0,513 \text{ м}^2,$$

где: v -скорость движения жидкости в прозорах решетки, м/с. В прозорах механизированных решеток $v = 0,8-1,0\text{м/с}$, принимаем $v = 1\text{м/с}$.

По таблице 5,2 [9] (пропускная способность 26600 м³/сут) принимаем решетки марки РМВ-1000 . Тогда число рабочих решеток составит:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{0.513}{0.3} = 2шт.$$

Принимаем 2 решетки рабочих и 1 резервную той же марки (в соответствии с [9]).

Основные показатели решеток:

- пропускная способность– 26000м³/сут;
- площадь прохода решетки – 0,3м²;
- ширина прозоров – $b = 0,016\text{м}$;
- толщина прозоров – $s = 0,008\text{м}$;
- стержни прямоугольного сечения;
- ширина решетки – $B_p = 1425\text{мм}$;
- ширина канала перед решеткой – $B = 1000\text{мм}$;
- глубина канала перед решеткой $H = 1000\text{мм}$.

Число прозоров в решетке n можно определить по формуле:

$$B_p = n \cdot b + (n-1) \cdot s;$$

$$1425 = n \cdot 16 + (n-1) \cdot 8,$$

откуда:

$$n = \frac{1425 + 8}{24} = 60$$

Расчетное наполнение перед решеткой:

$$h_{\max} = \frac{q_{\max} \cdot K_1}{b \cdot v_p \cdot n \cdot N}, \text{ м},$$

где: K_1 - коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями, $K_1=1,05$.

$$h_{\max} = \frac{0,513 \cdot 1,05}{0,016 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 2} = 0,28 \text{ м}$$

Далее выполняем гидравлический расчет подводящего канала, пользуясь [4]. Данные гидравлического расчета подводящего канала приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Данные гидравлического расчета подводящего канала

Расчетные данные	Расход, л/с		
	$q_{\text{ср}} = 153,95$ л/с	$q_{\text{max}} = 256,5$ л/с	$q_{\text{min}} = 41,25$ л/с
Уклон i	0,0008	0,0008	0,0008
Ширина B , м	1,0	1,0	1,0
Наполнение h , м	0,26	0,35	0,11
Скорость v , м/с	0,61	0,71	0,4

Поскольку рабочих решеток две, то подводящий канал к каждой из них рассчитывается на половину расчетного расхода.

При определении размеров сечения канала следует учитывать, что наиболее выгодным является прямоугольное сечение, у которого отношение ширины к высоте равно 2.

Скорость в уширенной части перед решеткой при минимальном притоке сточных вод желательно не менее 0,4 м/с во избежание заиливания канала:

$$v_{\text{кан}} = \frac{q_{\min}}{B \cdot h_{\min} \cdot N} = \frac{0,0825}{1,0 \cdot 0,11 \cdot 2} \approx 0,4 \text{ м/с}$$

Потери напора в решетке определяем по формуле:

$$h_p = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot K, \text{ м},$$

где: K – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора в решетке вследствие засорения её отбросами, $K=3$;

ξ - коэффициент местного сопротивления решетки:

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin \varphi$$

φ - угол наклона решетки к горизонту, $\varphi = 60^\circ$.

$$\xi = 2,42 \cdot \left(\frac{0,008}{0,016}\right)^{4/3} \cdot 0,86 = 0,83$$

$$h_p = 0,83 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3 = 0,13 \text{ м}$$

На величину потерь следует понизить дно камеры за решеткой.

Определяем размеры камеры решетки в плане:

$$l_1 = \frac{B_p - B_k}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = \frac{1,425 - 1}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = 0,58 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{l_1}{2} = \frac{0,58}{2} = 0,29 \text{ м}$$

Общая строительная длина камеры решеток:

$$L = l_1 + l_2 + 1,5 = 0,58 + 0,29 + 1,5 = 2,37 \text{ м}$$

Строительная глубина канала перед решеткой $H=1000$ мм.

Пол здания решеток должен возвышаться над расчетным уровнем сточной воды в канале ΔZ не менее чем на $0,5$ м.

$$\Delta Z = H - (h_{\max} + h_p) = 1 - (0,28 + 0,13) = 0,59 \text{ м} > 0,5 \text{ м}$$

Суточный объем отбросов, снимаемый с решеток, определяем по формуле:

$$W = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3 / \text{сут},$$

где: a - отбросы, приходящиеся на одного человека в год, ($a=8$ л табл. 22 [6]);
 $N_{\text{пр}}$ - приведенное население по взвешенным веществам.

$$W = \frac{8 \cdot 129262}{365 \cdot 1000} = 2,833 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Масса отбросов, снимаемых с решеток за сутки:

$$P = \frac{W \cdot 750}{1000}, \text{ т},$$

где: 750 кг/м^3 - плотность отбросов (п. 5.13 [6]).

$$P = \frac{2,833 \cdot 750}{1000} = 2,125 \text{ т}$$

или за час:

$$P_{\text{ч}} = \frac{P}{24} \cdot K_{\text{ч}} = \frac{2,125}{24} \cdot 2 = 0,177 \text{ т} = 177 \text{ кг},$$

где: $K_{\text{ч}}$ - коэффициент часовой неравномерности поступления (п. 5.13 [6]).

Для дробления отбросов применяем дробилки молоткового типа.

Предусматриваем установку дробилок типа Д-3 (одна рабочая и одна резервная) с техническими характеристиками:

- производительность 300...600 кг/ч;
- мощность электродвигателя 20 кВт;
- ширина разгрузочного отверстия 230 мм;
- длина разгрузочного отверстия 300 мм;
- расход воды 2.5...5 м³/ч;
- масса 437 кг.

Расход жидкости, подаваемой к дробилке, определяем из расчета 40 м^3 ($P=40 \text{ м}^3$) на 1 т отбросов:

$$Q_{\text{сут}} = 40 \cdot P = 40 \cdot 2,125 = 84,994 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Измельченная масса сбрасывается в канал перед решёткой.

8.6.1.3 Горизонтальные песколовки с круговым движением воды.

Песколовки предназначены для выделения из сточной воды тяжелых минеральных примесей. Эффективность работы таких песколовок (горизонтальных с круговым движением воды), объясняется вращательным движением сточной жидкости в плоскости сечения потока, вызываемого круговым движением сточной воды в плане. Схема песколовки представлена на рисунке 8.2.

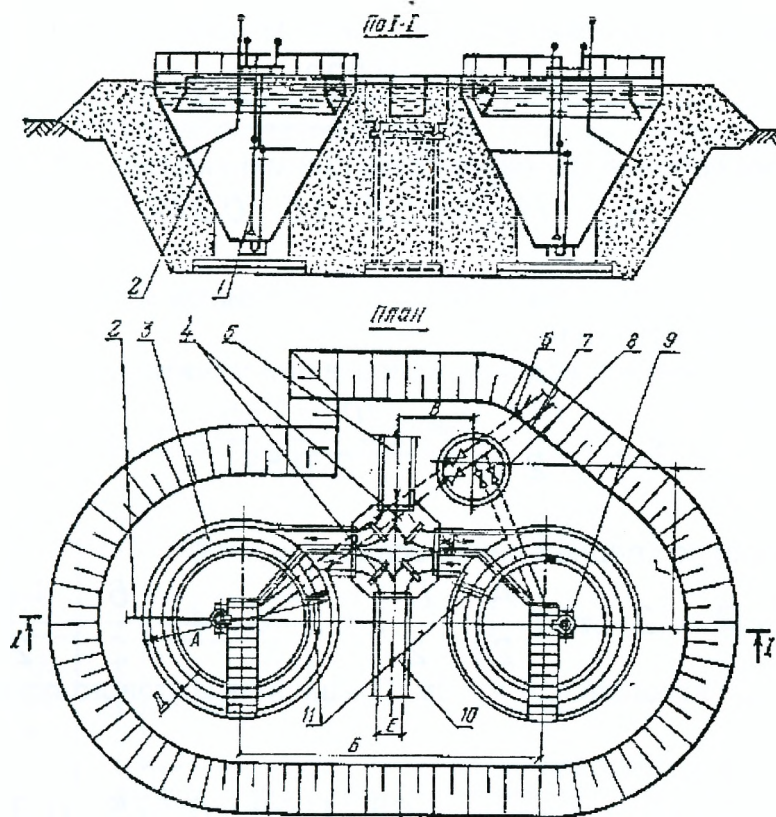


Рис.8.2 Горизонтальная песколовка с круговым движением воды пропускной способностью 1400-70000 м³ /сут

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

Принимаем два отделения песколовки диаметром 6м (тип VII). Размеры кругового лотка песколовки: ширина $D = 1,5\text{м}$; высота прямоугольной части $h_1 = 0,5\text{м}$; высота треугольной части $h_2 = 0,4\text{м}$.

По таблицам [4] определяем размеры подводящего канала, результаты сводим в таблицу 8.3.

Таблица 8.3

Данные гидравлического расчета подводящего канала

Расчетные данные	Расход, л/с	
	$q_{\max} = 256,5 \text{ л/с}$	$q_{\min} = 41,25 \text{ л/с}$
Уклон i	0,002	0,002
Ширина B , м	0,90	0,90
Наполнение h , м	0,325	0,11
Скорость v , м/с	0,995	0,575

Площадь живого сечения кругового лотка при расчетном расходе:

$$\omega = \frac{10^{-3} \cdot q_{\max}}{2 \cdot v_{\max}} = \frac{10^{-3} \cdot 513}{2 \cdot 0,3} = 0,855 \text{ м}^2$$

Площадь сечения треугольной части кругового лотка:

$$\omega_1 = \frac{D \cdot h_2}{2} = \frac{1,5 \cdot 0,4}{2} = 0,3 \text{ м}^2$$

Площадь сечения прямоугольной части кругового лотка составит:

$$\omega_2 = \omega - \omega_1 = 0,855 - 0,3 = 0,555 \text{ м}^2$$

Высота слоя жидкости в прямоугольной части кругового лотка:

$$h_1 = \frac{\omega_2}{D} = \frac{0,555}{1,5} = 0,37 \text{ м}$$

Площадь живого сечения кругового лотка при минимальном расходе:

$$\omega_{\min} = \omega_1 + D \cdot (h_1 - (H_{\max} - H_{\min})) = 0,3 + 1,5 \cdot (0,37 - (0,325 - 0,11)) = 0,53 \text{ м}^2,$$

где: H_{\max} , H_{\min} – наполнение подводящего канала при максимальном и минимальном расходе соответственно, м.

Скорость потока сточных вод в песколовке при минимальном расходе составит:

$$V_{\min} = \frac{10^{-3} \cdot q_{\min}}{2 \cdot \omega_{\min}} = \frac{10^{-3} \cdot 82,5}{2 \cdot 0,53} = 0,1 \text{ м/с}$$

Длина песколовки по средней линии осадочной части

$$L_{\phi} = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{A}{2} - \frac{D}{2} \right) = 2 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{6}{2} - \frac{1,5}{2} \right) = 14,13 \text{ м},$$

где: A – диаметр песколовки: $A = 6,0 \text{ м}$; D – ширина кругового лотка: $D = 1,5 \text{ м}$

Требуемая длина песколовки

$$L_{\text{тр}} = \frac{K \cdot 1000 \cdot H_p \cdot V}{U_0} = \frac{1,62 \cdot 1000 \cdot 0,575 \cdot 0,3}{19,8} = 14,13 \text{ м},$$

где: K – коэффициент, принимаемый в зависимости от гидравлической крупности песка: для частиц песка диаметром $0,21 \text{ мм}$ $K = 1,62$ (табл. 27 [6]); H_p – расчетная глубина песколовки, м; U_0 – гидравлическая крупность песка ($U_0 = 18\text{-}24 \text{ мм/с}$ (по табл. 28 [6]));

V – скорость движения сточных вод: $V = 0,3 \text{ м/с}$

Продолжительность потока сточных вод в песколовке должна быть не менее 30 с при максимальном притоке:

$$T = \frac{L}{V_{\max}} = \frac{14,13}{0,3} = 47,1 \text{ с} > 30 \text{ с}$$

Объем задерживаемого песка влажностью 60% :

$$W_{\text{ос}} = \frac{P \cdot N_{\text{пр}}}{1000} = \frac{0,02 \cdot 129262}{1000} = 2,585 \text{ м}^3$$

Удаление песка из песколовки производится гидроэлеваторами на песковые площадки.

8.6.1.4 Первичные горизонтальные отстойники

Выбор типа отстойника зависит от пропускной способности очистной станции, характеристики грунтов, уровня грунтовых вод и т.д. Вертикальные отстойники применяются при пропускной способности станции до $20000 \text{ м}^3/\text{сут}$ и при низком уровне грунтовых вод. Горизонтальные – независимо от уровня грунтовых вод при пропускной способности станции очистки свыше $15000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Учитывая развитие станции на перспективу, выбираем горизонтальные отстойники. Схема первичного горизонтального отстойника показана на рисунке 8.3.

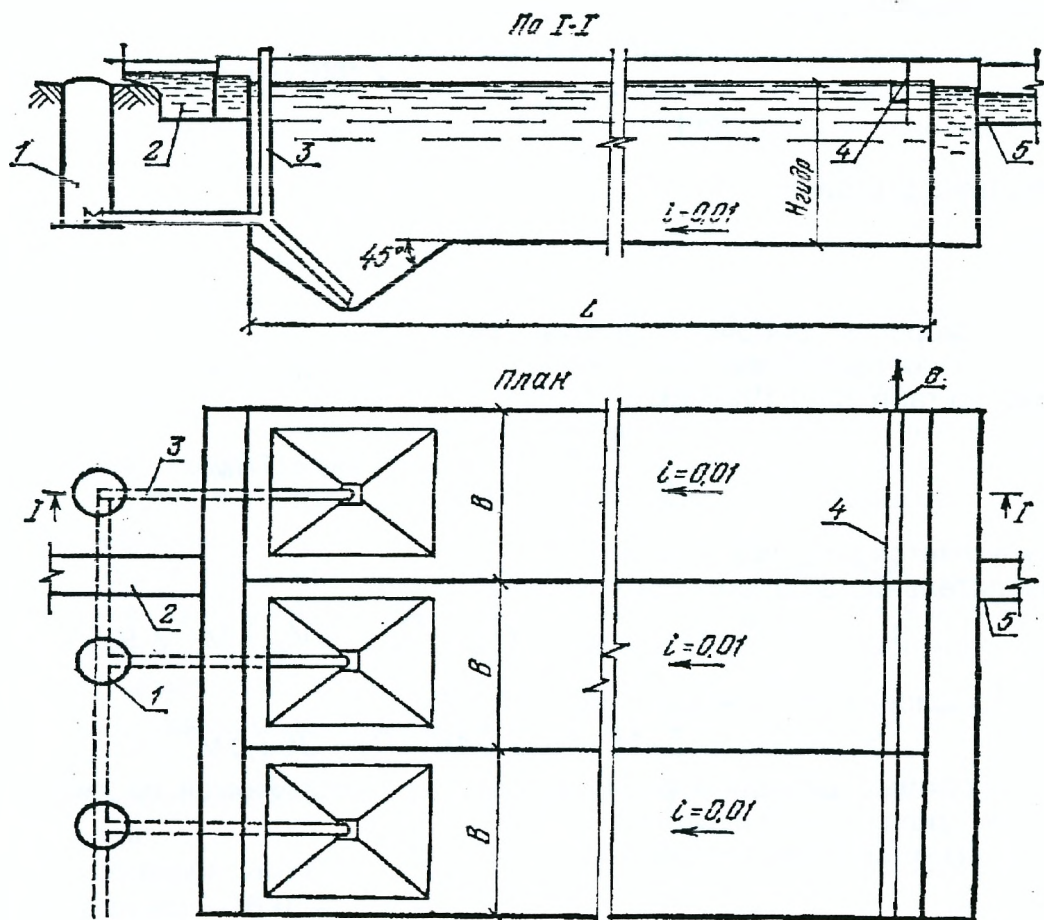


Рис.8.3 Схема первичного горизонтального отстойника:

1 – иловый колодец; 2 – подводящий канал; 3 – иловая труба; 4 – полупогруженная доска с жироборным лотком; 5 – отводящий канал; 6 – отвод жира.

Расчет отстойников ведем по эффекту осветления воды.

Эффект очистки сточных вод в отстойнике:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_0}{C} \cdot 100 \%,$$

где: C – концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л; C_0 – концентрация взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л (перед сооружениями биологической очистки $C_0 \leq 150$ мг/л)

$$\mathcal{E} = \frac{315,862 - 150}{315,862} \cdot 100 \% = 52,51 \%$$

Гидравлическая крупность (скорость осаждения частиц) определяем по формуле:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{H_{set} \cdot K_{set}}{h} \right)^{n_2}}, \text{ мм / с,}$$

где:

H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, $H_{set} = 1,5 - 4$ м (по табл. 31 [6]);

K_{set} – коэффициент объемного использования отстойника, $K_{set} = 0,5$ (по табл. 31 [6]);

t_{set} – продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое $h_1 = 0,5$ м, $t_{set} = 611$ (по табл.30 [6]);

n_2 – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, ($n_2=0,19$) чертеж 2 [6];

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 3,1 \cdot 0,5}{611 \cdot \left(\frac{3,1 \cdot 0,5}{0,5}\right)^{0,19}} = 2,046 \text{ мм / с}$$

Общая длина отстойника:

$$L_{set} = \frac{V \cdot H_{set}}{K_{set} \cdot (U_0 - V_{tb})}, \text{ м},$$

где: V – скорость рабочего потока, мм/с $V=5 - 10$ мм/с (по табл.31[6]), V_{tb} – турбулентная составляющая, принимаемая в зависимости от скорости потока в отстойнике, по табл.32[6]; ($V_{tb} = 0$ м/с)

$$L_{set} = \frac{5 \cdot 3,1}{0,5 \cdot (2,046 - 0)} = 15,2 \text{ м} \approx 16 \text{ м}$$

L_{set} округляется до целой величины.

Производительность одного отстойника:

$$q_{set} = 3,6 \cdot K_{set} \cdot L_{set} \cdot B_{set} \cdot (U_0 - V_{tb}), \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где: B_{set} – ширина отстойника, м (по табл.31[6])

$$q_{set} = 3,6 \cdot 0,5 \cdot 16 \cdot 6 \cdot (2,046 - 0) = 353,5 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Все необходимые данные к расчёту первичных отстойников из литературы [6] приведены в приложении 9 пособия.

Определяем количество отстойников:

$$N = \frac{q_{max}}{q_{set}} = \frac{1848,1}{353,5} = 5,3 \approx 6 \text{ шт}$$

Масса улавливаемого осадка:

$$G_{cyy} = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot K \cdot Q_{cp.cym}}{1000 \cdot 1000}, \text{ т / сут},$$

где: K – коэффициент запаса (принимаемый равным 1,1 – 1,2)

$$G_{cyy} = \frac{315,862 \cdot 0,5251 \cdot 1,1 \cdot 26600}{1000 \cdot 1000} = 4,853 \text{ т / сут}$$

Объем осадка:

$$V = \frac{100 \cdot G_{cyy}}{(100 - p) \cdot \gamma}, \text{ м}^3 / \text{сут}$$

где: p – влажность осадка, % (при самотечном удалении $p_{mud} = 95\%$, при удалении насосами $p_{mud} = 93,5\%$ [6]); γ – плотность осадка, т/м³ (=1 т/м³)

$$V = \frac{100 \cdot 4,853}{(100 - 95) \cdot 1} = 97,062 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Общая строительная высота отстойника

$$H = H_{set} + H_2 + H_3, \text{ м},$$

где: H_2 – высота слоя осадка на дне отстойника, м (принимаемая равной 0,2 м);

H_3 – возвышение борта отстойника над уровнем воды, м (0,5 м);

$$H = 3,1 + 0,2 + 0,5 = 3,8 \text{ м} \approx 4 \text{ м}$$

8.6.2 Расчет сооружений для биологической очистки сточных вод

8.6.2.1 Биофильтр

Биологический фильтр – сооружение, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической плёнкой, образованной колониями аэробных микроорганизмов. Биофильтр состоит из следующих основных частей: фильтрующей загрузки, помещённой в резервуар круглой или прямоугольной формы в плане; водораспределительного устройства, обеспечивающего равномерное орошение сточной водой поверхности загрузки биофильтра; дренажного устройства для удаления профильтровавшейся воды; воздухораспределительного устройства, с помощью которого поступает необходимый для окислительного процесса воздух. Необходимый для биохимического процесса кислород воздуха поступает в толщу загрузки путём естественной или искусственной вентиляции фильтра.

Процессы окисления, происходящие в биофильтре, аналогичны процессам, происходящим в других сооружениях биологической очистки, и в первую очередь на полях орошения и полях фильтрации. Однако в биофильтре эти процессы протекают значительно интенсивнее.

Биофильтры могут работать на полную и неполную биологическую очистку и классифицируются по различным признакам, основным из которых является конструктивная особенность загрузочного материала (объёмная и плоскостная загрузка). Биофильтры с объёмной загрузкой подразделяют на:

- капельные, имеющие крупность фракций загрузочного материала 20-30 мм и высоту слоя загрузки 1-2 м;
- высоконагружаемые, с крупностью загрузочного материала 40-60 мм и высотой слоя загрузки 2-4 м;
- башенные (большой высоты), с крупностью загрузочного материала 60-80 мм и высотой слоя загрузки 8-16 м.

К биофильтрам с плоскостной загрузкой относятся:

- биофильтры с жесткой засыпной загрузкой, где в качестве загрузки используют керамические, пластмассовые и металлические засыпные элементы; в зависимости от материала загрузки плотность её составляет $100-600 \text{ кг/м}^3$, пористость 70-90 %, высота слоя загрузки 1-6 м;
- биофильтры с жесткой блочной загрузкой – блочные загрузки выполняют из различных видов пластмассы, а также из асбестоцементных листов; плотность пластмассовой загрузки $40-100 \text{ кг/м}^3$, пористость 90-97%, высота слоя загрузки 2-16 м; плотность асбестоцементной загрузки $200-250 \text{ кг/м}^3$, пористость 80-90%, высота слоя загрузки 2-6 м;
- биофильтры с мягкой или рулонной загрузкой, выполненной из металлических сеток, пластмассовых плёнок, синтетических тканей, которые крепятся на каркасах или укладываются в виде рулонов; плотность такой загрузки $5-60 \text{ кг/м}^3$, пористость 94-99%, высота слоя загрузки 3-8 м.

Капельные биофильтры применяют при расходах сточных вод до $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$, а высоконагружаемые и башенные – до $50 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$. Плоскостные биофильтры с засыпной и мягкой загрузкой рекомендуется использовать при расходах до $10 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$, с блочной загрузкой – до $50 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$.

По технологической схеме работы биофильтры могут быть одноступенчатыми при $\text{БПК}_{\text{полн}}$ менее 500 мг/л и двухступенчатыми при большем значении $\text{БПК}_{\text{полн}}$. При этом режим работы биофильтров назначается с рециркуляцией – при $\text{БПК}_{\text{полн}}$ более 300 мг/л , и при меньшем значении $\text{БПК}_{\text{полн}}$ без неё.

Учитывая производительность проектируемой очистной станции, а также вышеизложенное, к проектированию принимаем высоконагружаемые биофильтры одноступенчатые с рециркуляцией.

Схема высоконагружаемого биофильтра представлена на рисунке 8.4.

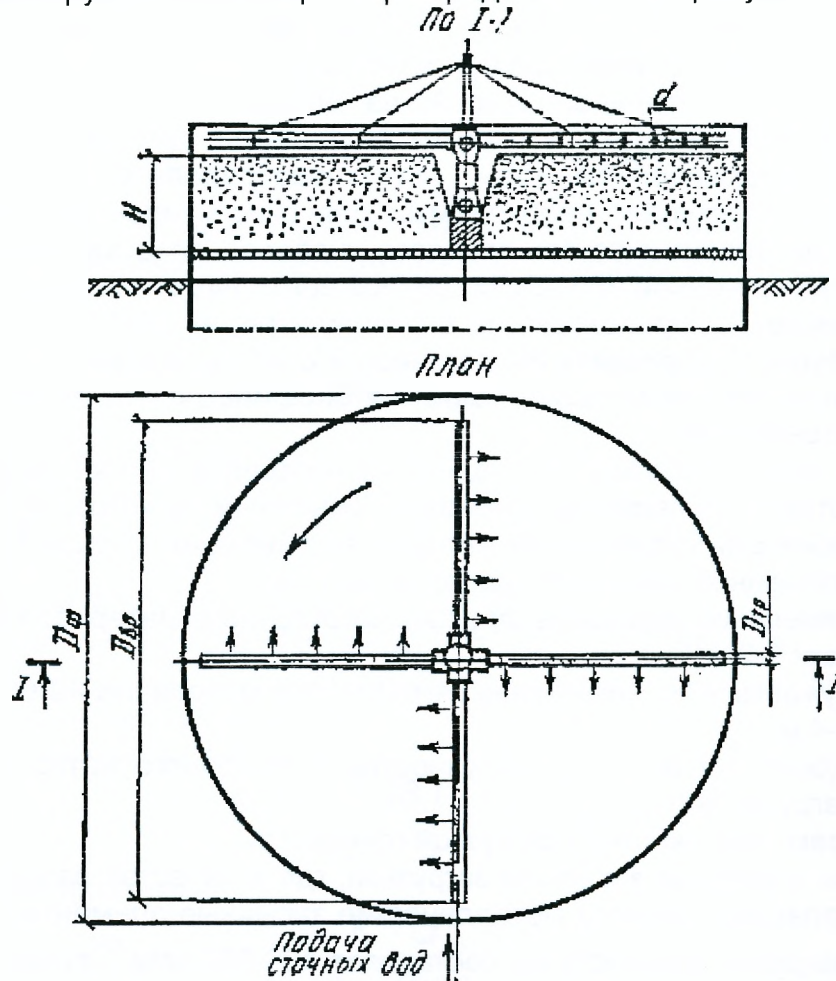


Рис.8.4 Схема круглого в плане биофильтра с реактивным оросителем. Для расчёта биофильтров сначала определяют коэффициент К:

$$K = \frac{L_a}{L_t},$$

где: L_a, L_t - **БПК**_{полн} сточных вод (поступающих и очищенных) мг/л;

После сооружений механической очистки L_a уменьшается на 20 %, и составит - $L_a = 394,827$ мг/л, а величину L_t принимаем равной - $L_t = 15$ мг/л. БПК сточных вод, подаваемых для очистки на высоконагружаемый биофильтр, не должно превышать более 300 мг/л.

$$K = \frac{300}{15} = 20$$

Так как $L_a > 300$ мг/л, расчет ведем с рециркуляцией. При $K = 20$ из табл. 38 [6] принимаем меньшее ближайшее значение $K = 12,00$. Тогда параметры биофильтра будут:

- расход воздуха $V_{y_0} = 12 \text{ м}^3$ на 1 м^3 воды;
- гидравлическая нагрузка $q_0 = 20 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{сут})$;
- высота биофильтра $H = 4 \text{ м}$
- $T = 14^\circ \text{C}$.

Определяем **БПК_{полн}** исходной смеси и рециркуляционной сточной воды, подаваемой на аэрофильтры.

$$L_{см} = K \cdot L_t = 12 \cdot 15 = 180,0 \text{ мг / л}$$

Коэффициент рециркуляции определяем из соотношения:

$$n = \frac{L_a - L_{см}}{L_{см} - L_t} = \frac{394,827 - 180,0}{180,0 - 15} = 1,3$$

Общая площадь аэрофильтров

$$f = \frac{Q_{ср.сут} (n + 1)}{q_0} = \frac{26600 \cdot (1,3 + 1)}{20} = 3059 \text{ м}^2$$

Принимаем 4 биофильтра круглой формы в плане диаметром 32м.

Круглые биофильтры компонуются в группу из четырёх штук.

Суточный расход подаваемой на обработку биопленки после высоконагружаемых биофильтров составляет:

$$Q_{б.сут} = \frac{a \cdot 100 \cdot N_{пр}}{(100 - P_6) \cdot \rho \cdot 10^6} = \frac{28 \cdot 100 \cdot 129262}{(100 - 96) \cdot 1 \cdot 10^6} = 90,4834 \text{ м}^3 / \text{сут},$$

где: a – расход избыточной биопленки, выносимой из высоконагружаемых биофильтров, надлежит принимать $a = 28$ гр/чел.сут, P_6 – влажность биопленки, $P_6 = 96$ %, ρ – плотность биопленки: $\rho = 1,0$ т/м³, п.6.135 [6]

Часовой расход биопленки составит:

$$Q_{б.ч} = \frac{90,4834}{24} = 3,77 \text{ м}^3 \approx 3,8 \text{ м}^3$$

Необходимые данные [6] к расчёту биофильтров приведены в приложении 15 пособия.

8.6.2 Вторичные горизонтальные отстойники

Вторичные отстойники предназначены для выделения биологической плёнки из сточной воды, поступающей из биофильтров.

Нагрузку на поверхность вторичных отстойников q_{ssb} , м³/(м²·ч) после биофильтров всех типов следует рассчитывать по формуле:

$$q_{ssb} = 3,6 \cdot K_{set} \cdot U_0, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

$$q_{ssb} = 3,6 \cdot 0,5 \cdot 1,4 = 2,52 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

где: K_{set} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для горизонтальных отстойников равным 1,4, п.6.161 [6]; U_0 – гидравлическая крупность биопленки, принимаемая при полной биологической очистке, равная 1.4 мм/с.

Площадь одной секции, при общем количестве секций $n=4$, составит:

$$F = \frac{q_{max.ч} \cdot (n + 1)}{n \cdot q_{ssb}} = \frac{1848,1 \cdot 2,3}{6 \cdot 2,52} = 281,1 \text{ м}^2$$

Принимаем к проектированию горизонтальный отстойник, с размерами отстойника в плане: длина $L = 32$ м, ширина $B = 9$ м, $H = 3,1$ м.

8.6.3 Расчет сооружений для дезинфекции сточных вод

8.6.3.1 Хлораторная

Для уничтожения патогенных микробов и исключения заражения водоемов этими микробами сточные воды перед спуском в водоемы должны подвергаться обеззараживанию.

Назначение процесса обеззараживания, его суть и принципиальная схема обеззараживающей установки описаны в п. 7.6.3.1.

Принимаем дозу хлора для дезинфекции вод $D_{хл}=3 \text{ г/м}^3$. Расход хлора за 1 ч при максимальном расходе составит:

$$V_{\text{макс}} = \frac{3 \cdot 1848,1}{1000} = 5,5443 \text{ кг / ч}$$

Расход хлора за сутки:

$$V_{\text{сут}} = \frac{3 \cdot 26600}{1000} = 79,8 \text{ кг / сут}$$

В хлораторной предусматривается установка двух хлораторов ЛОНИИ-100К. Один рабочий хлоратор, один – резервный.

Количество баллонов-испарителей для обеспечения полученной производительности в 1 ч:

$$n_{\text{бал}} = \frac{q_{\text{хл}}}{S_{\text{бал}}} = \frac{5,5443}{0,7} = 8 \text{ шт},$$

где $S_{\text{бал}}=0,7 \text{ кг/ч}$ – выход из одного баллона табл. 5.1 [3].

Принимаем баллоны вместимостью 40 л, содержащие 50 кг жидкого хлора.

Проектом предусматриваются две самостоятельные установки для испарения хлора из баллонов и его дозирования. Одна из них является резервной.

Баллоны-испарители хранятся в расходном складе хлора. Для контроля за расходом хлора на складе устанавливаются двое циферблатных весов марки РП-500-Г13, на которых размещается по шесть баллонов.

Всего за сутки потребуется баллонов с жидким хлором $79,8/50=1,6$ шт. Таким образом, в момент начала работы установки, когда на весах будет установлено 12 баллонов, запас хлора будет достаточен для работы в течение $12:1,6=7,5$ сут. Резервные баллоны принимаем в количестве 50% от суточной потребности, т.е. всего предусмотрено 3 баллона. Основной запас хлора хранится вне очистной станции на расходном складе рассчитанном на месячную потребность в хлоре.

В данном случае составит:

$$n_{\text{бал}} = \frac{79,8 \cdot 30}{50} = 48 \text{ шт}.$$

В соответствии с действующими нормами [6] для размещения оборудования и хлора в баллонах предусматривается строительство здания, состоящего из двух помещений: хлордозаторной и расходного склада хлора. Хлордозаторная оборудуется двумя выходами: один – через тамбур и второй – непосредственно наружу (со всеми дверями, открывающимися наружу). Расходный склад хлора изолируют от хлордозаторной огнестойкой стеной без проемов.

В хлордозаторной помещаем два хлоратора ЛОНИИ-100К и два баллона (грязевика) вместимостью 50 л. Каждый хлоратор, баллон (грязевик) и одни весы с баллонами-испарителями, расположенные на расходном складе, образуют самостоятельную технологическую схему для испарения и дозирования хлора, работающую периодически.

Хлордозаторная обеспечивается подводом воды питьевого качества с давлением не менее 0,4 Мпа и расходом

$$Q = q_{\text{хл}} \cdot q_{\text{в}} = 5,5443 \cdot 0,4 = 2,22 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где $q_{\text{в}}=0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ – норма водопотребления, м^3 на 1 кг хлора.

8.6.3.2 Смеситель

Смешение хлорной воды со сточной должно происходить в течение 1 – 2 минут.

Принимаем к проектированию дырчатый смеситель, выполняемый в виде железобетонного лотка с дырчатыми перегородками. Обычно устраивается 2 – 3 перегородки с отверстиями диаметром 20 – 40 мм при небольших и до 100 мм – при средних и больших расходах. Схема дырчатого смесителя представлена на рисунке 8.5.

Принимаем число перегородок $N = 2$; диаметр отверстий $d = 100\text{мм}$; расчётный расход сточных вод $q = 0,513 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Число отверстий в каждой перегородке:

$$n = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d^2 \cdot V} = \frac{4 \cdot 0,513}{3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 1} = 65 \text{ шт.},$$

где: V – скорость движения в отверстиях: $V=1 - 1,2 \text{ м/с}$; принимаем $V=1 \text{ м/с}$.

По вертикали принимаем 5 рядов отверстий, по горизонтали – 13, всего – $5 \times 13 = 65$.

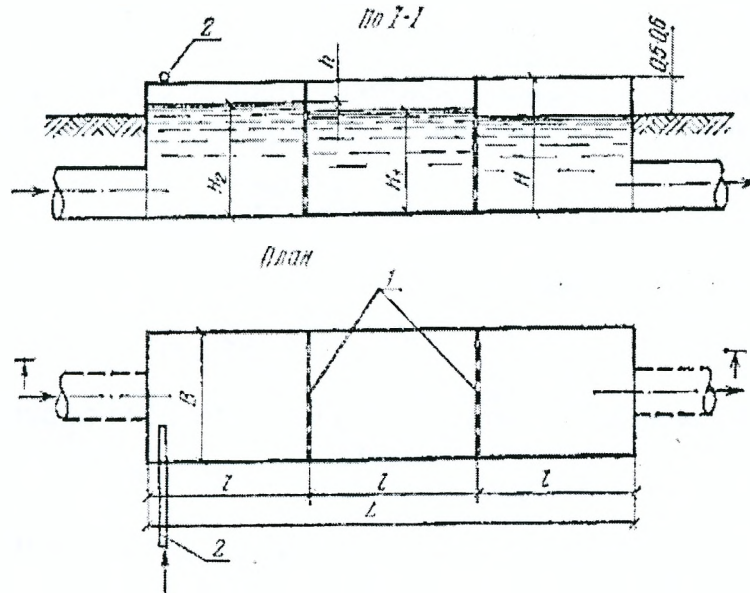


Рис.8.5 Схема дырчатого смесителя
1-дырчатые перегородки, 2-подача хлорной воды.

Потери напора в отверстиях каждой перегородки составят:

$$\Delta h = \frac{V^2}{\mu^2 \cdot 2g} = \frac{1^2}{0,7^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,104 \text{ м} \approx 0,11 \text{ м},$$

где: μ – коэффициент расхода, равный $0,65 - 0,75$; принимаем $\mu = 0,7$.

Расстояния между центрами отверстий по вертикали и горизонтали принимаются от 1,5 до 2,5 диаметра отверстий.

Если расстояние между центрами отверстий по горизонтали $2d=0,2\text{м}$, тогда ширина смесителя: $B = 0,2 \cdot 13 = 2,6 \text{ м}$.

Расстояние между центрами отверстий по вертикали в первой перегородке (считая от конца смесителя) также принимаем равным двум диаметрам отверстий, тогда высота слоя воды перед перегородками составит:

- перед первой $H_1 = 0,2 \cdot 5 = 1,0 \text{ м}$
- перед второй $H_2 = H_1 + \Delta h = 1 + 0,11 = 1,11 \text{ м}$

Расстояние между перегородками принимается равным полуторной ширине смесителя: $l = 1,5 \cdot B = 1,5 \cdot 2,6 = 3,9 \text{ м}$

Общая длина смесителя при двух перегородках:

$$L = 3 \cdot l = 3 \cdot 3,9 = 11,7 \text{ м}$$

Строительная высота смесителя:

$$H = H_2 + 0,3 = 1,11 + 0,3 \approx 1,5 \text{ м}$$

Продолжительность пребывания воды в смесителе:

$$T = \frac{H \cdot B \cdot L}{q} = \frac{1,11 \cdot 2,6 \cdot 11,7}{0,513} = 65,8 \text{ сек} = 1,09 \text{ мин}$$

8.6.3.3 Контактные резервуары

Для обеспечения контакта хлора со сточной водой запроектируем контактные резервуары по типу горизонтальных отстойников.

Для обеспечения контакта хлора со сточной водой запроектируем контактные резервуары по типу горизонтальных отстойников. Объем резервуаров составит:

$$V_{к.р.} = \frac{Q_{max} \cdot T}{60} = \frac{1848,1 \cdot 30}{60} = 924,05 \text{ м}^3,$$

где: T=30 мин – продолжительность контакта хлора со сточной водой.

При скорости движения сточных вод в контактных резервуарах V=10мм/с длина резервуара составит:

$$L = V \cdot T = \frac{10 \cdot 30 \cdot 60}{1000} = 18 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения:

$$\omega = \frac{V_{к.р.}}{L} = \frac{924,05}{18} = 51,3 \text{ м}^2$$

При глубине H=2,8 м и ширине каждой секции b=6 м число секций составит:

$$n = \frac{\omega}{b \cdot H} = \frac{51,3}{6 \cdot 2,8} = 3,05 = 4$$

Фактическая продолжительность контакта воды с хлором в час максимального притока воды:

$$T = \frac{V_{к.р.}}{Q_{max}} = \frac{n \cdot b \cdot H \cdot L}{Q_{max}} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 2,8 \cdot 18}{1848,1} = 0,654 = 39 \text{ мин}$$

Принимаем контактные резервуары, разработанные ЦНИИЭП инженерного оборудования. Они имеют ребристое днище, в лотках которого расположены смывные трубопроводы с насадками, а по продольным стенам смонтированы аэраторы и перфорированные трубы. Осадок удаляют один раз в 5...7 сут. При отключении секции осадок взмучивается технической водой, поступающей из насадков, и возвращается в начало очистных сооружений. Для поддержания осадка во взвешенном состоянии смесь в резервуаре аэрируют.

Принимаем два контактных резервуара по типовому проекту 902-1-231 (табл.5.25[3]). Число секций 2, рабочая глубина 2,8м, ширина секции 6м, длина секции 18м. Схема одной секции резервуара показана на рисунке 7.9.

Потери напора в резервуаре ($\Delta h = Z_1 - Z_2$) ориентировочно составляют 0,5 – 0,6м.

Объем осадка, выпадающего в контактных резервуарах за сутки:

$$W_{ос} = \frac{a \cdot N_{пр}}{1000} = \frac{0,05 \cdot 129262}{1000} = 6,463 \text{ м}^3,$$

где: а – объем осадка, выпадающего в контактных резервуарах при дезинфекции сточных вод жидким хлором, приходящийся на одного человека в сутки: на станциях полной биологической очистки с биофильтрами а=0,05л, п.6.231 [6].

8.7 Расчет сооружений для обработки осадка сточных вод

На проектируемой очистной станции образуются следующие виды осадков:

1. Отбросы, задерживаемые на решетках в количестве 2,833 м³/сут (пункт 8.6.1.2 пособия).

2. Песок из песколовков в количестве 2,585 м³/сут (пункт 8.6.1.3 пособия).

3. Сырой осадок из первичных отстойников в количестве 97,062 м³/сут влажностью 95% (пункт 8.6.1.4 расчёта).

4. Биологическая плёнка из вторичных отстойников расходом 90,4834 м³/сут влажностью 96,0% (пункт 8.6.2.1 расчёта).

8.7.1 Песковые площадки

Для подсушивания песка, поступающего из песколовок, предусматриваются площадки с ограждающими валиками, располагаемые вблизи песколовок.

Полезная площадь песковых площадок составит:

$$F = \frac{P \cdot N_{пр} \cdot 365}{1000 \cdot h} = \frac{0,02 \cdot 129262 \cdot 365}{1000 \cdot 3} = 314,54 \text{ м}^2,$$

где: h – нагрузка на площадку, которую необходимо принимать не более 3 м³ / (м² · год), (с периодической выгрузкой подсушенного песка в течение года).

Принимаем 2 карты песковых площадок с размерами каждой в плане 16 x 10 м с высотой ограждающего валика 1 м. Посреди карты предусматривается забор из досок. Удаление воды с площадок в дренажную сеть происходит через водосливы с переменной отметкой порога. Схема песковых площадок представлена на рисунке 8.6.

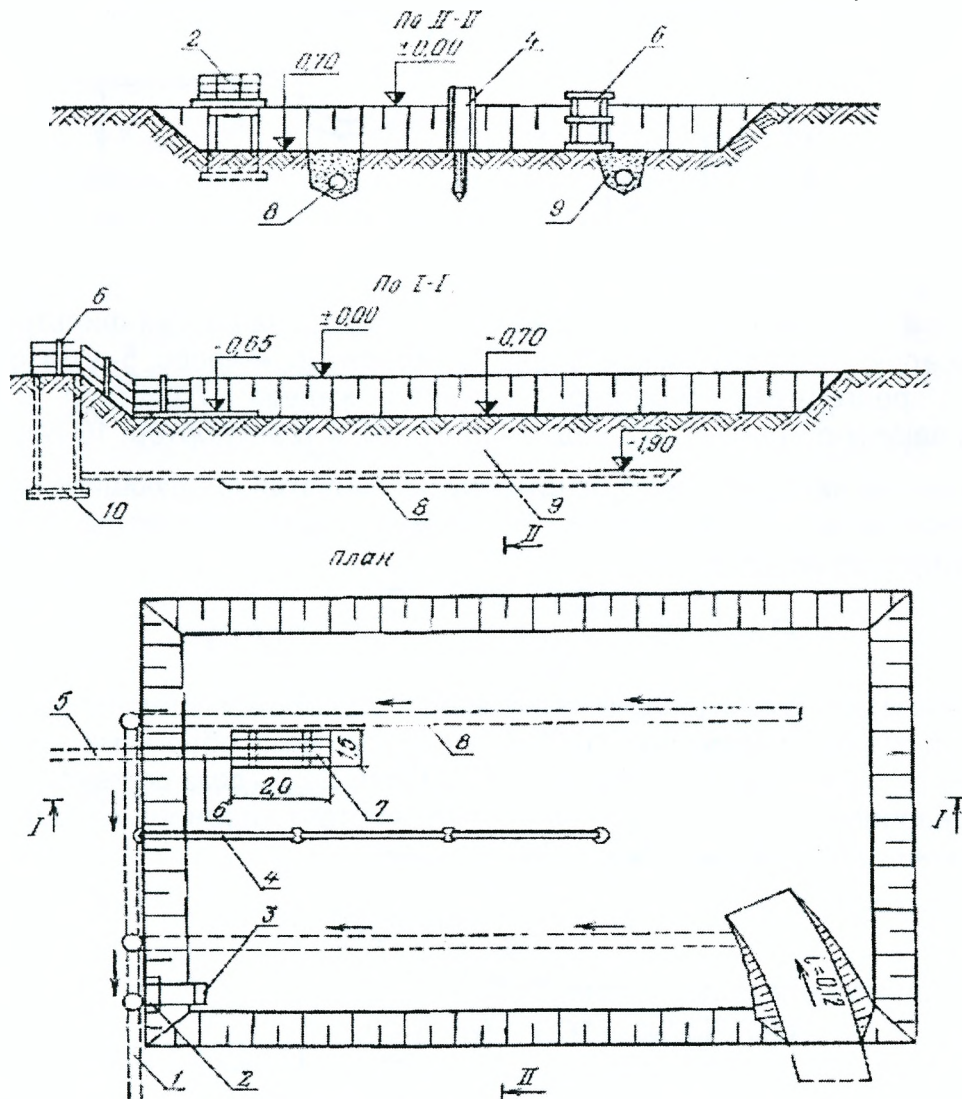


Рис. 8.6 Схема песковой площадки

- 11- сборная дренажная линия; 2- мостик; 3- шахтный водосброс; 4- перегородка из досок; 5- пескопровод; 6- сливной лоток; 7- деревянный щит; 8- дренажная труба (d = 75мм); 9- дренажная канава; 10 – дренажный колодец.

Удаляемая с песковых площадок вода направляется в начало очистных сооружений. Объём дренажных вод, отводимый за сутки с песковых площадок, при разбавлении песка в пульпе 1: 20 по массе составит:

$$Q = W_{oc} \cdot 1,5 \cdot 20 = 2,585 \cdot 1,5 \cdot 20 = 77,55 \text{ м}^3$$

8.7.2 Обезвоживание осадков вакуум-фильтрованием

Схема обезвоживания осадков вакуум-фильтрованием представлена на рис. 8.7.

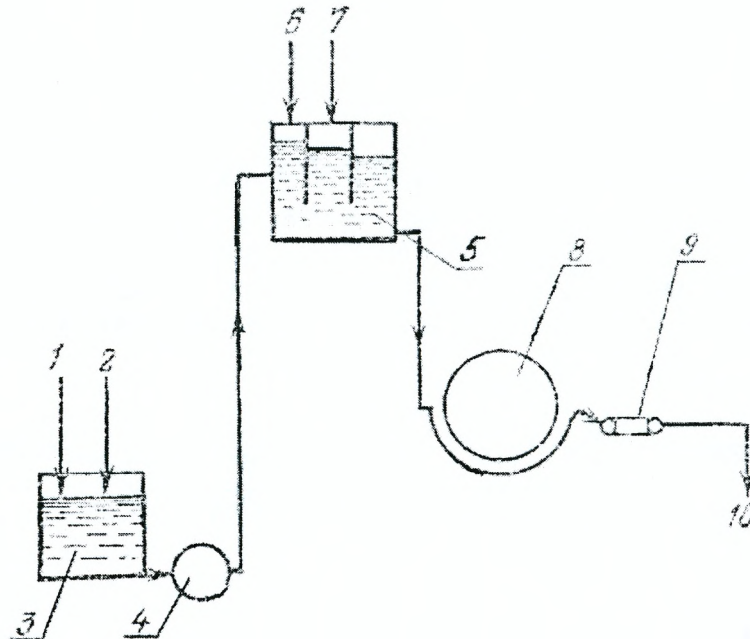


Рис.8.7.Схема обезвоживания сырых осадков на вакуум-фильтрах.

1-сырой осадок, 2-биологическая плёнка, 3-резервуар, 4-насос, 5-дозатор осадка и смеситель с реагентами, 6-раствор хлорного железа, 7-раствор извести, 8-барабанный вакуум-фильтр со сходящим полотном, 9-транспортёр, 10-кек.

Коагулирование несброженного осадка осуществляется следующими дозами реагентов: хлорное железо – 3-5, известь – 9-13% массы сухого вещества осадка.

Расход реагентов составит:

$$P = \frac{V_{общ} \cdot (100 - P_{см}) \cdot D_{реаг}}{100 \cdot 100}, m / \text{сут},$$

где: $P_{см}$ – влажность смеси (осадка из первичных отстойников и биологической плёнки), подаваемой на обезвоживание, равной 95.5%; $V_{общ}$ –суточный объём смеси, подлежащий обезвоживанию: $V_{общ} = 90,4834 + 97,062 = 187,5454 \text{ м}^3/\text{сут}$; $D_{реаг}$ – доза реагента, %

Что по товарному продукту при содержании чистого хлорного железа $k = 60\%$, и при содержании активной извести $k = 70\%$ составит:

$$P_m = \frac{P}{k}, m / \text{сут}$$

Расход хлорного железа по чистому FeCl_3 :

$$P = \frac{187,5454 \cdot (100 - 95.5) \cdot 5}{100 \cdot 100} = 0,42 m / \text{сут},$$

Что по товарному продукту составит

$$P_{ж.т} = \frac{0,42}{0,6} = 0,7 m / \text{сут}$$

Расход извести по чистой CaO :

$$P = \frac{187,5454 \cdot (100 - 95.5) \cdot 13}{100 \cdot 100} = 1,1 \text{ м / сут}$$

Что по товарному продукту составит

$$P_{\text{изв.т}} = \frac{1,1}{0,7} = 1,57 \text{ м / сут}$$

Пропускная способность вакуум-фильтра составляет $q=20-30 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при влажности кека 75-80 % и при времени работы вакуум-фильтров в сутки $T=20\text{ч}$.

Рабочая площадь вакуум-фильтров составит:

$$F = \frac{V_{\text{общ}} \cdot (100 - P) \cdot 1000}{100 \cdot q \cdot T} = \frac{187,5454 \cdot (100 - 95.5) \cdot 1000}{100 \cdot 25 \cdot 20} = 16,88 \text{ м}^2$$

Принимаем два рабочих и один резервный барабанный вакуум-фильтр со сходящим полотном типа БОУ_{СХ}-10-26 с площадью фильтрующей поверхности каждого 10м^2 .

Расход кека влажностью 80% составляет:

$$W_{\text{к}} = 187,5454 \cdot \frac{100 - 95.5}{100 - 80} = 42,19 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Расход фильтрата:

$$Q_{\text{ф}} = V_{\text{общ}} - W_{\text{к}} = 187,5454 - 42,19 = 145,355 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Фильтрат рекомендуется направлять в камеру промывки, так как содержащиеся в нем непрореагированные коагулянты способствуют снижению концентрации взвеси в сливной воде уплотнителей промытого осадка.

Подача вакуум-насосов определяется из условия расхода воздуха $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1м^2 площади фильтра. Требуемая подача вакуум-насоса $-0,5 \cdot 10 = 5 \text{ м}^3 / \text{МИН}$. Принимаем два рабочих (+1 резервный) вакуум-насоса марки ВВН-6 с подачей $6 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Расход сжатого воздуха на отдувку кека составляет $0,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 м^2 площади фильтра. Отдувка кека может производиться сжатым воздухом, расход его составляет: $0,1 \cdot 10 = 1 \text{ м}^3 / \text{МИН}$. Принимаем две рабочие (+1 резервная) воздуходувки марки ВВН-1,5 с подачей $1,5 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Для складирования обезвоженного осадка предусматривается открытая площадка, рассчитанная на 4-5-месячное хранение кека при высоте слоя $h = 1,5-2 \text{ м}$.

Площадь, необходимая для складирования кека, составит:

$$F = \frac{W_{\text{к}} \cdot T \cdot 30}{h} = \frac{42,19 \cdot 5 \cdot 30}{1,5} = 4219 \text{ м}^2$$

Размеры площадки определяются при разработке генплана станции.

8.7.3 Аварийные иловые площадки

В качестве резервного метода обезвоживания принимаем сушку на аварийных иловых площадках с естественным основанием.

Полезная площадь иловых площадок составит:

$$F_{\text{ил}} = \frac{V_{\text{общ}} \cdot T}{K \cdot n} = \frac{187,5454 \cdot 60}{0,8 \cdot 0,9} = 15628,783 \text{ м}^2,$$

где: n —климатический коэффициент: $n=0,9$, рис.5 [6]; $T=60\text{сут}$ —время сушки осадка; K —нагрузка осадка на иловые площадки, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $K=0,8\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, табл. 56 [6] (приложение 14г).

Принимаем карты размером $30 \times 87 \text{ м}$, согласно пункту 6.391 [6]. Рабочая глубина карты $0,7 \text{ м}$. Общая строительная глубина карты 1 м .

Количество карт:

$$N = \frac{15628,783}{30 \cdot 87} = 6 \text{ шт.}$$

8.7.4 Термическая сушка

Термическая сушка осадков производится на сушильных установках, состоящих из сушильных аппаратов и вспомогательного оборудования, к которому относят топки, циклоны, душевые устройства, а также транспортёры и бункера.

Установка со встречными струями (СВС) производительностью 3,5-5 т/ч по испарённой влаге предназначена для комплексной обработки осадков городских сточных вод, обезвоженных механическим путём.

Оборудование для термической сушки осадка рассчитывается по количеству испаряемой влаги.

Количество влаги в кеке, подаваемом на сушку, т:

$$B_1 = Q_{\text{сух}} \cdot P_k (100 - P_k), \text{ т},$$

где: $Q_{\text{сух}}$ - количество кека по сухому веществу, т; P_k - влажность кека, %

$$Q_{\text{сух}} = \frac{W_k \cdot (100 - P_k) \cdot R_k}{100} = \frac{42,19 \cdot (100 - 80) \cdot 1}{100} = 8,43 \text{ т},$$

где: R_k - плотность кека, т/м³; W_k - расход кека, м³/сут

$$B = 8,43 \cdot 80 / (100 - 80) = 33,72 \text{ т}$$

Количество влаги в осадке после термической сушки, т:

$$B_2 = Q_{\text{сух}} \cdot W_c (100 - W_c) = 8,43 \cdot 30 (100 - 30) = 3,61 \text{ т},$$

где: W_c - влажность осадка после термической сушки, %

Количество испаряемой влаги:

$$\Delta B = B_1 - B_2 = 33,72 - 3,61 = 30,11 \text{ т}$$

Продолжительность работы сушилки, при её производительности 4 т/ч, составит:

$$T = \Delta B / q = 30,11 / 4 = 7,52 \text{ ч}$$

Таблица 8.4.

Гидравлический расчет коммуникаций по ходу движения воды станции производительностью 26600 м³/сут

№ участка и название сооружения	Длина участка, м.	Форма сечения	Размер сечения или диаметр, мм	Расчетный расход, л/с.	Скорость, м/с.	Уклон 1000i	потери напора по длине, м.	Вычисление местных сопротивлений	Величина мест. Сопротивлений, м	Суммарные потери, м	Наименования местных сопротивлений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 – 2 ПК	1,6	-	-	513	-	-	-	-	-	0,100	-
2 – 3	5,0	прям.	1250x500	513	0,84	0,0008	0,004	-	-	0,004	-
3 – 4	6,0	прям.	800x450	256,5	0,72	0,0008	0,004 8	$\frac{(2 \cdot 0,24 + 0,5) \cdot 0,72^2}{2 \cdot 9,81}$	0,025	0,03	деление потока на 2, 2 поворота на 120°
4 – 5 здание решеток	5,0	-	-	513	-	-	-	-	-	0,100	-
5 – 6	6,0	прям.	800x450	256,5	0,72	0,0008	0,004 8	$\frac{2 \cdot 0,24 \cdot 0,71^2}{2 \cdot 9,81}$	0,0123	0,017	2 поворота на 120°
6 – 7	7,5	прям.	1250x500	513	0,84	0,0008	0,006	$\frac{0,53 \cdot 0,84^2}{2 \cdot 9,81}$	0,02	0,026	слияние 2-х потоков
7 – 8	2,0	прям.	1000x360	256,5	0,84	0,0011	0,002 2	$\frac{(0,84 + 0,5) \cdot 0,84^2}{2 \cdot 9,81}$	0,047	0,0492	деление потока на 2, плавный поворот на 90°
8 – 9 песко- ловка	6,0	-	-	256,5	-	-	-	-	-	0,100	-
9 – 10	1,5	прям.	1000x360	256,5	0,84	0,0011	0,002	$\frac{0,84 \cdot 0,84^2}{2 \cdot 9,81}$	0,03	0,032	плавный поворот на 90°
10 – 11	7,5	прям.	1000x360	513	0,96	0,0011	0,008	$\frac{0,53 \cdot 0,96^2}{2 \cdot 9,81}$	0,02	0,028	слияние 2-х потоков
11 – 12 лоток Вентури	5,0	-	-	513	-	-	-	-	-	0,200	-

Продолжение таблицы 8.4

12 – 13	2,5	прям.	1000x360	513	0,96	0,0011	0,002	-	-	0,002	-
13 – 14 ПО	16,0	-	-	513	-	-	-	-	-	0,400	-
14 – 15	12,5	кругл.	800	513	1,03	0,0017	0,021	-	-	0,021	-
										$\Sigma=1,1092$	
15-16 НС	10,0	-	-	513	-	-	-	-	-	2,000	-
16-17	33,0	кругл.	1000	1180	1,50	0,0022	0,072	-	-	0,072	-
17 – 18	27,5	кругл.	600	295	1,04	0,0021	0,057	-	-	0,057	-
18 – 19 биофильтр	16,0	-	-	295	-	-	-	-	-	4,500	-
19 – 20	12,5	прям.	800x500	295	0,75	0,0008	0,01	$\frac{1,2 \cdot 0,75^2}{2 \cdot 9,81}$	0,034	0,044	1 резкий поворот на 90°
20-21	12,5	прям.	1000x650	590	0,87	0,0008	0,01	$\frac{0,53 \cdot 0,87^2}{2 \cdot 9,81}$	0,02	0,03	слияние 2-х потоков
21-22	42,5	прям.	1250x750	1180	1,05	0,0008	0,034	$\frac{0,53 \cdot 1,05^2}{2 \cdot 9,81}$	0,029	0,06	слияние 2-х потоков
22 – 23 ВО	32,0	-	-	1180	-	-	-	-	-	0,400	-
23-24	15,0	прям.	1250x750	1180	1,05	0,0008	0,012	-	-	0,012	-
24-25 дырчатый смеситель	11,7	-	-	513	-	-	-	-	-	0,220	-
25-26	4,0	прям.	1000x360	513	0,96	0,0011	0,0044	-	-	0,0044	-
26-27 Пана. Рез	24,0	-	-	513	-	-	-	-	-	0,200	-
27 – выпуск	200	кругл.	900	513	1,00	0,0011	0,22	-	-	0,22	-
										$\Sigma=5,8194$ (без Н.С.)	

9. РАЗРАБОТКА ГЕНПЛАНА ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

Генеральный план разрабатывается после того, как определены – количество и размеры всех очистных сооружений, а также зданий, входящих в комплекс очистной станции.

Основой генплана является принятая технологическая схема.

При разработке генплана следует руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Месторасположение отдельных сооружений и общая планировка очистной станции должны обеспечить наилучшую организацию технологического процесса очистки сточных вод; все сооружения должны быть доступны для ремонта и обслуживания.

2. Компонировка всех сооружений должна обеспечить возможность строительства очистной станции по очередям и последующего расширения ее в связи с увеличением притока сточных вод.

3. Протяженность коммуникаций должна быть по возможности минимальной.

4. Все сооружения должны быть расположены более компактно. Целесообразно блокировать отдельные сооружения в группы. Рекомендуемый коэффициент застройки – 0,7.

5. Разрывы между отдельными сооружениями должны быть минимальными и в то же время обеспечивать возможность очередности их строительства.

Предварительно они могут намечаться следующими:

для группы одноименных сооружений – 2-3 м,

для группы разноименных сооружений – 5-10 м,

для группы сооружений механической и биологической очистки – 15-20 м,

для сооружений и иловых площадок с учетом обсадки их деревьями – 25-30 м,

для метантенков, газгольдеров и других сооружений (в зависимости от их ёмкости) – 20-50 м,

для расходного склада хлора: расстояние от административных и бытовых зданий – 100 м, от производственных зданий, в которых постоянно находится обслуживающий персонал – 50 м, от производственных зданий, в которых обслуживающий персонал бывает периодически – 30 м.

6. К каждому сооружению должен быть обеспечен подъезд транспорта для доставки материалов при ремонте.

7. На генплане станции следует указать насыпи и выемки. Для уменьшения земляных работ экономически выгодно при устройстве насыпей и выемок соблюдать равенство их объёмов.

8. Сооружения следует располагать симметрично, обеспечивая равномерное распределение сточной жидкости между отдельными сооружениями.

9. Кроме основных сооружений на генплане следует нанести все вспомогательные сооружения: котельную, ремонтные мастерские, гараж, склады, административное здание с лабораторией, насосные и воздуходувные станции, трансформаторную площадку, сети местной канализации и другие.

10. В коммуникациях очистной станции следует предусмотреть возможность выключения из работы для ремонта групп сооружений и отдельных сооружений, а также аварийный выпуск, позволяющий выключить из работы в крайнем случае всю станцию.

11. Территория станции должна быть ограждена, благоустроена, озеленена, освещена и иметь дороги с искусственным покрытием и пешеходные дорожки к каждому из сооружений и зданий.

Площадь озеленения должна составлять не менее 15-20% площади в пределах границ территории очистных сооружений.

Травяные газоны и посадка деревьев и кустарников должны быть: на площадках у главного въезда и входа на территорию; вдоль проездов и площадок для разворота автомобильного транспорта; на площадках в районе размещения административно-бытовых зданий и помещений, лабораторий, мест отдыха и спортивных площадок; вокруг открытых сооружений; на полосах, отделяющих тротуары и пешеходные дорожки от дорог, а также от сооружений с вредными выделениями.

На участках без твердого покрытия, а также вдоль ограды территории очистных сооружений следует, как правило, предусматривать посев трав.

Для полива дорог и зелёных насаждений в летний период следует предусматривать поливочные краны.

Вертикальная планировка территории очистных сооружений должна обеспечить отвод поверхностных вод.

Планировочные отметки территории следует назначать в соответствии с технологическими требованиями к вертикальной посадке сооружений исходя из условий максимального сохранения естественного рельефа и почвенного покрова, минимальных объемов земляных работ, отвода поверхностных вод со скоростями, исключая возможность эрозии почвы.

К местам расположения технологического оборудования у очистных сооружений и на сетях следует предусматривать удобные подходы, площадки, лестницы и при необходимости ограждения.

Главный вход, проходную и въезд на территорию очистных сооружений необходимо располагать со стороны основного подхода и подъезда трудящихся. Здесь же за оградой территории очистных сооружений следует предусматривать площадку для стоянки автотранспорта.

На генплане обязательно наносятся горизонтали и роза ветров.

Генплан должен быть увязан с ситуационным планом. Примеры оформления ситуационных планов приводятся в приложениях 19 и 22.

Один из возможных вариантов генплана к численному примеру №1 городской очистной станции производительностью 129300 м³/сут приведен в приложении 16, а к численному примеру №2 станции производительностью 26600 м³/сут приведен в приложении 20.

10. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ПО ХОДУ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ И ОСАДКОВ

Профиль составляется по наиболее неблагоприятному (длинному) направлению движения воды. При этом высотная схема расположения очистных сооружений должна быть составлена так, чтобы обеспечивалось, как правило, самотечное движение воды от одного сооружения к другому. Движение осадков также по возможности должно быть самотечным, но зачастую осадок приходится перекачивать.

Для самотечного движения сточной воды по всем сооружениям очистной станции необходимо, чтобы отметка поверхности воды в подводящем канале превышала отметку воды в водоёме при высоком горизонте на величину, достаточную для компенсации всех потерь напора по пути движения воды по сооружениям с учётом запаса 1,0÷1,5 м, который необходим для обеспечения свободного истечения воды из оголовка выпуска в водоём. Нормальная работа очистной станции зависит от правильного определения гидравлических потерь.

Кроме того, нужно предусмотреть некоторый запас напора с расчётом на будущее расширение очистной станции.

При составлении профилей надо предусматривать, чтобы каждое сооружение было установлено на плотном, нетронутым грунте. Если необходимо поместить сооружение целиком в насыпи, то оно должно иметь фундаменты, опирающиеся на материковый грунт.

Построению профиля предшествует гидравлический расчет коммуникаций. Для его выполнения пользуются литературой [4, 7]. Расчет сводится в таблицу формы 10.1.

Таблица 10.1.

Расчет коммуникаций по движению воды

№ участков и названия сооружений	Длина участка, м	Форма сечения	Размер сечения или диаметр, мм	Расчётный расход, л/с	Скорость, м/с	Уклон или 1000 <i>i</i>	Величина местных сопротивлений, м	Вычисления местных сопротивлений, $h_{мест}$	Потери напора по длине, h_l , м	Суммарные потери напора, м	Наименование местного сопротивления
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Потери напора в коммуникациях определяют по формуле:

$$h = h_l + h_{мест}, \quad (10.1)$$

где: h_l - потери напора по длине, м;

$h_{мест}$ - потери на местные сопротивления, м.

$$h_l = i \cdot l, \quad (10.2)$$

$$h_{мест} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (10.3)$$

где: i - уклон каналов, лотков, трубопроводов;

l - длина участка, м;

ξ - коэффициент местных сопротивлений;

v - скорость движения сточных вод на расчетном участке, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Так как при выполнении курсового проекта подробный технологический и гидравлический расчет производят только одного сооружения, то для построения профиля ориентировочные потери напора в остальных сооружениях можно принять следующие:

приемная камера	0,1 м
механические решетки, песколовки	0,1-0,2 м
решетки дробилки к аэрируемым песколовкам	0,15-0,25 м
преаэраторы	0,2-0,25 м
отстойники: горизонтальные	0,2-0,4 м
вертикальные	0,4-0,5 м
радиальные	0,5-0,6 м
двухъярусные	0,25 м
аэротенки	0,4-0,6 м
аэрофильтры высоконагружаемые	6-8 м
биофильтры с вращающимися оросителями	H+0,15 м
со спринклерами	H+0,5 м
аэротенки, отстойники	0,5-0,8 м
контактные резервуары и смесители	0,15-0,3 м
барабанные сетки	0,3 м
песчаные фильтры	H+(0,2-0,3) м
сборный колодец	0,5 м
распределительная чаша (на 4 отстойника)	0,67 м
распределительная чаша (на 2 отстойника)	0,56 м
коммуникации метантенков	2 м

Для упрощения расчётов в данном курсовом проекте при вычислении потерь напора в коммуникациях можно использовать следующие коэффициенты местных сопротивлений и потерь напора:

Слияние 2 потоков	$\xi = 0,56$
Разветвление потока на две (три) части	$\xi = 1,5$
Резкий поворот на 45°	$h_M = 0,0394 \text{ м}$
Плавный поворот на 45°	$h_M = 0,0154 \text{ м}$
Плавное расширение	$h_M = 0,0002 \text{ м}$
Внезапное расширение	$h_M = 0,0008 \text{ м}$
Потери на незатопленном водосливе	$h_M = 0,252 \text{ м}$
Плавное сужение	$\xi = 0,307$
Резкий поворот на 90°	$\xi = 1,2$
Вход в трубу	$\xi = 0,016$
Вход в прямоугольный канал	$\xi = 0,4$
Распределительный лоток	$h_M = 0,075 \text{ м}$
Плавный поворот на 90°	$\xi = 0,84$
Вход в трубу из перепадного колодца	$\xi = 0,5$

Сточные воды на очистных сооружениях движутся по открытым лоткам и каналам. Каналы и лотки рассчитываются с коэффициентом 1,4 на максимальный секундный пропуск воды. Вода к некоторым сооружениям (например, к радиальным отстойникам) подводится дюкерными трубопроводами.

Осаждающиеся компоненты сточных вод – песок, осадок первичных отстойников, активный ил, шламы производственных сточных вод – удаляются из сооружений самотеком, под гидростатическим давлением или насосами, гидроэлеваторами, эрлифтами. Удаление осадка непосредственно из иловых приемков сооружений предпочтительнее плунжерными насосами, обеспечивающими отбор осадка с меньшей влажностью, чем при применении центробежных насосов.

Скорости движения городских или близких к ним по составу производственных сточных вод в каналах и трубах должны приниматься в соответствии с пп. 2.34-2.40 СНиП 2.04.03-85 (см. приложение 23).

Наименьшие скорости движения сырых и сброженных осадков, а также уплотненного активного ила в напорных трубопроводах принимаются в пределах 0,8-2,1 м/с при влажности осадков соответственно 98-90% по табл.17 СНиП 2.04.03-85 (см. приложение 24).

Поток сточных вод на очистной станции делится на части пропорционально пропускной способности соответствующих групп сооружений или отдельных сооружений внутри группы. Необходимо учитывать, что распределение концентрации взвеси (твёрдой фазы), влекомой сточной водой, не всегда пропорционально распределению самой воды (сказывается инерция движения взвеси в жидкости). Так, при Ш-образном разветвлении лотков средний из них будет перегружен по содержанию взвешенных веществ даже при вполне равномерном гидравлическом разделении потока жидкости. Предпочтительнее такие устройства для деления потока жидкостей, загрязненных взвешенными веществами, которые способствовали бы и равномерному распределению взвеси.

стей, загрязненных взвешенными веществами, которые способствовали бы и равномерному распределению взвеси.

Деление потока может осуществляться разветвлением лотка (канала), распределительными чашами и камерами, распределительными каналами с малыми скоростями протока воды.

Деление потока на две части достаточно надежно может быть достигнуто при устройстве Т- или U-образной развилки. Рекомендуется предусматривать поворотный делитель, который устанавливается в положении, определяемом при наладке сооружений. Последовательное деление потока таким способом на большее число ответвлений требует сравнительно большой площади.

Более точным и удобным является деление потока в распределительных чашах на 4, 6, 8 частей водосливами (с широким порогом или с тонкой стенкой), установленными на одинаковых отметках. Наибольшая точность достигается при подводе воды к чашам дюкером снизу – отклонение от равномерного распределения $\pm 3-6\%$ при изменении нагрузки на сооружение в пределах от 0,75 до 1,25 расчетного расхода.

Гидравлический расчёт коммуникаций “по воде” очистной станции производительностью 129300 м³/сут приведен в таблице 7.5.

Гидравлический расчёт коммуникаций “по воде” очистной станции производительностью 26600 м³/сут приведен в таблице 8.4.

Расчёт коммуникаций “по осадку” к примеру №1 станции производительностью 129300 м³/сут приведен в таблице 7.6

Для построения профилей используют суммарные потери напора на участках (графа 11 таблиц гидравлического расчёта). Отметки на каждом последующем участке должны отличаться от отметок на предыдущем участке как минимум на величину потерь.

Профиль “по воде” строят начиная от приемной камеры и до оголовка выпуска в водоем.

Профили “по осадку” и “илу” начинают от сооружения выпуска осадка или ила (из первичных или вторичных отстойников) и кончают наиболее удаленной точкой подачи на сооружения их обработки.

Примеры высотного проектирования станции производительностью 129300 м³/сутки (численный пример №1) приведены в приложениях: 17 – профиль по ходу движения воды и 18 – профиль по движению осадка.

Профиль по ходу движения воды к численному примеру №2 (станция производительностью 26600 м³/сут) приведен в приложении 21.

По профилю определяются высоты насыпей и глубины выемок, после чего границы насыпей и выемок наносятся на генплан. Примеры построения насыпей и выемок на генплане очистной станции приведены на рисунках 10.1 и 10.2.

По верху насыпей следует предусмотреть проходы вокруг сооружений.

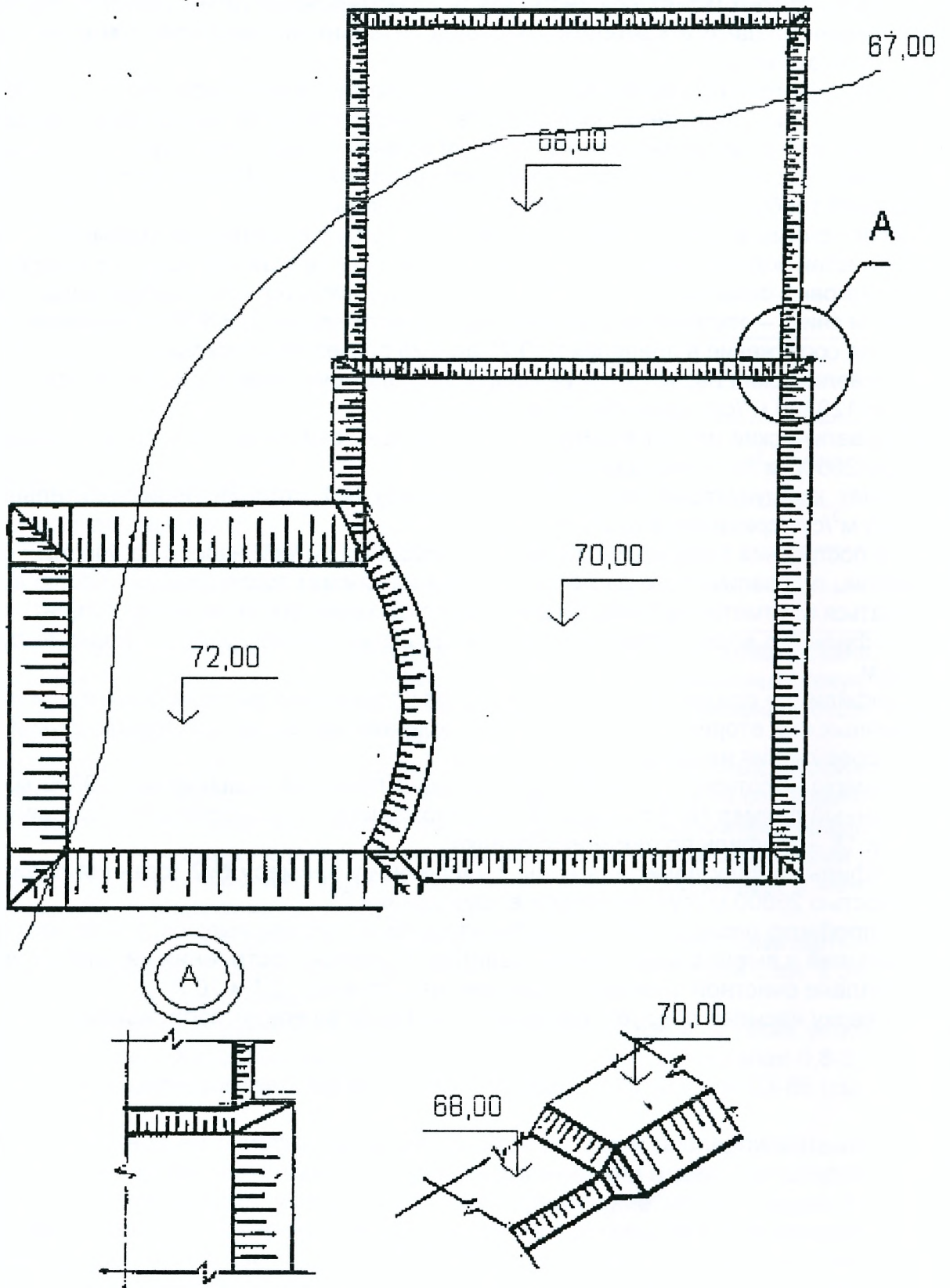


Рисунок 10.1. Оформление насыпей на генплане.

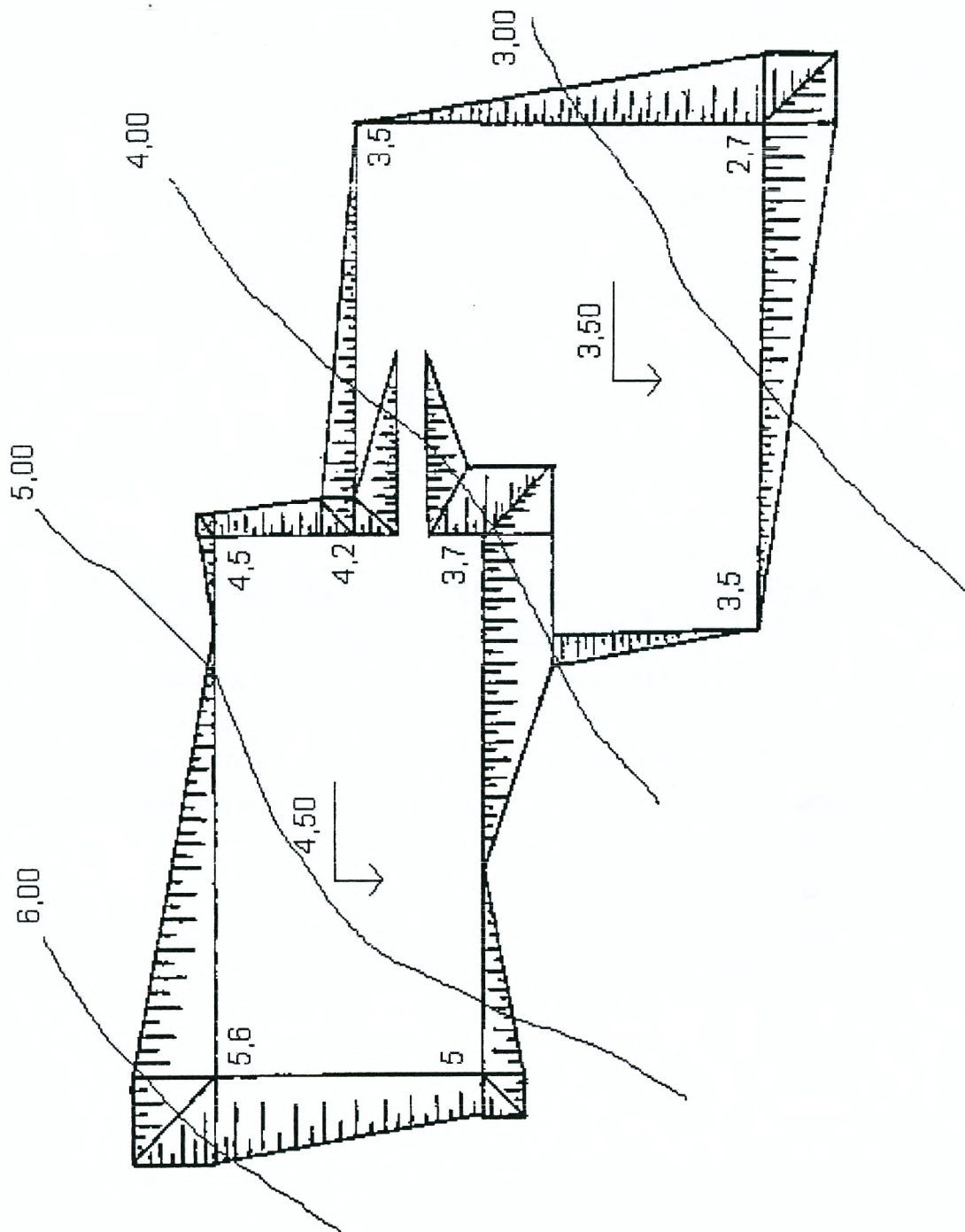


Рисунок 10.2. Планировочное оформление территории очистной станции.

11. КОНСТРУИРОВАНИЕ ОДНОГО ИЗ СООРУЖЕНИЙ

Конструирование сооружения осуществляется на стадии технического проекта на основе данных технологического расчета этого сооружения. Конструкция его разрабатывается с учетом новейших достижений науки и техники. При конструировании можно использовать отдельные узлы и конструктивные детали из типовых проектов.

Принятую конструкцию сооружения следует привязать к генплану и профилю.

12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В связи с отсутствием всех необходимых расчетных данных в настоящем курсовом проекте определяются лишь удельные капитальные затраты на строительство очистной станции.

$$K_{уд} = \frac{\sum K}{Q}, \text{ руб/м}^3, \quad (12.1)$$

где: $K_{уд}$ - удельные капитальные затраты на строительство в руб. на 1 м³ пропускной способности;

Q - производительность станции, м³/сут;

$\sum K$ - суммарные капитальные затраты, определяемые по формуле:

$$\sum K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4, \quad (12.2)$$

где: K_1 - общая строительная стоимость всех очистных объектов станции, тыс.руб., определяемая по укрупненным показателям стр.595-630 [2] в ценах 1981г.;

K_2 - затраты на сооружение коммуникаций, тыс.руб. составляют порядка 12-15% от K_1 ;

K_3 - затраты на вспомогательные здания очистной станции, включая насосные станции, тыс.руб., составляют примерно 12-30% от K_1 ;

K_4 - затраты на благоустройство, тыс.руб., 9-15% от K_1 .

Процент берётся в зависимости от производительности станции. Далее используется коэффициент пересчёта на цены года выполнения курсового проекта.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Примерный процент разброса притока бытовых сточных вод на очистную станцию по часам суток

Часы суток	Q _{ср.с.} , л						
	50	100	200	300	500	800	1250 и более
	K _{общ}						
	1,8	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15
0-1	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
1-2	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
2-3	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
3-4	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
4-5	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
5-6	3,3	4,35	4,2	4,8	5,05	4,9	4,8
6-7	5	5,95	5,8	5	5,15	4,9	4,8
7-8	7,2	5,8	5,8	5	5,15	5	4,8
8-9	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
9-10	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
10-11	7,5	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
11-12	6,4	4,8	5,05	5,25	5,1	5	4,8
12-13	3,7	3,95	4,2	5	5	4,8	4,7
13-14	3,7	5,55	5,8	5,25	5,1	5	4,8
14-15	4	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
15-16	5,7	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
16-17	6,3	5,6	5,8	5,65	5,2	5	4,8
17-18	6,3	5,6	5,75	4,85	5,15	5	4,7
18-19	6,3	4,3	5,2	4,85	5,1	5	4,8
19-20	5,25	4,35	4,75	4,85	5,1	5	4,8
20-21	3,4	4,35	4,1	4,85	5,1	5	4,8
21-22	2,2	2,35	2,85	3,45	3,8	4,5	4,8
22-23	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,4	3
23-24	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
Итого	100	100	100	100	100	100	100

Приложение 2. Примерный процент разброса притока промышленных сточных вод на очистную станцию по часам смен

Часы смен	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2
1	11,3	11	10,7	10,5	10,3	9	8,7	8,5	8
2	13	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	8,5
3	13	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	8,5
4	13,7	15	16,3	17,5	18,7	20	21,3	22,5	25
5	11,3	11	10,7	10,5	10,3	9	8,7	8,5	8
6	13	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	8,5
7	13	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	8,5
8	11,7	15	16,3	17,5	18,7	20	21,3	22,5	25
итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Приложение 3. Значения K_1 при температуре воды t .

T °C	O_2 , мг/л	t °C	O_2 , мг/л	t °C	O_2 , мг/л
1	14,23	11	11,08	21	8,89
2	13,84	12	10,83	22	8,83
3	13,48	13	10,60	23	8,68
4	13,13	14	10,37	24	8,53
5	12,8	15	10,15	25	8,38
6	12,48	16	9,95	26	8,22
7	12,17	17	9,74	27	8,07
8	11,87	18	9,64	28	7,92
9	11,59	19	9,35	29	7,77
10	11,33	20	9,17	30	7,63

Приложение 4. Характеристика решеток

Параметр	Тип решетки (сита)*						
	МГ	PMH	RS-16	RS-35	РГД	РСФ-01	СЗС
Ширина решетки, мм	2100	2100	1200	1900	1200	1455	3000
Ширина фильтрующей части, мм	810	728; 810	850	1500	950	950	2560
Высота от дна, мм	4500	4500	3300	3500	2500	3252	3000
Длина, мм	2600	2660	1800	1800	1800	1480	6680
Высота выгрузки от пола, мм	900	900	450	450	1500	2070	800
Максимальная глубина канала, мм	3000	3000	1000	3000	1000	1000	4200
Ширина прозоров, мм	16; 12	10; 6	5	3	10	4	1,4
Толщина фильтрующих пластин, мм	10	10	3	3	10	3	
Масса, кг	4500	3750	900	4300	2100	2400	
Максимальный уровень жидкости перед решеткой, мм	2000	2000	600	2000	600	600	3000
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	0,75	1,1	4,0	0,85	1,5	1,5

11. МГ – механические грабли,
 PMH – решетки механизированные наклонные,
 RS – решетка ступенчатая механическая фирмы «MEVA»,
 РГД – решетка дуговая гидравлическая,
 РСФ-01 – решетка ступенчатая механическая,
 СЗС – плоское щелевое сито

Приложение 5. Решетки «Степ Скрин»

Модель	SSL 600	SSL 1000	SSL 1500	SSL 2000	SSL 2500	SSL 3000	SSL 3500	SSL 4900
А) Длина	11120	1365	2130	2500	2810	3180	3780	4430
В) Высота	1150	1400	2050	2420	2740	3100	3700	4350
С) Ширина	300-700	300-700	300-1700	300-1700	500-1700	500-700	500-1700	500-1700
Величина прозоров	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6	1*, 3, 6
Пропускная способность (л/сек) макс. Н ₁ (чистая вода) при ΔН=200 мм, эффективная ширина решетки Е при прозоре в 3 мм	155	350	1200	1520	1985	2195 (2765)**	2410 (3300)**	2975 (4200)**
Д) Высота сбросов	470	700	900	1270	1580	1950	2540	3220
Е) Эффективная ширина решетки	165-565	165-565	165-1565	165-1565	365-1565	365-1565	365-1565	365-1565
Ф) Макс. Уровень воды перед решеткой (Н ₁)	350	650	800	1000	1270	1430 (S:1800)**	1570 (S:1800)**	1430 (S:1800)**

*) 1 мм по специальному заказу

***) для SSL 3000, SSL 3500, SSL 4900

Приложение 6. Характеристика щелевого сита

Наименование показателей	Ед. изм.	Значение
Производительность сита:		
- средняя	тыс.м ³ /сут.	333
- максимальная		420
Потери напора:		
- средние	мм	36
- максимальные		92
- минимальные		20
Удельное шламоудержание (по сухому веществу):		
- среднее	г/м ³	0,036
- максимальное		0,079
- минимальное		0,015
Средняя влажность шлама	%	65,6
Средняя зольность шлама	%	4,5

Приложение 7. Характеристика транспортеров

Тип и марка пресстраспортера	Производительность	Производительность пресстраспортера, м ³ /ч	Усилие прессования, кгс/см ²	Высота подачи, м	Мощность э/двигателя, кВт
ЧШ 14	Разработка МВК НИИ-проект	0,9	80	15	4,0
ГПТ-4М	АКХ им. Памфилова	4,0	100	15	5,5
ПТ.000	ЦКБ ТМ	5,0	80	15	10,0

Приложение 8. Данные к расчету песколовок. Значения коэффициента K_S (табл.27 [6]); скорость v_S (табл.28 [6]).

Таблица 27

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Значение K_S в зависимости от типа песколовок и отношения ширины B к глубине H аэрируемых песколовок			
		горизонтальные	аэрируемые		
			$B : H = 1$	$B : H = 1,25$	$B : H = 1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Таблица 28

Песколовка	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v_S , м/с, при протоке		Глубина H , м	Количество задерживаемого песка, л/чел.-сут	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	0,02	60	55-60
Аэрируемая	13,2-18,7	-	0,08-0,12	0,7-3,5	0,03	-	90-95
Тангенциальная	18,7-24,2	-	-	0,5	0,02	60	70-75

Приложение 9. Данные к расчету первичных отстойников. Коэффициент использования объема отстойников K_{set} (табл.31 [6]); продолжительность отстаивания t_{set} (табл.30 [6]); черт.2; величина турбулентной составляющей (табл.32 [6])

Таблица 30

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1 = 500$ мм при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	500
20	300	–	–
30	540	320	250
40	650	450	390
50	900	640	450
60	1200	970	680

Таблица 31

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока V_w , мм/с	Уклон днища к иловому приемку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2H_{set} - 5H_{set}$	5-10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-0,05
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2u_0 - 3u_0$	-
С тонкослойными блоками:					
противоточная (прямоточная) схема работы	0,5-0,7	0,025-0,2	2-6	-	-
перекрестная схема работы	0,8	0,025-0,2	1,5	-	0,005

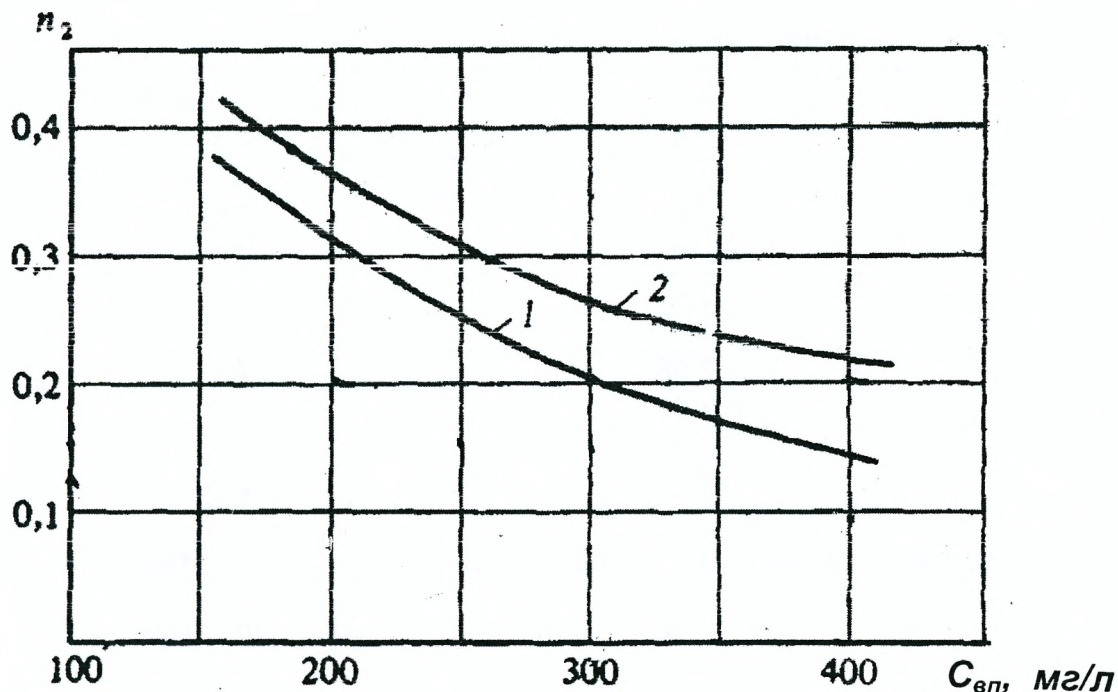


Рис. 2. Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания $1 - \mathcal{E} = 50\%$; $2 - \mathcal{E} = 60\%$.

Таблица 32

v_w	5	10	15
v_{tb}	0	0,05	0,1

Приложение 10. Данные [6] к проектированию аэротенков

Значения параметров, необходимых для вычисления удельной скорости окисления (фрагмент табл.40 [6])

Сточные воды	ρ_{max} , мг БПК _{полн} /(г·ч)	K_1 , мг БПК _{полн} /л	K_0 , мг O_2 /л	φ , л/г	s
Городские	85	33	0,625	0,07	0,3

Значения илового индекса (фрагмент табл.41 [6])

Сточные воды	Иловый индекс J_i , см ³ /г, при нагрузке на ил q_i , мг/(г·сут)					
	100	200	300	400	500	600
Городские	130	100	70	80	95	130

Значения k_1 и I_{max} (табл.3.3 [3])

f/F	k_1	I_{max} , м ³ /(м ² ·ч)
0,05	1,34	5
0,1	1,47	10
0,2	1,68	20
0,3	1,89	30
0,4	1,94	40
0,5	2	50
0,75	2,13	75
1	2,3	100

Значения k_2 и I_{\min} (табл.3.4 [3])

h_a	k_2	$I_{\min}, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$
0,5	0,4	48
0,6	0,46	42
0,7	0,6	38
0,8	0,8	32
0,9	0,9	28
1	1	24
3	2,08	4
4	2,52	3,5
5	2,92	3
6	3,3	2,5

Растворимость кислорода в чистой воде при давлении 0,1 Мпа (табл.3.5 [3])

Температура, °С	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
C_T , мг/л	12,79	11,27	10,75	10,26	9,82	9,4	9,02	8,67	8,33	8,02	7,72

Основные параметры типовых аэротенков-смесителей (табл.3.6 [3])

Ширина коридора, м	Рабочая глубина аэротенка, м	Число коридоров	Рабочий объем секции, м ³	Длина секции, м	Номер типового проекта
3	1,2	2	170	24	902-2-94
			260	36	902-2-95/96
4	4,5	2	864	24	902-2-215/216
			1296	36	902-2-217/218
6	5	3	3780	42	902-2-268
			5400	60	902-2-269
			7560	83	902-2-211
9	5,2	4	21680	120	902-2-120/72
			28080	150	902-2-264

Основные параметры типовых азротенков-вытеснителей ((табл.3.7 [3])

Ширина коридора, м	Рабочая глубина азротенка, м	Число коридоров	Рабочий объём одной секции, м ³ , при длине, м							Номер типового проекта
			36-42	48-54	60-66	72-78	84-90	96-102	108-114	
4,5	3,2	2	1040-1213	1386-1559	1732					902-2-195
		3	1560-1820	2080-2340	2600					902-2-192
		4	2070-2416	2762-3108	3494-3800					902-2-178
	4,4	2	1420-1658	1896-2134	2372					902-2-195
		3	2140-2496	2852-3208	3564					902-2-193
		4	2860-3325	3800-4275	4750-5225					902-2-178
6	4,4	2		2530-2847	3154-3471	3788				902-2-196
		3		3800-4275	4750-5225	5700				902-2-192
		4		5700	5334-6968	7602-8230	6870			902-2-179
	5	2		2880-3240	3600-3960	4320	-			902-2-196
		3		4320-4860	5400-5940	6480	-			902-2-193
		4		6500	7220-7940	8666-9380	10100			902-2-179
9	4,4	2				6180	6655-7130	7505-7980	8455	902-2-197
		3				9270	9983-10696	11409-12122	12835	902-2-194
		4				-	13300-14250	15200-16150	17100-18050	902-2-180
	5	2				7020	7560-8100	8640-9180	9720	902-2-197
		3				10530	11340-12150	12960-13770	14580	902-2-194
		4				-	15120-16200	17280-18360	19440-20520	902-2-180

Приложение 11. Типоразмеры лотков Паршала

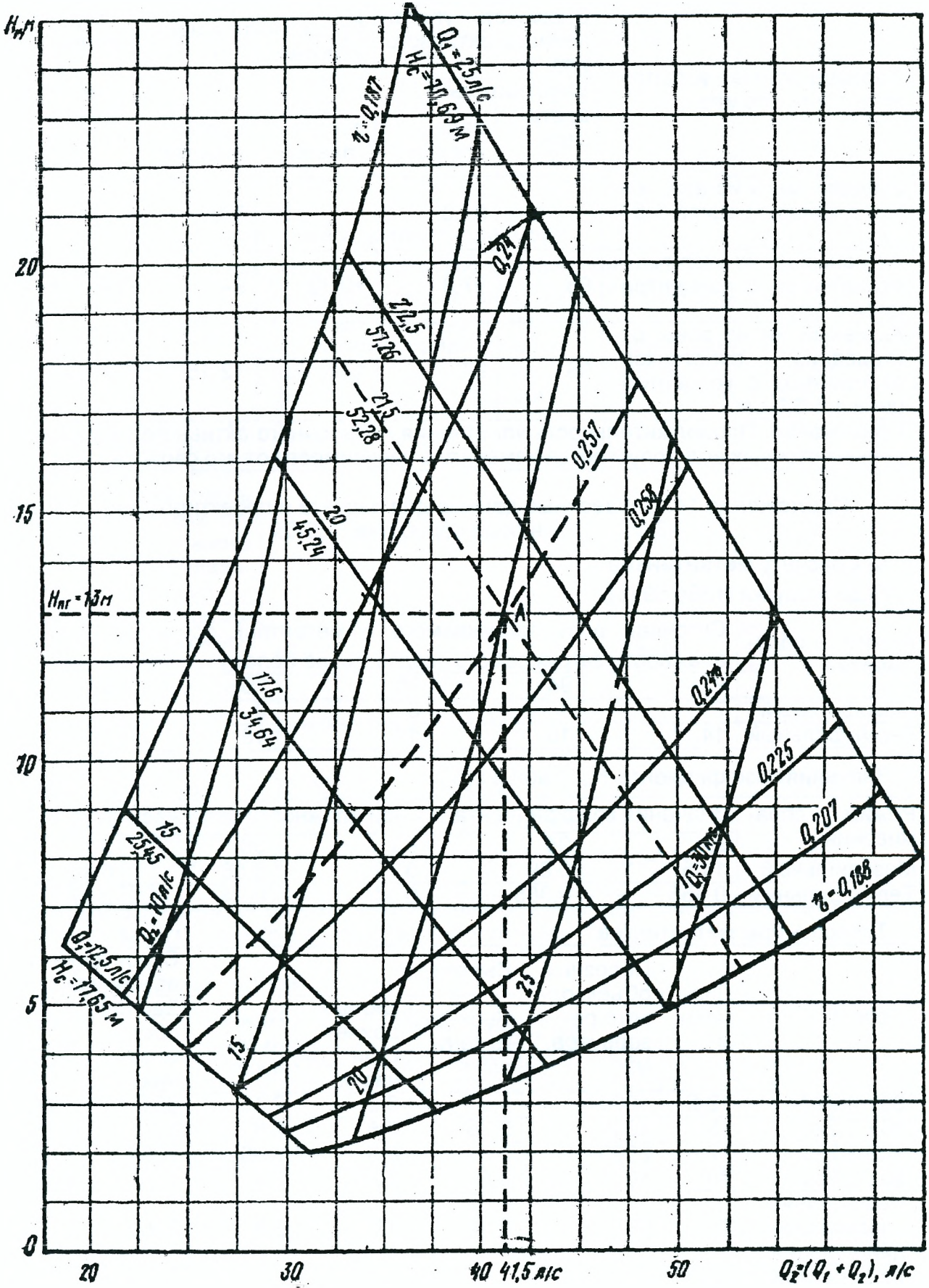
Пропускная способность	B	B'	b	A	C	D	E	F	y	n	L
	мм			м							
1400-4200	300	300	230								
				1,35	0,55	0,78	1,325	0,90	0,149	0,280	5,85
4200-7000	450	450	230								
7000-32000	600	600	500	1,475	0,80	1,08	1,450	0,90	0,149	0,455	6,10
32000-80000	900	900	1000	1,73	1,30	1,68	1,70	0,90	0,149	0,70	6,50
80000-160000	1200	1200	1000								
160000-280000	1500	1500	1500	1,995	1,80	2,28	1,95	0,90	0,149	0,70	7,10

Расчётные данные лотков Паршала

Расчётный расход, л/с		Наполнение в точке замера, м		Ширина горловины b, мм	n	Подводящий лоток				Отводящий лоток				
Q _{макс}	Q _{мин}	H _{макс} ^A	H _{мин} ^A			B, мм	H, м	v, м/с	i	B', мм	H', м	v', м/с	i'	l
83,5	4,7	0,29	0,05	230	1,522	300	0,32	0,85	0,003	300	0,26	1,07	0,005	1,7
431,0	14,8	0,40	0,15	230	1,522	450	0,42	1,04	0,004	450	0,38	1,15	0,005	4,0
486,0	30,0	0,65	0,095	500	1,540	600	0,66	1,25	0,0025	600	0,60	1,34	0,003	7,4
1090,0	165,0	0,61	0,18	1000	1,572	900	0,63	1,88	0,004	900	0,59	2,08	0,003	7,4
2130,0	500,0	1,0	0,38	1000	1,572	1200	1,00	1,16	0,002	1200	0,80	2,14	0,005	8,9
3720,0	1160,0	1,0	0,47	1500	1,585	1500	1,15	2,25	0,003	1500	0,85	2,70	0,005	10,2

Приложение 12.

Характеристика стационарного гидроэлеватора при $d_c=30$ мм и $d_r=55$ мм



Приложение 13. Нормативные данные для расчёта гравитационных илоуплотнителей (табл.58 [6])

Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила, %		Продолжительность уплотнения, ч		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотнителя, мм/с
	Уплотнитель				
	вертикальный	радиальный	вертикальный	радиальный	
Иловая смесь из азротенков с концентрацией 1,5-3 г/л	-	97,3	-	5-8	-
Активный ил из вторичных отстойников с концентрацией 4 г/л	98	97,3	10-12	9-11	Не более 0,1
Активный ил из зоны отстаивания азротенков-отстойников с концентрацией 4,5-6,5 г/л	98	97	16	12-15	То же

Примечание. Продолжительность уплотнения избыточного активного ила производственных сточных вод допускается изменять в зависимости от его свойств.

Приложение 14. Справочные данные для расчёта и проектирования сооружений по обработке

а) к расчёту метантенков:

Доза загрузки (табл.59 [6])

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемого в метантенк осадка D_{mt} , %, при влажности загружаемого осадка, %, не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Значения коэффициента K_r (табл.61 [6])

Режим сбраживания	Значения коэффициента K_r при влажности загружаемого осадка				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Типоразмеры метантенков

Проект	Диаметр, м	Полезный объём одного резервуара, м ³	Высота, м			Строительный объём, м ³	
			Верхнего конуса	Цилиндрической части	Нижнего конуса	Здания обслуживания	Киоска газовой сети
902-2-227	12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
902-2-228	15	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
902-2-229	17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
902-2-230	20	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174
Ново-Курьяновской станции аэрации	18	6000	3,15	18	3,5	2700	170
Люберецкой станции аэрации	22,4	8000	4,45	16,3	3,7	2000	170

Параметры мокрых газгольдеров (табл.5.28 [9])

Вместимость газгольдера, м3	Внутренний диаметр, мм		Высота, мм			Подъём купола
	резервуара	колокола	газгольдера	резервуара	колокола	
100	7400	66000	6210	3450	3240	443
300	9300	8500	11150	5920	5710	745
600	11480	10680	14030	7930	7140	708
1000	14500	13700	14030	7390	7140	1178
3000	21050	20250	18850	9800	9550	1337
6000	26900	26100	22600	11750	11450	2248

б) к расчёту вакуум-фильтров и фильтр-прессов:

Производительность вакуум-фильтров и фильтр-прессов (табл.62 [6])

Характеристика обрабатываемого осадка	Производительность, кг сухого вещества осадка на 1 м ² поверхности фильтра в 1ч		Влажность кека, %	
	вакуум-фильтров	фильтр-прессов	при вакуумировании	при фильтр-прессовании
Сброженный осадок из первичных отстойников	25-35	12-17	75-77	60-65
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила, аэробно стабилизированный активный ил	20-25	10-16	78-80	62-68
Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	17-22	7-13	78-80	62-70
Сырой осадок из первичных отстойников	30-40	12-16	72-75	55-60
Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотнённого активного ила	20-30	5-12	75-80	62-75
Уплотнённый активный ил станций аэрации населенных пунктов	8-12	2-7	85-87	80-83

Примечание. Для вакуум-фильтрования сырых осадков надлежит предусматривать барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном.

К подбору вакуум-фильтров

Технические характеристики вакуум-фильтров

Показатели	Марка фильтра							
	БОУ-5-1,75	БОУ-10-26	БОУ-20-2,6	БОУ-40-3,4	БОУ-40-3,7 БОУ-40-3,8	БсхОУ-5-1,75	БсхОУ-10-2,6	БсхОУ-40-3,4
Площадь поверхности фильтрования, м ²	5	10	20	40	40	5	10	40
Диаметр барабана, мм	1762	2612	2612	3000	3000	1750	2600	3400
Длина барабана, мм	960	1350	2702	4400	4400	1000	1330	3800

продолжение

Частота вращения барабана, мин ⁻¹	0,13-2	0,13-2	0,13-2	0,436-1,178	0,15-1,5	0,108-2,05	0,13-1,5	0,1-1,45
Мощность электропривода, кВт:								
барабана	1,1	2,2	3	3,3-4,1	4	1,1	1,7	8
мешалки				4	2			5,5

в) к расчёту **центрифуг**:

Эффективность задержания сухого вещества и влажность кека (табл.63 [6])

Характеристика обрабатываемого осадка	Эффективность задержания сухого вещества, %	Влажность кека, %
Сырой или сброженный осадок из первичных отстойников	45-65	65-75
Анаэробно сброженная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	25-40	65-75
Аэробно стабилизированная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	25-35	70-80
Сырой активный ил при зольности, %:		
28-35	10-15	75-85
38-42	15-25	70-80
44-47	25-35	60-75

Примечание. Центрифугирование активного ила целесообразно применять для удаления его избыточного количества.

Г) к расчёту **иловых площадок**:

Нагрузка на иловые площадки (табл.64 [6])

Характеристика осадка	Иловые площадки. Нагрузка м ³ /м ² ·год				
	На естественном основании	На естественном основании с дренажем	На искусственном асфальтобетонном основании с дренажем	Каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании с дренажем	Площадки-уплотнители
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
То же, в термофильных условиях	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Сброженный осадок из первичных отстойников и осадок из двухъярусных отстойников	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

Приложение 15. Данные [6] к расчёту биофильтров

Значения Q_{af} для расчёта высоконагружаемых биофильтров (табл.38 [6])

Q_a , $\frac{m^3}{m^3}$	H_{af} , м	Коэффициент k_{af} при T_w , °С, H_{af} , м, и Q_{af} , $\frac{m^3}{(m^2 \cdot \text{сут})}$											
		$T_w=8$			$T_w=10$			$T_w=12$			$T_w=14$		
		$Q_{af}=10$	$Q_{af}=20$	$Q_{af}=30$	$Q_{af}=10$	$Q_{af}=20$	$Q_{af}=30$	$Q_{af}=10$	$Q_{af}=20$	$Q_{af}=30$	$Q_{af}=10$	$Q_{af}=20$	$Q_{af}=30$
8	2	3,02	2,32	2,04	3,38	2,5	2,18	3,76	2,74	2,36	4,3	3,02	2,56
	3	5,25	3,53	2,89	6,2	3,96	3,22	7,32	4,64	3,62	8,95	5,25	4,09
	4	9,05	5,37	4,14	10,4	6,25	4,73	11,2	7,54	5,56	12,1	9,05	6,54
10	2	3,69	2,89	2,58	4,08	3,11	2,76	4,5	3,36	2,93	5,09	3,67	3,16
	3	6,1	4,24	3,56	7,08	4,74	3,94	8,23	5,31	4,36	9,9	6,04	4,84
	4	10,1	6,23	4,9	12,3	7,18	5,68	15,1	8,45	6,88	16,4	10	7,42
12	2	4,32	3,88	3,01	4,76	3,72	3,28	5,31	3,98	3,44	5,97	4,31	3,7
	3	7,25	5,01	4,18	8,35	5,55	4,78	9,9	6,35	5,14	11,7	7,2	5,72
	4	12	7,35	5,83	14,8	8,5	6,2	18,4	10,4	7,69	23,1	12	8,83

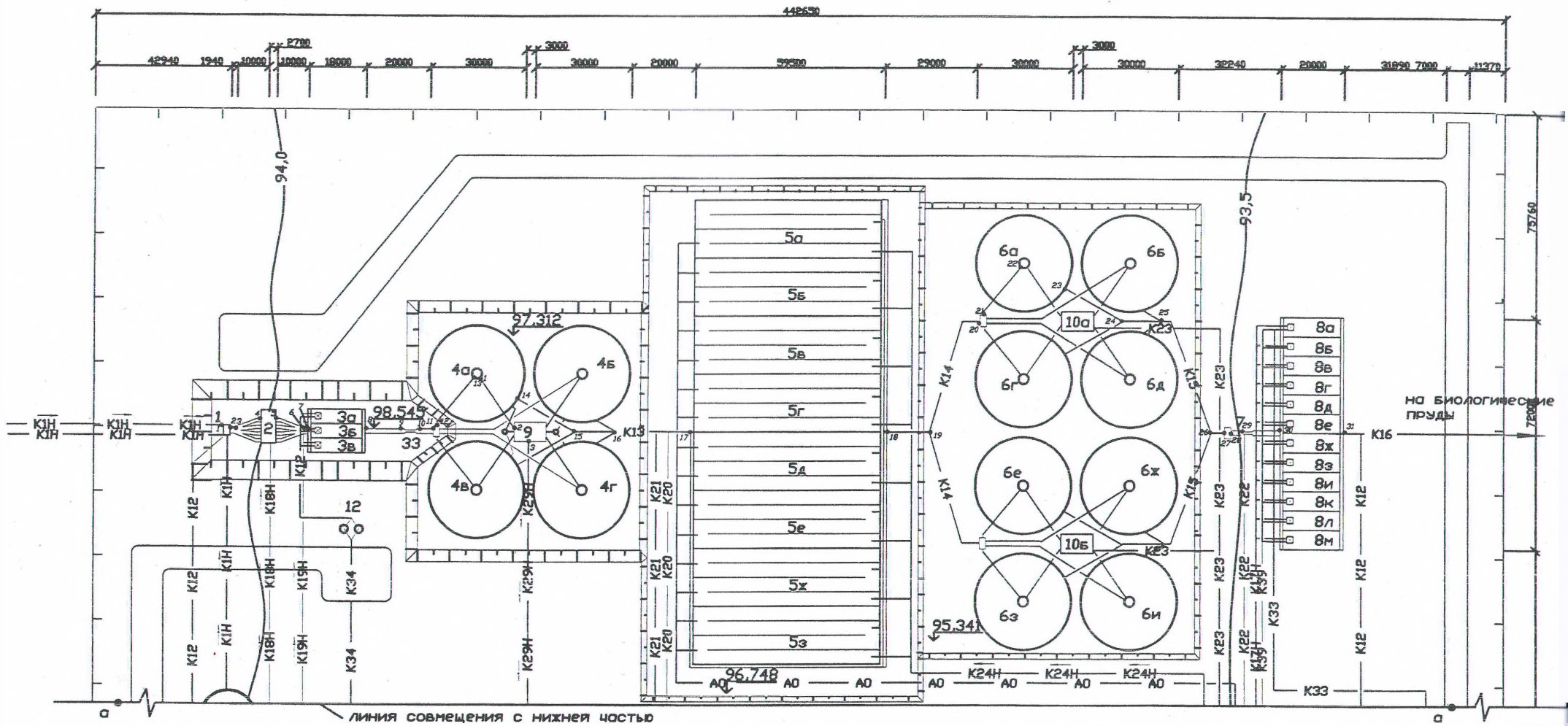
Примечание. Для промежуточных значений Q_a , H_{af} и T_w допускается величину k_{af} определять интерполяцией.

Значения Q_{pf} для биофильтров с пластмассовой загрузкой (табл.39)

Эффект очистки Θ , %	Гидравлическая нагрузка и Q_{pf} , $\frac{m^3}{(m^3 \cdot \text{сут})}$, при высоте загрузки H_{pf} , м							
	$H_{pf}=3$				$H_{pf}=4$			
	Температура сточных вод T_w , °С,							
	8	10	12	14	8	10	12	14
90	6,3	6,8	7,5	8,2	8,3	9,1	10	10,9
85	8,4	9,2	10	11	11,2	12,3	13,5	14,7
80	10,2	11,2	12,3	13,3	13,7	15	16,4	17,9

Приложение 16

План городской очистной станции производительностью 129300 м³/сут
(верхняя часть)



Примечание: условные обозначения коммуникация очистной станции и экспликация зданий и сооружений приведены в приложениях 16а и 16б

Приложение 16а

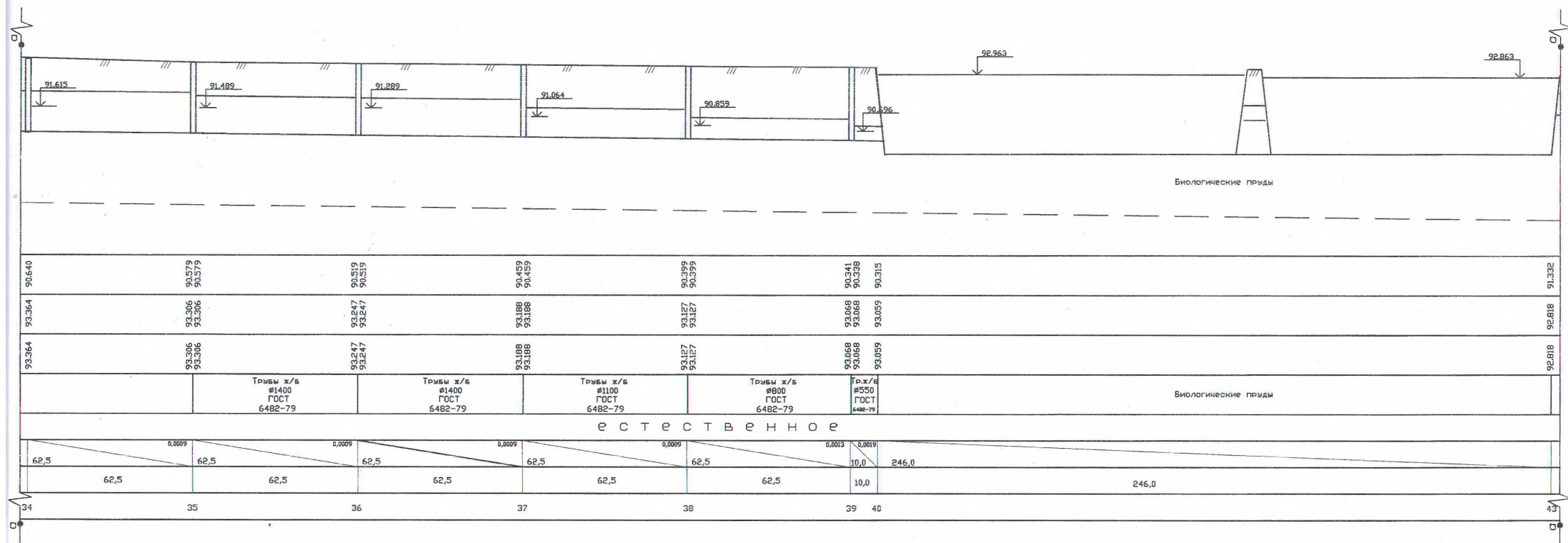
Условные обозначения к генплану г.о.с. (приложение 16)

— ГМ —	Трубопровод отвода газа от метантенков
— ГМ1 —	Трубопровод подачи газа на котельную
— А0 —	Трубопровод подачи воздуха
— К1 —	Трубопровод хоз-бытовой канализации (самотечн)
— К1Н —	То же, (напорный)
— К12 —	Трубопровод аварийного сброса ст. жид.
— К13 —	Трубопровод подачи ст. жид. на аэротенки
— К14 —	Трубопровод подачи ст. жид. на вторичные отстойники
— К15 —	Трубопровод подачи ст. жид. на контактный резервуар
— К16 —	Трубопровод подачи ст. жид. на биологические пруды
— К17Н —	Трубопровод подачи техн. воды на контактный резервуар (напорный)
— К18Н —	Трубопровод подачи техн. воды на дробилку (напорный)
— К19Н —	Трубопровод подачи техн. воды на песколовку (напорный)
— К20 —	Трубопровод забора техн. воды после первичных отстойников
— К21 —	Трубопровод подачи пескопульпы в песковые бункера
— К22 —	Трубопровод подачи хлорной воды
— К23 —	Трубопровод активного ила (самотечн)
— К23Н —	То же, (напорный)
— К24Н —	Трубопровод подачи цирк. активного ила (напорный)
— К25 —	Трубопровод подачи уплотненного активного ила
— К26 —	Трубопровод сброженного осадка из метантенков
— К27Н —	Трубопровод подачи осадка на промывку (напорный)
— К28Н —	Трубопровод подачи техн. воды на вакуум-фильтра (напорный)
— К29Н —	Трубопровод подачи осадка из перв. отстойников (напорный)
— К30Н —	Трубопровод подачи осадка на метантенки (напорный)
— К31Н —	Трубопровод подачи осадка на аварийные иловые площадки
— К32 —	Трубопровод опорожнения илоуплотнителя
— К33 —	Трубопровод опорожнения контактных резервуаров
— К34 —	Трубопровод отвода ст. воды от песковых бункеров
— К35 —	Трубопровод подачи уплотн. ила на вакуум-фильтра
— К36 —	Трубопровод подачи промытого осадка на илоуплотнители
— К37 —	Трубопровод иловой воды
— К38 —	Трубопровод опорожнения илоуплотнителя
— К39 —	Трубопровод отвода осадка из контактных резервуаров

Приложение 16Б

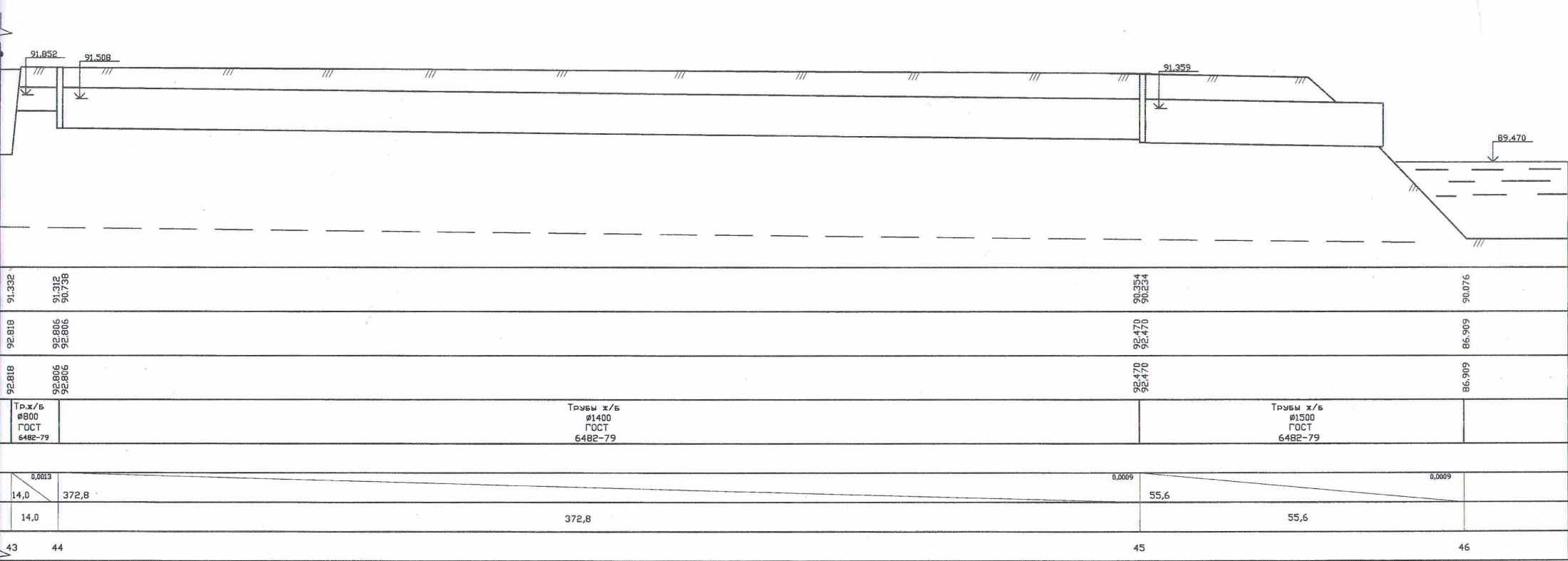
Экспликация здания и сооружения к генплану г.о.с. (приложение 16)

- 1 Приемная камера
- 2 Здание решеток-дробилок
- 3 Горизонтальные песколовки
- 4 Первичные радиальные отстойники
- 5 Аэротенк
- 6 Вторичные радиальные отстойники
- 7 Смеситель "лоток Паршала"
- 8 Контактные резервуары
- 9 Насосная станция первичных отстойников
- 10 Камера сбора ила вторичных отстойников
- 11 Насосная станция технической воды
- 12 Песковые бункера
- 13 Хлораторная
- 14 Канализационная насосная станция
- 15 Насосно-воздуходувная станция
- 16 Илоуплотнители
- 17 Насосная станция перекачки осадка
- 18 Метантенки
- 19 Газгольдеры
- 20 камера переключения
- 21 Резервуар иловой воды
- 22 Резервуар промывки осадка
- 23 Камера переключения
- 24 Цех механического обезвоживания
с насосной станцией
- 25 Здание термической сушки осадка
- 26 Лаборатория, бытовые помещения
- 27 Котельная
- 28 Гараж
- 29 Административный корпус
- 30 Уплотнители сброженного и промытого осадка
- 31 Резервуар промывки осадка
- 32 Камера переключения
- 33 Измерительный лоток



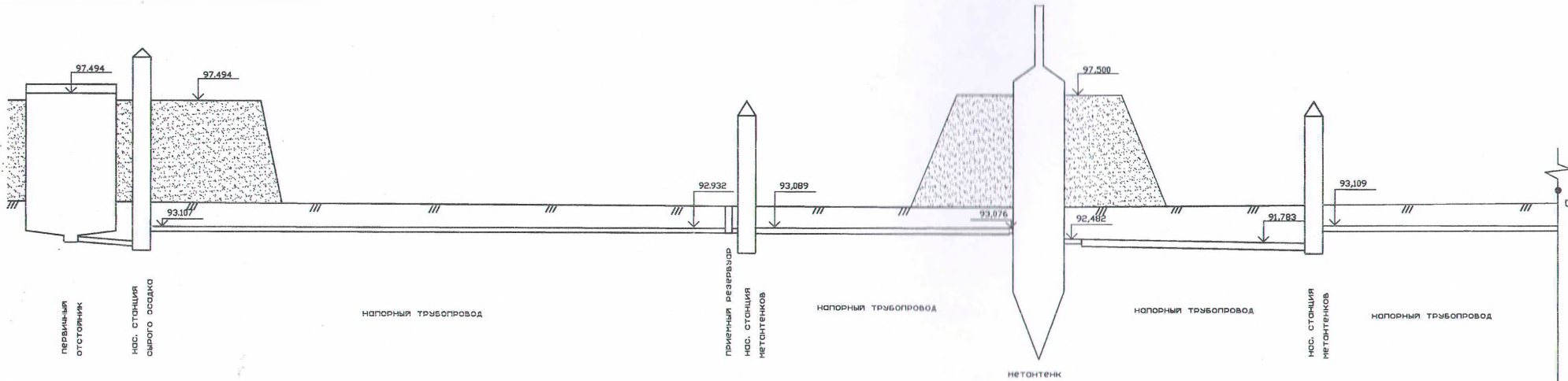
Приложение 17 /продолжение/

Профиль по ходу движения воды станции производительностью 129300 м³/сут



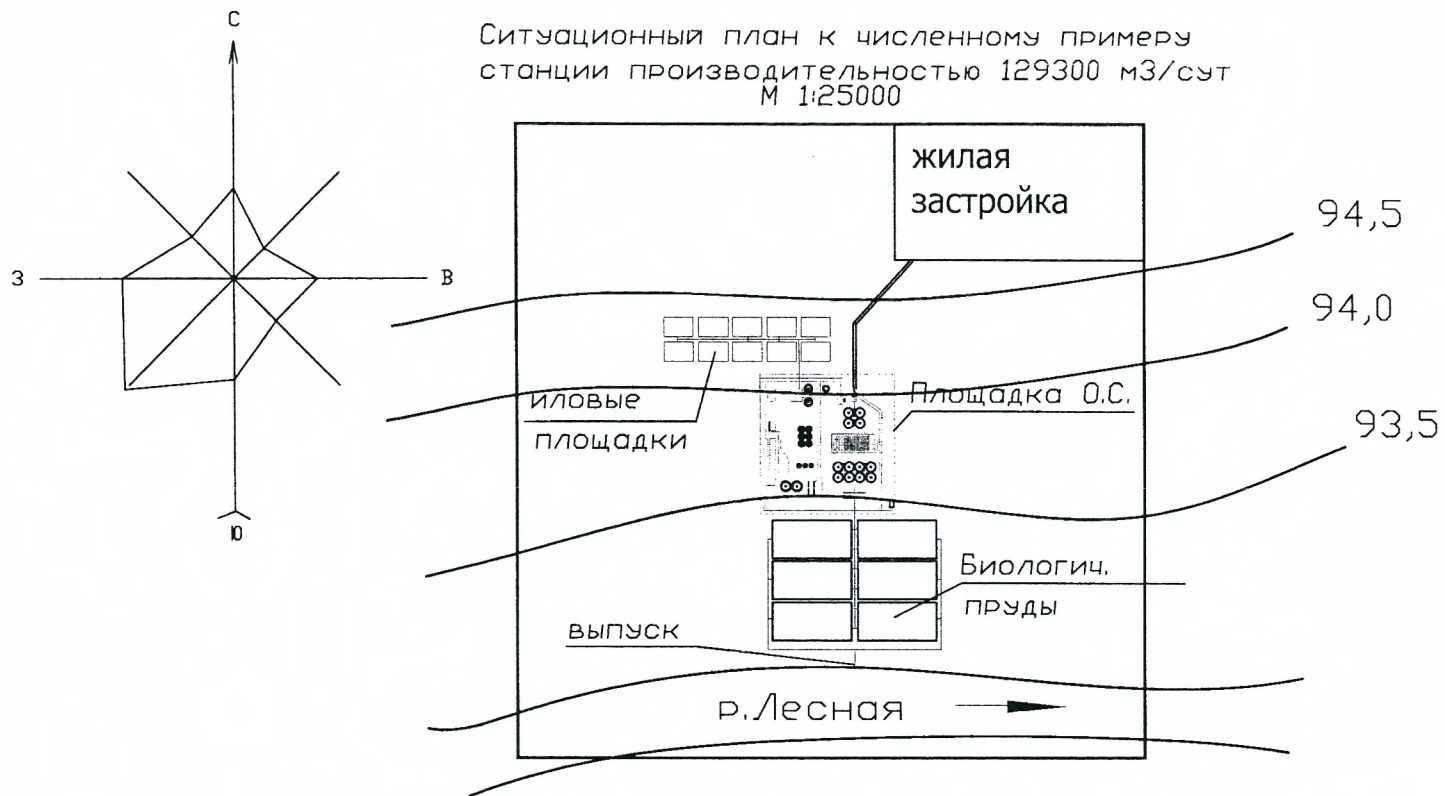
Приложение 18

Профиль по ходу движения осадка станции производительностью 129300 м³/сут



М 1:100
Н 1:1000

Отметка лотка трубы, м	92,486	92,145	92,957		92,782	92,889	92,874	92,876	92,956	92,332	92,246	92,196	91,563	92,909	
Проектная отметка земли, м	97,312	97,312	97,312	97,312	93,809	93,809	97,500	97,500	97,500	97,500	97,500	97,500	93,809	93,809	
Натурная отметка земли, м	93,931	93,931	93,896	93,984	93,809	93,809	93,794	93,794	93,794	93,794	93,794	93,794	93,809	93,809	
Обозначение трубы и тип изоляции	Трубы стальные ϕ 150 мм, ГОСТ 10704-76		НС	Трубы стальные ϕ 150 мм, ГОСТ 10704-76		НС	Трубы стальные ϕ 200 мм, ГОСТ 10704-76		Метантенк ϕ 150мм	Трубы стальные ϕ 200 мм, ГОСТ 10704-76		НС	Трубы стальные ϕ 200 мм, ГОСТ 10704-76		
Основание	естественное							естественное							
Уклон	0,018	249,6			14,4%		9,2%	17,5	0,014	0,014	12,0	180			
Длина, м	18,93	6,0			12	56,5		17,5	43		43		12,0	180	
Расстояние, м	18,93	6,0			249,6			17,5	5,36		43		12,0	180	
Номера колодцев, очки угла поворота	1	2 3			4	5		6 7	8 9		10		11		



Приложение 20а

Экспликация здания и сооружения к генплану г.о.с. (приложение 20)

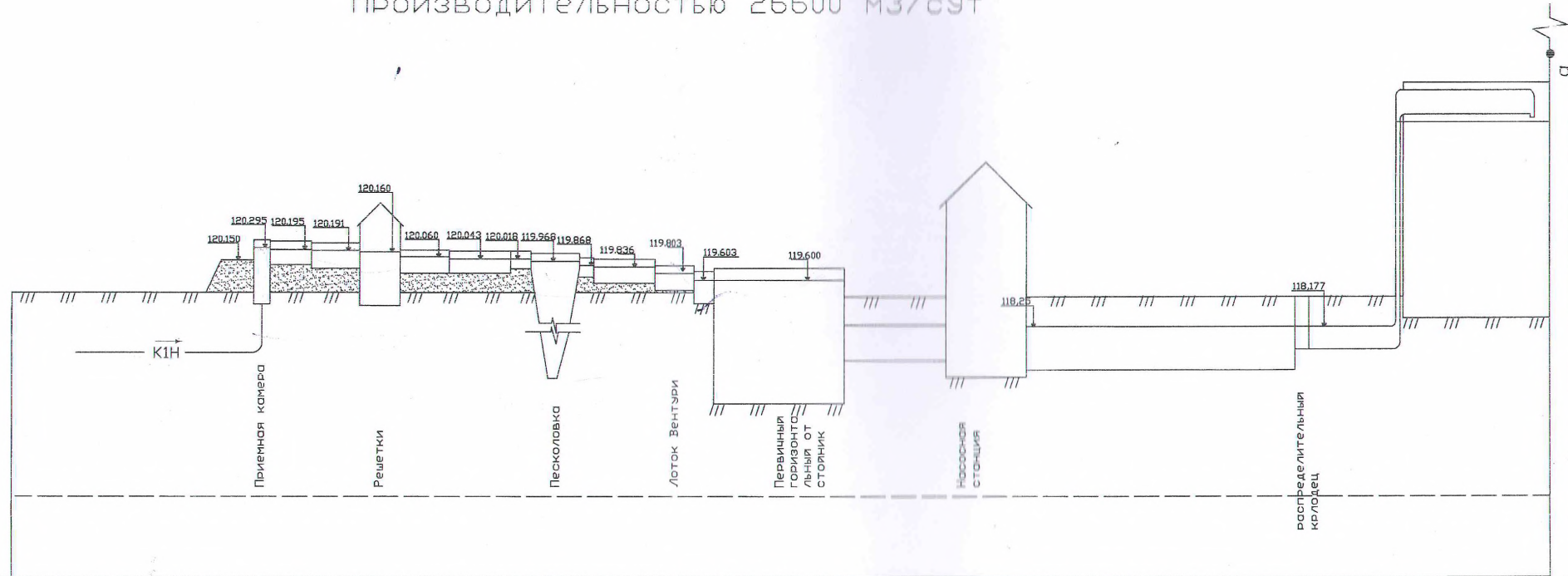
1-приемная камера	13-насосная станция
2-здание решеток	первичных отстойников
3-песколовка с круговым движением воды	и песколовок
4-песковые площадки	14-КНС собственных нужд
5-лоток Вентури	15-АБК
6-первичный горизонтальный отстойник	16-цех механического обезвоживания и сушки осадка
7-насосная станция биофильтров	17-мастерские
8-биофильтр	18-гаражи
9-вентилятор	19-илоциркуляционная насосная станция
10-вторичный горизонтальный отстойник	20-хлораторная
11-дырчатый смеситель	21-воздуходувная насосная станция
12-контактный резервуар	

Условные обозначения к генплану г.о.с. (приложение 20)

K1-хоз-быт канализационная сеть	K17-трубопровод технической воды
K1A-трубопровод хоз-быт канализации напорный	K18A-трубопровод технической воды к гидроэлеваторам песколовок напорный
K12-трубопровод механически очищенной сточной жидкости	K19A-трубопровод технической воды к дробилкам напорный
K13-трубопровод биологически очищенной сточной жидкости	K20A-трубопровод технической воды к контактным резервуарам напорный
K14-трубопровод подачи хлора	K21-трубопровод осадка из контактного резервуара
K15-трубопровод сырого осадка на насосную станцию	K22-отвод биопленки из вторичного отстойника
K15A-трубопровод сырого осадка напорный	
K16-трубопровод жировых веществ из первичного отстойника	
	K22A-трубопровод биопленки, подаваемой на обработку напорный
	K23-трубопровод опорожнения
	K24A-трубопровод пескопульпы напорный
	K25A-трубопровод на аварийные иловые площадки напорный
	K26-трубопровод рециркуляции воды
	K27-трубопровод аварийного сброса
	K28A-трубопровод подачи воды на биофильтры напорный
	K29-отвод воды с песковых площадок
	A0-воздуховод

Приложение 21

Профиль по ходу движения воды станции
производительностью 26600 м³/сут



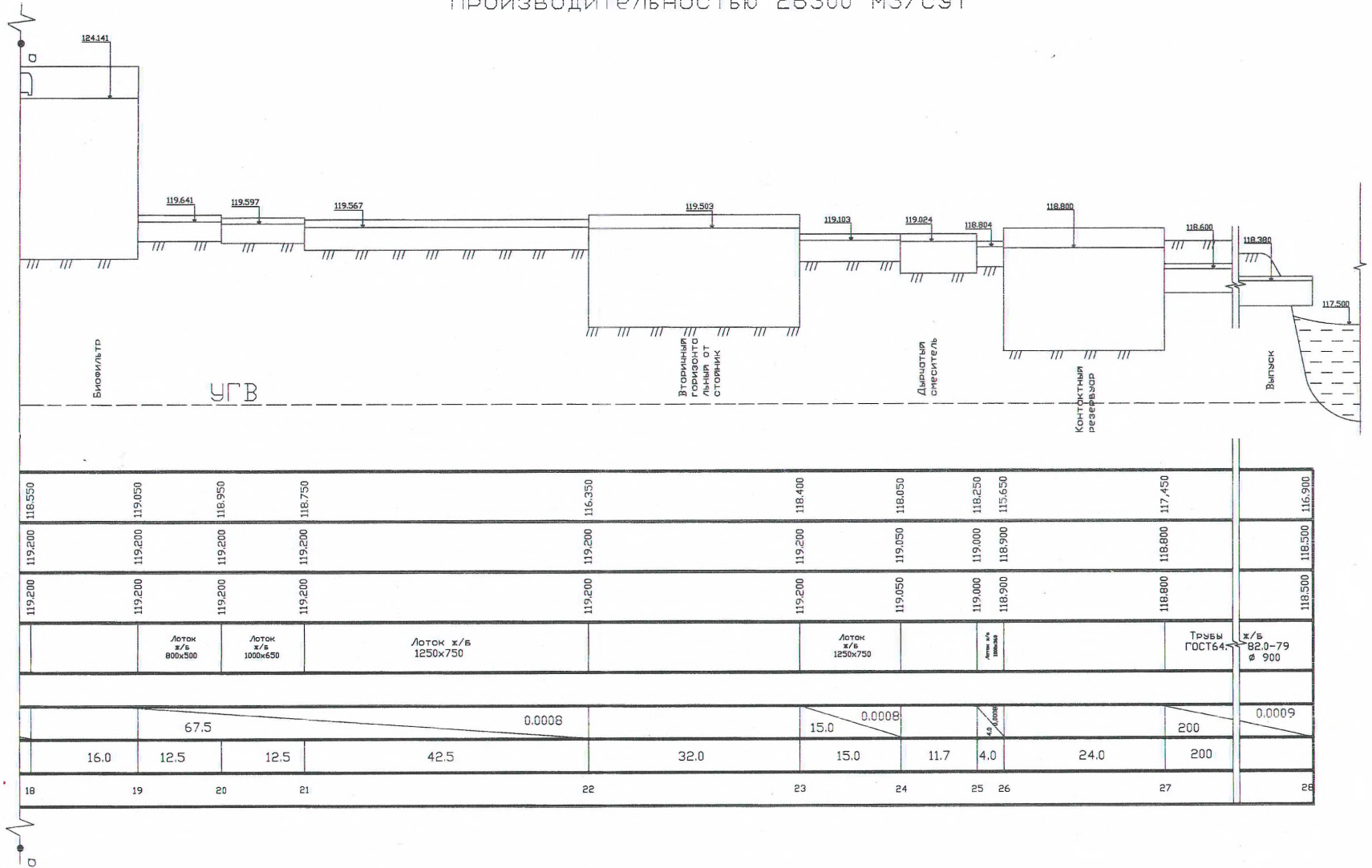
Мверт 1:100
Мгор 1:500

УГ 112.000

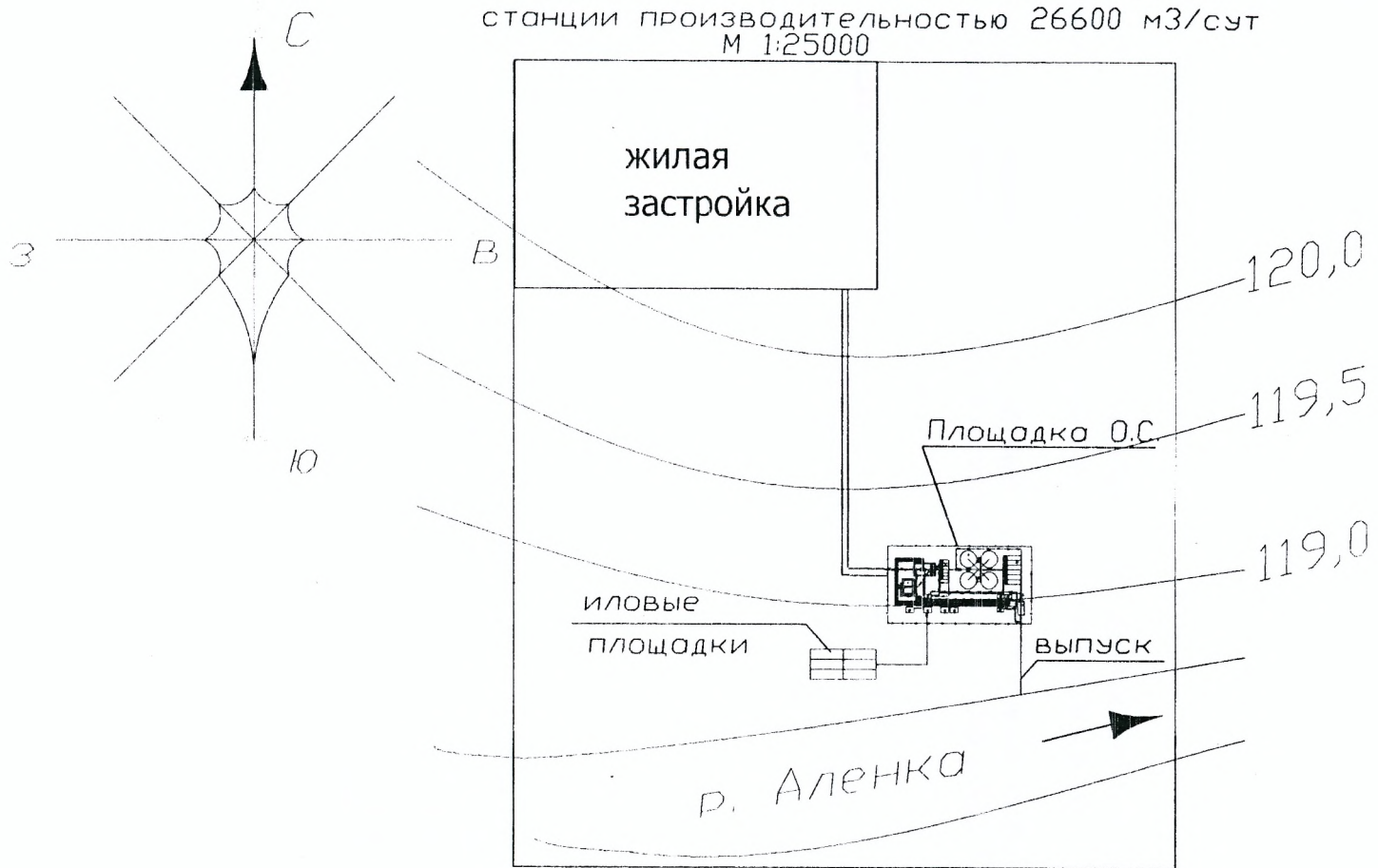
Отметки лотка трубы, м		118.750	118.750	120.050	118.750	119.850	119.850	119.950	114.950	119.750	119.650	119.550	118.050	116.350	117.450	117.428	117.250	117.177	117.577	118.550	
Проектная отметка земли, м		120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	120.150	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200
Натуральная отметка земли, м		119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200	119.200
Обозначение трубы и тип изоляции		Лоток х/б 1250х500	Лоток х/б 800х450	Лоток х/б 800х450	Лоток х/б 1250х500	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Лоток х/б 1000х360	Трубы х/б ГОСТ64.82.0-79 Ø 800	Трубы х/б ГОСТ64.82.0-79 Ø 1000	Трубы х/б ГОСТ64.82.0-79 Ø 600						
Основание		естественное																			
Уклон		0.0008																			
Длина, м		11.0	5.0	6.0	5.0	6.0	7.5	2.0	6.0	1.5	7.5	5.0	2.5	16.0	12.5	10.0	33.0	27.5	27.5		
Расстояние, м		1.6	5.0	6.0	5.0	6.0	7.5	2.0	6.0	1.5	7.5	5.0	2.5	16.0	12.5	10.0	33.0	27.5	27.5		
Номера колодцев, точки узла поворота		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		

Приложение 21 /продолжение/

Профиль по ходу движения воды станции
производительностью 26300 м³/сут



Ситуационный план к численному примеру
станции производительностью 26600 м³/сут
М 1:25000



Приложение 23. Наименьшие скорости движения неосветленных сточных вод при расчётном наполнении в самотечных трубах (табл. 16 [6])

Диаметр, мм	Скорость V_{\min} , м/с, при наполнении H/D			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150-250	0,7	-	-	-
300-400	-	0,8	-	-
450-500	-	-	0,9	-
600-800	-	-	1	-
900	-	-	1,15	-
1000-1200	-	-	-	1,15
1500	-	-	-	1,3
Св. 1500	-	-	-	1,5

Минимальную расчётную скорость движения осветленных или биологически очищенных сточных вод в лотках и трубах допускается принимать 0,4 м/с.

Приложение 24. Наименьшие расчётные скорости движения сырых и сброженных осадков, уплотнённого ила в напорных илопроводах (табл. 17 [6])

Влажность осадка, %	V_{\min} , м/м, при	
	$D=150-200$ мм	$D=250-400$ мм
98	0,8	0,9
97	0,9	1,0
96	1,0	1,1
95	1,1	1,2
94	1,2	1,3
93	1,3	1,4
92	1,4	1,5
91	1,7	1,8
90	1,9	2,1

Литература.

1. Алексеев В.И., Винокурова Т.Е. и др. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий. – М.: Изд-во АСЕ, 2003. – 173.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. / Под ред. В.Н. Самохина. Изд. 2-е. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных очистных сооружений. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1987. – 256 с.
4. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Справочное пособие. – 5-е изд. – М.: Стройиздат, 1987. – 152.
5. Правила охраны поверхностных вод. Госкомитет РБ по экологии. – Мн. 1992 г. – 10 с.
6. СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986.–72 с.
7. Яковлев С.В. и др. Канализация М.: Стройиздат, 1975. -632 с.
8. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов, 2002. – 703 с.
9. Лапицкая М.П. Очистка сточных вод (примеры расчётов). Мн.: Высшэйшая школа, 1983. -255 с.
10. Шевелев Ф.А, Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1984.- 112с.
11. Москвитин А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1979.

Учебное издание

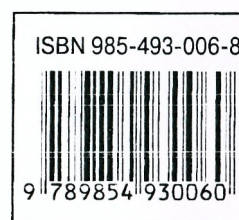
**Пойта Людмила Лаврентьевна
Новосельцев Владимир Геннадьевич
Ковальчук Вячеслав Леонтьевич
Головач Татьяна Ивановна**

ГОРОДСКАЯ ОЧИСТНАЯ СТАНЦИЯ

пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине
“Технология очистки городских сточных вод”

для студентов специальности

70 04 00 – “ Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов”
(дневной и заочной форм обучения)



Ответственный за выпуск **Новосельцев В.Г.**

Редактор **Строкач Т.В.**

Компьютерная вёрстка **Боровикова Е.А.**

Корректор **Никитчик Е.В.**

Лицензия № 02330/0133017 от 30.04.2004 г.

Подписано в печать 29.12.2004 г. Формат 60x84 ¹/₈. Бумага «Снегурочка».

Усл. печ. л. 14,8. Уч. изд. л. 15,9. Зак. № 1234. Тираж 150 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».

Лицензия № 02330/0148711 от 30.04. 2004 г.

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.