МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра канализации

Г. В. ИВАНОВ, Б. Г. МИШУКОВ

ПРИМЕР РАСЧЕТА ОЧИСТНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Учебное пособие по составлению курсового проекта № 2
«ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ»
для студентов специальностей 1209-водоснабжение и канализация и 1217-рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных стоков

ЛЕНИНГРАД
1982

УДК 628.3

Иванов Г. В., Мишуков Б. Г.

Пример расчета очистной канализационной станции города. Механическая очистка: Учеб. пособие. Л.: ЛИСИ, 1982. с. 88, ил. 12, табл. 12, библ. 28.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей «Водоснабжение и канализация» и «Рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных сточных вод». В пособии — в соответствии с программой и учебным планом — помещены задания на составление курсового проекта очистной станции для городских сточных вод, методические указания по проектированию и пример расчета очистной станции.

Ответственный редактор —
д. т. н., проф. С. М. ШИФРИН

© ЛИСИ, 1982 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Задание на выполнение курсового проекта 5

1.1. Задача проекта . . . . . —
1.2. Объем и состав проекта . . . . . —
1.3. Исходные данные для проектирования 7

Методические указания по составлению курсового проекта . . 15

2.1. Изучение исходных данных . . . . . —
2.2. Выбор места выпуска сточных вод и расположения очистной станции . . . . . —
2.3. Предварительные расчеты 17
2.3.1. Составление таблицы притока сточных вод . . . . —
2.3.2. Определение средних концентраций загрязнений . . —
2.3.3. Определение приведенного числа жителей . . . . . —
2.3.4. Расчет коэффициента смешения 18
2.4. Определение необходимой степени очистки сточных вод . . —
2.5. Выбор схемы очистной станции 19
2.6. Указания по расчету сооружений, входящих в состав очистной станции 29
2.7. Компоновка генерального плана очистной станции и составление профилей по движению воды и осадков 31
2.8. Конструирование одного из сооружений очистной станции . 39
2.9. Дополнительные рекомендации по методике расчета первичных отстойников . . . . . —
2.9.1. Расчет первичных отстойников . . . . . —
2.9.2. Расчет отстойников с предварительной аэрацией сточных вод 46

Пример расчета очистной канализационной станции 52

3.1. Исходные данные для проектирования . . . . . —
3.2. Определение средних концентраций загрязнений общего стока 55
3.3. Определение приведенного числа жителей 58
3.4. Выбор места выпуска сточных вод и расположения очистной станции . . . . . —
3.5. Определение необходимой степени очистки сточных вод . . 59
3.5.1. Определение коэффициента смешения . . . . . —
3.5.2. Определение степени очистки по общесанитарному показателю вредности — БПК 60

3.5.3. Определение степени очистки по общесанитарному показателю вредности — растворенному кислороду . . 60
3.5.4. Определение степени очистки по органолептическому показателю вредности — взвешенным веществам . 62
3.5.5. Анализ результатов расчета необходимой степени очистки сточных вод 63
3.6. Выбор метода очистки и схемы очистной станции . . . 64
3.7. Расчет сооружений, входящих в состав очистной станции . 65
3.7.1. Расчет решеток на очистной станции . . . . . —
3.7.2. Расчет песколовок и песковых площадок 72
3.7.3. Расчет первичных отстойников 76
3.7.4. Расчет устройства для измерения расхода сточной жидкости 79
Литература 82
Приложения 84

ВВЕДЕНИЕ

Сточные воды, отведенные с территории города бытовой канализационной сетью, спускаются в водоем ниже границы застройки по течению воды. Они содержат органические, бактериальные и токсические загрязнения и являются основной причиной загрязнения водоемов.

Водоем обладает некоторой самоочищающей способностью, однако эта способность ограничена, и его перегрузка загрязнениями приводит к снижению в нем качества воды и гибели флоры и фауны, обычных для чистых водоемов.

Чтобы избежать неблагоприятных явлений, вызываемых загрязнением водоемов, сточные воды перед выпуском должны подвергаться очистке соответствующей степени, определяемой расчетом и технико-экономическим анализом различных вариантов решений. На основании исходных данных о количестве и составе сточных вод, характеристик водоема, климата, местных условий, с учетом технико-экономического анализа различных вариантов выбирается схема очистной станции.

Курсовой проект № 2 «Очистные сооружения канализации» является завершающей частью проекта канализации города и выполняется студентом в течение одного семестра.

Третье издание пособия значительно переработано. Расширены и детализированы разделы «Задание на выполнение курсового проекта», «Методические указания по составлению курсового проекта», «Пример расчета очистной канализационной станции». В пособии учтена возможность применения доочистки сточных вод.

Настоящая книга является первой частью пособия, в которую включены задание, методические указания по проектированию, в том числе — по выбору схемы очистки сточных вод и расчетам сооружений механической очистки сточных вод города. Примеры расчетов различных вариантов биологической очистки и доочистки сточных вод, а также расчеты

сооружений по обработке осадков, примеры компоновки генерального плана и составления профилей по движению воды и осадка, конструирования отдельных сооружений будут помещены во второй части учебного пособия.

1. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Задача проекта

При выполнении курсового проекта надлежит, согласно заданию, определить необходимую степень очистки сточных вод, выбрать метод очистки, разработать схему очистной станции, произвести технологический и гидравлический расчеты всех очистных сооружений, входящих в схему очистной станции, разработать генеральный план станции, составить профили по движению воды и осадка, разработать конструкцию одного из сооружений.

Назначение курсового проекта — закрепить теоретические знания студентов в области очистки городских сточных вод, привить навыки самостоятельной работы над вопросами проектирования очистных сооружений.

1.2. Объем и состав проекта

Проект очистной станции разрабатывается на стадии технического проекта. При этом выполняется конструирование только одного из сооружений, указанных в задании.

В состав проекта входят расчетно-пояснительная записка и чертежи. В расчетно-пояснительной записке должны быть освещены все этапы проектирования.

1. Анализ исходных данных для проектирования: значимость и географическое местоположение канализуемого города, численность населения, нормы водоотведения, наличие промышленных предприятий, сведения о численности трудящихся, расходы промышленных сточных вод и их физико-химическая характеристика, природные условия района строительства (информация о топографии, геологии, гидрологии, климате), санитарная характеристика водоема, водопользование ниже места выпуска сточных вод, сведения

о пригородных территориях, пригодных к использованию под поля фильтрации или запахивания.

2. Определение средних концентраций загрязнений общего стока и вычисление приведенного числа жителей.

3. Выбор места выпуска сточных вод и расположения очистных сооружений.

4. Определение коэффициента смешения воды водоема со сточными водами.

5. Определение необходимой степени очистки по основным показателям загрязнений: взвешенным веществам, $БПК_п$*, снижению концентрации растворенного кислорода в воде водоема.

6. Выбор метода очистки сточных вод и схемы очистной станции.

7. Ориентировочное (предварительное) определение гидравлических потерь по очистным сооружениям и в коммуникациях очистной станции.

8. Описание и расчет сооружений очистной станции. К ним относятся: решетки, песколовки, измерительные лотки, первичные отстойники или сооружения, их заменяющие (биокоагуляторы, осветлители с естественной аэрацией), биофильтры или аэротенки (при наличии аэротенков рассчитываются воздуховоды и подбираются воздуходувки), вторичные отстойники, сооружения доочистки, смесители, хлораторная, склад хлора, контактные бассейны, выпуск; илоуплотнители (если они необходимы), метантенки или аэробные минерализаторы, иловые площадки или устройства для механического обезвоживания осадка. Иловые насосные станции, котельная, производственно-административные здания, трансформаторная подстанция не рассчитываются, но указываются в генплане очистной станции.

Если в проекте принят почвенный метод очистки, то рассчитываются площадь полей фильтрации, оросительная и дренажная сети, насосные станции перекачки и напорные трубопроводы.

Результаты расчетов должны быть соответствующим образом обоснованы ссылками на действующие нормативные указания. Все расчеты сооружений сопровождаются эскизами сооружений, выполненными карандашом в одну линию с указанием основных размеров.

---

* $БПК_п$ — биохимическое потребление кислорода, полное; в дальнейшем изложении индекс — за исключением принципиально важных случаев — опускается.

Расчетно-пояснительная записка должна быть краткой. В нее следует включать только расчеты с необходимыми мотивировками принятых решений. Не следует переписывать в расчетно-пояснительной записке нормативные данные и общие сведения по тому или иному вопросу из рекомендуемых литературных источников. Следует лишь в тексте записки делать ссылки на соответствующую литературу.

Графическая часть курсового проекта содержит:

1) генплан очистной станции, выполненный в масштабе 1 : 500 или 1 : 1000, с указанием всех основных и вспомогательных сооружений, коммуникаций между отдельными элементами очистной станции, местной канализации дорог, насыпей и выемок, элементов благоустройства;

2) гидравлические профили по движению сточных вод, осадков, дренажных и промывных вод, выполненные в масштабах 1 : 500—1 : 1000 (горизонтальный), 1 : 50—1 : 100 (вертикальный);

3) технологические чертежи одного из сооружений очистной станции в масштабе 1 : 50—1 : 100.

Объем графической части проекта 2—2,5 стандартных листа.

При определении процента выполнения проекта по ходу работы принимается следующая трудоемкость отдельных этапов (в %):

а) изучение исходных данных, подбор литературы и других вспомогательных материалов — 10%;

б) расчет необходимой степени очистки, выбор схем и очистной станции, ориентировочный расчет насосной станции — 10%;

в) технологический и гидравлический расчеты всех очистных сооружений и коммуникаций (2 варианта) — 35%;

г) разработка генплана очистной станции и составление гидравлических профилей по движению воды и осадков 15%;

д) разработка конструкции одного из сооружений очистной станции — 10%;

е) оформление расчетно-пояснительной записки и чертежей — 20%

1.3. Исходные данные для проектирования

План участка местности, на котором должна быть расположена очистная станция, выдается преподавателем-руково-

№ п/п	Исходные данные	Варианты заданий (последняя цифра			
		1-й	2-й	3-й	4-й
1	2	3	4	5	6
1	Географическое расположение канализуемого города	Белгородская обл.	Воронежская обл.	Горьковская обл.	Житомирская обл.
2	Число жителей в городе, тыс. чел.	100 110 120	120 130 140	145 160 170	160 165 170
3	Норма водоотведения, л/чел·сут	140 145 150	155 160 165	170 175 180	190 195 200
4	Температура бытовых сточных вод, °С:				
	среднегодовая	12	14	12	13
	летняя	21	21	20	23
	зимняя	9	10	9	10
5	Расход промышленных сточных вод от промрайонов, м³/сут	2000 2800	3500 4600	5200 5800	5300 6000
6	Количество смен работы предприятий и соотношение расходов между сменами (I : II : III)	2 2 : 1 3 1,5 : 1 : 0,6	2 2 : 1 3 2 : 1,5 : 0,7	2 2 : 1 3 1,8 : 1 : 0,8	3 1,5 : 1,0 : 0,5 2 1,5 : 1
7	Число трудящихся на промпредприятиях, чел., их распределение по сменам	10 000 2 : 1 11 000 1,5 : 1 : 0,6	12 000 2 : 1 14 000 2 : 1 : 0,7	14 000 2 : 1 17 000 1,8 : 1 : 0,8	15 000 1,5 : 1 : 0,5 17 000 1,5 : 1
8	Коэффициент неравномерности притока промышленных сточных вод по часам смен	1,8 1,5	1,7 1,4	1,6 1,7	1,6 1,8

шифра зачетной книжки)

5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	0-й
7	8	9	10	11	12
Ивановская обл.	Киевская обл.	Ленинградская. обл.	Московская обл.	Николаевская обл.	Орловская обл.
180 190 200	205 210 215	220 225 230	230 235 240	210 245 250	250 255 260
210 220 230	235 240 245	245 250 255	260 265 270	280 285 290	300 320 340
10 20 9	13 26 11	10 20 8	12 22 10	15 25 11	16 26 12
6000 5500	8900 9200	8950 9300	9000 10 200	12 500 14 500	14 500 18 000
3 1,5 : 1 : 0,5	3 2 : 1 : 0,5	3 2 : 1 : 0,5	3 2 : 1,5 : 1,0	3 2 : 1,5 : 1,0	3 2,0 : 1,5 : 1,0
2 1,5 : 1,5	2 1,8 : 1,5	3 2 : 1,5 : 0,6	3 1,5 : 2,2 : 0,7	3 1,5 : 1 : 0,8	3 1,8 : 1,6 : 1
18 000 1,5 : 1 : 0,5	20 500 2 : 1 : 0,5	22 000 2 : 1 : 0,5	23 000 2 : 1,5 : 1,0	24 000 2 : 1,5 : 1,0	25 000 2 : 1,5 : 1,0
20 000 1,8 : 1,5	21 500 2 : 1,5	23 000 1,5 : 1,2 : 0,7	24 000 1,5 : 1 : 0,8	25 000 1,8 : 1,5 : 1	26 000 1,8 : 1,6 : 1
1,5 1,6	1,5 1,7	1,4 1,6	1,4 1,5	1,4 1,7	1,3 1,4

1	2	3	4	5	6
9	Состав промышленных сточных вод (для 1 и 2 промзон):				
	— БПК, мг/л	480 320	360 420	420 440	380 410
	— концентрация взвешенных веществ, мг/л	320 250	250 360	380 400	290 340
	Температура, °С:				
	среднегодовая	18 16	14 17	17 19	13 16
	летняя	24 22	20 25	24 26	20 23
	зимняя	14 12	11 12	12 16	10 13
10	Данные по водоемам (рекам):				
	а) вид водопользования	РХ-1	СБ-1	РХ-2	СБ-2
	б) минимальный расход воды водоема в гидрологический год 95% обеспеченности, $м^3/с$	6	7	8	9
	в) средняя скорость течения воды в водоеме при ГНВ, м/с	0,55	0,60	0,62	0,65
	г) средняя глубина водоема при ГНВ, м	0,92	0,96	1,05	1,14
	д) максимальная глубина водоема при ГНВ, м	1,84	1,92	2,10	2,28
	е) ширина водоема при ГНВ, м	11,85	12,15	12,29	13,85
	ж) ширина водоема при ГВВ, м	20	22	25	30

Продолжение табл. 1

7	8	9	10	11	12
490 280	690 360	720 440	450 860	740 410	630 490
340 390	600 250	340	200 610	460 350	560 420
17 13	19 16	18 11	14 19	18 16	16 14
24 20	26 24	25 20	19 23	25 22	24 22
14 11	16 12	15 11	12 17	15 13	12 11
СБ-1	РХ-1	СБ-1	РХ-2	СБ-1	СБ-2
10	11	12	13	14	15
0,68	0,72	0,70	0,70	0,78	0,80
1,2	1,25	1,28	1,32	1,34	1,36
2,40	2,49	2,56	2,63	2,68	2,72
12,25	12,22	13,39	14,07	13,39	13,79
32	38	40	45	60	65

1	2	3	4	5	6
	з) коэффициент извилистости русла реки (φ)	1,0	1,1	1,0	1,2
	и) расстояние до контрольного створа, м	500	2700	500	3000
11	Состав воды реки:				
	— БПК, мг/л	2,3	2,2	2,1	4,9
	— концентрация взвешенных веществ, мг/л	9,6	10,2	11,3	9,8
	— концентрация растворенного кислорода, мг/л	7,8	7,1	7,0	7,3
12	Разработать в стадии технического проекта	первичный отстойник	песколовка	аэротенк или биофильтр	вторичный отстойник

Примечания: 1. В таблице приведены три подварианта расходов адресован первым 10 студентам по списку группы, второй — второму

2. Из числа трудящихся на предприятиях промзон 30% работают цехах 80 и 15% — из числа работающих в холодных цехах пользуются

3. В строках 5, 6, 7, 8, 9 верхний ряд цифр относится к первой

4. В строке 10-а зашифрованы виды и категории водоемов: РХ-1.2 — тарно-бытового водопользования, 1 и 2-й категорий.

5. На генплане территории, отведенной для строительства очистной грунтов и глубины залегания грунтовых вод.

6. Грунтовые воды не агрессивны к металлу и бетону.

дителем проектирования. На этом чертеже нанесены горизонтали, река с указанием направления течения, приведен режим уровней воды в ней, помещены геологический разрез и поперечное сечение реки, по которому можно определить ее ширину и глубину при различных горизонтах воды, указан масштаб чертежа.

Данные о климате, глубине промерзания грунта и других природных условиях принимаются по климатическому спра-

Продолжение табл. 1

7	8	9	10	11	12
1,1	1,0	1,2	1,1	1,15	1,2
3200	500	3400	500	4000	3200
2,1	2,0	2,2	2,0	2,1	4,6
10,7	11,0	10,6	12,0	9,7	11,2
7,7	7,6	7,5	7,9	7,4	7,6
контактный бассейн	биофильтр или аэротенк	метантенк	иловые площадки	аэротенк	аэробный стабилизатор активного ила

сточных вод от жилой части города (строки 2 и 3). Первый подвариант десятку и третий — третьему.

в горячих цехах и 70 — в холодных. Из числа работающих в горячих душем.

промзоне, нижний — ко второй.

рыбохозяйственного водопользования, 1 и 2-й категорий; СБ-1.2 — сани-

станции, нанесены колебания горизонтов воды в водоеме, характеристика

вочнику согласно заданному географическому месту расположения канализуемого города.

Остальные исходные данные помещены в табл. 1, 2 и приложении 1.

В табл. 1 даны 10 вариантов различных заданий. Номер варианта указывается преподавателем или принимается в соответствии с последней цифрой номера зачетной книжки студента (для вечерников и заочников).

Таблица 2

Ориентировочное распределение притока производственных сточных вод (по часам смены) от промрайонов города

Коэффициент неравномерности	Расход сточных вод, % от общего расхода в смену (средний расход — 12,5%)							
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
1,8	13	10	10	22,5	10	10	9,5	15
1,7	12	10,5	10,5	21,2	10,5	10,5	10,5	14
1,6	12	10,8	10,8	20	10,8	10,8	10,8	14
1,5	11,3	11,4	11,41	18,7	11,4	11,4	11,4	13
1,4	12,51	11,6	11,6	17,5	11,6	11,6	11,6	12
1,3	12,5	11,5	12	16,0	12	12	11,5	12,5

Недостающие сведения нормативного характера, например, загрязнения бытовых сточных вод и т. п., принимаются на основании соответствующих литературных данных с указанием источника.

В табл. 1 указаны число жителей в городе и норма водоотведения. По этим данным определяется среднесуточный расход бытовых стоков, а по нему и данным табл. 3 [1] — общий коэффициент неравномерности.

В приложении 1 приведено ориентировочное распределение расходов бытовых сточных вод по часам суток в %. По среднесуточному расходу, общему коэффициенту неравномерности и данным приложения 1 рассчитывается таблица притока бытовых сточных вод по часам суток. По указанной норме водоотведения и данным табл. 26 [1] определяются концентрации загрязнений бытовых сточных вод по основным показателям.

В табл. 1 приведены расходы сточных вод от промышленных зон города, в которых могут быть сосредоточены различные по отраслям промышленности предприятия. Для каждого варианта задания могут предусматриваться одна или две промышленные зоны по указанию преподавателя.

Здесь же содержатся данные о сменности работы промышленных предприятий в промзонах, распределении расходов сточных вод по сменам, их коэффициенты неравномерности и состав промышленных сточных вод. Распределение притока прометоков по часам смены представлено в табл. 2 в зависимости от соответствующих коэффициентов неравномерности. От промзон могут отводиться сточные воды с раз-

личными видами загрязнений, окисление которых в аэротенках и биофильтрах протекает со скоростью, в той или иной мере отличающейся от скорости окисления загрязнений в бытовых сточных водах. Характер загрязнений в производственных сточных водах определяется преподавателем, выдающим задание. При отсутствии указаний на отличие загрязнений промстоков они считаются идентичными с загрязнениями городских сточных вод.

Наконец, в табл. 1 приведены данные по водоему, служащему приемником очищенных сточных вод.

По этим данным и сведениям о городских сточных водах определяется необходимая степень их очистки, а также решаются вопросы устройства выпуска сточных вод в водоем.

Реки, указанные в задании, несудоходные, поэтому расположение выпусков возможно в фарватере.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Изучение исходных данных

Проектирование начинается с тщательного изучения исходных данных. Уточняется план участка местности, на котором намечается строительство очистной станции: границы участка, геодезические горизонтали. Изучаются нормативные указания по проектированию [1, 2, 7].

Исходные данные могут быть дополнены сведениями из литературных источников [3, 5, 11, 18].

2.2. Выбор места выпуска сточных вод и расположения очистной станции

Выбор места расположения очистной станции должен удовлетворять санитарно-гигиеническим и технико-экономическим требованиям.

Очистная станция располагается на таком расстоянии от города, которое обеспечивает достаточный санитарный разрыв [1], господствующие ветры должны относить неприятные запахи в сторону от жилой застройки. Для строительства станции отводятся обычно участки местности, непригодные для активного сельскохозяйственного землепользования.

Желательно, чтобы выбранный участок имел возвышенности и холмы, по склонам которых было бы легко располо-

жить очистные сооружения и обеспечить самотечное движение жидкости при минимальных строительных и эксплуатационных затратах, а также чтобы он находился на сравнительно небольшом расстоянии от местности со спокойным рельефом, где можно расположить иловые площадки.

В данном курсовом проекте не рассматриваются случаи строительства на вечномерзлых грунтах, подрабатываемых территориях и т. п.

Характер местности, геологические и гидрогеологические условия выбранного участка не должны вызывать неоправданное повышение затрат на строительство и эксплуатацию очистной станции. Важную роль при выборе участка местности играет место выпуска очищенных сточных вод в водоем. При этом принимаются во внимание: вид водопользования, расстояние до контрольного створа, устанавливаемое по действующим правилам [7], требования к качеству очищенной воды, определяемые расчетом необходимой степени очистки в зависимости от конструкции выпуска — берегового, руслового или рассеивающего.

Очистную станцию желательно расположить как можно ближе к выпуску, причем расстояние от уреза воды в водоеме должно быть не менее 50—100 м. Кроме того, участок для очистной станции следует выбирать так, чтобы наиболее целесообразно решались вопросы подключения к линиям связи, электроэнергии, тепловым и водопроводным сетям, строительства подъездов и дорог.

Требуемые размеры земельного участка, отводимого для очистной станции, определяются ее производительностью и способом обезвоживания осадка. Иловые площадки требуют больших площадей со спокойным рельефом; при отсутствии таковых устраивается узел механического обезвоживания осадка. Способ утилизации осадка сточных вод также влияет на выбор схемы станции и ее расположение. В случае использования осадка в сельском хозяйстве (в качестве удобрения) необходимо решить вопрос о способе транспортировки, хранения и внесения осадка на поля в твердом или жидком виде, мобильным либо трубопроводным транспортом. Для сельскохозяйственного использования может применяться не только осадок, но и биологически очищенная сточная вода, например, на полях орошения. В таком случае участок выбирается исходя из возможностей хранения, транспортировки и внесения воды в почву.

2.3. Предварительные расчеты

2.3.1. Составление таблицы притока сточных вод

Составление таблицы притока сточных вод по часам суток производится на основании данных задания (табл. 1) о расходах бытовых сточных вод города и с территорий промзон, а также о расходах производственных стоков. Расход бытовых сточных вод с предприятий промзон вычисляется согласно указаниям [25] в зависимости от численности трудящихся в холодных и горячих цехах с учетом душевых расходов — см. табл. 1 [25].

Данные о распределении бытовых сточных вод промышленных предприятий по часам смены приведены в приложении 2. Душевые расходы поступают в первом часу следующей смены.

По данным таблицы притока сточных вод определяется максимальный (расчетный) расход сточных вод от всего города, включая промзоны.

2.3.2. Определение средних концентраций загрязнений

Определение средних концентраций загрязнений общего стока города производится на основании исходных данных о расходах бытовых и промышленных сточных вод, концентрациях загрязнений промышленных стоков, указаний [1] по определению концентрации загрязнений бытовых сточных вод. Усреднение производится по взвешенным веществам, БПК и температуре. Если промышленные сточные воды содержат вещества, концентрация которых нормируется в водоеме по санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому показателям вредности, или величина pH этих стоков находится за пределами 6,5—8,5, производится усреднение по этим показателям. Вычисление средних концентраций производится по методике, приведенной в [3, 13, 14].

Все дальнейшие расчеты необходимой степени очистки и очистных сооружений должны производиться по общему стоку города с усредненными концентрациями загрязнений.

2.3.3. Определение приведенного числа жителей

Определение приведенного числа жителей осуществляется согласно указаниям [4, 13, 14] и представляет собою сумму числа жителей города и фиктивного числа жителей, причем

последнее является эквивалентным ему по загрязнениям, поступающим в канализацию от промышленных предприятий.

По приведенному числу жителей впоследствии будут определяться количества отбросов и осадков, нормируемые на одного жителя, пользующегося канализацией.

2.3.4. Расчет коэффициента смешения

Определение коэффициента смешения или кратности разбавления сточных вод водою водоема производится с целью вычисления снижения концентраций загрязнений в смеси сточных вод и воды водоема за счет разбавления и определения самоочищающей способности водоема по отношению к вносимым и в него со сточными водами загрязнениями.

Методика определения коэффициента смешения и кратности разбавления приводится в [3, 4, 13—16, 23]. В дальнейшем обе эти величины будут употребляться при вычислении необходимой степени очистки сточных вод.

2.4. Определение необходимой степени очистки сточных вод

Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами [3, 7] нормируются предельно допустимые концентрации загрязнений и предельно допустимое снижение растворенного кислорода в смеси воды водоема и сточных вод. Для обеспечения этих нормируемых условий сточная жидкость перед спуском в водоем должна подвергнуться очистке. Степень необходимой очистки определяется по показателям присутствующих в сточной жидкости загрязнений. При этом должны приниматься во внимание не только фактическое санитарное состояние водоема в районе канализуемого объекта, санитарная ситуация выше и ниже места выпуска сточных вод, использование водоема для хозяйственно-питьевого водоснабжения, культурно-бытовых нужд населения, рыбохозяйственных целей, но и перспектива использования данного водоема в народном хозяйстве страны.

Для городских сточных вод степень необходимой очистки определяется по показателям БПК, взвешенным веществам, растворенному кислороду (с учетом и без учета реаэрации). По другим показателям загрязнений, как правило, вычислений не производят, но если (по заданию) в городских стоках присутствуют вредные вещества, концентрации которых нормируются в воде водоема (например, наличие в стоках нефтепродуктов, солей шестивалентного хрома и т. д), следует

определить необходимую степень очистки и по этим веществам.

Расчеты по определению необходимой степени очистки сточных вод производятся по методикам, подробно описанным в [3, 4, 13—16, 23].

2.5. Выбор схемы очистной станции

Выбор принципиальной схемы очистной станции, то есть набора очистных сооружений, обеспечивающих необходимую степень очистки и обработки осадков, осуществляется на основе расчетов количества и состава сточных вод и необходимой степени очистки. Следует иметь в виду, что окончательный выбор схемы очистной станции производится путем составления технико-экономического обоснования по двум-трем вариантам, соответствующим специфике природно-климатических условий и комплексной программе развития региона (области, города, района). В данном курсовом проекте многообразие условий и требований уменьшено до минимально необходимого уровня, обеспечивающего усвоение порядка и правил проектирования очистных станций городских канализаций. Технико-экономические расчеты в настоящем проекте не производятся, и предпочтительность того или иного сооружения, варианта схемы определяется по рекомендациям учебников и справочников.

Проектируемая очистная станция, согласно заданию, может иметь пропускную способность от 17 до 100 тыс. м³/сут сточных вод. Рекомендации, излагаемые ниже, относятся к расчету именно таких станций.

Выбор схемы очистной станции будет зависеть от ряда условий и требований, основные из которых — применительно к выполняемому проекту — перечислены ниже.

1. Количество и состав сточных вод. Влияющими параметрами будут норма водоотведения, соотношение между количеством и составом городских и промышленных сточных вод, способность загрязнений промышленных сточных вод к извлечению (либо разрушению) методами механической и биологической очистки. Рекомендации по выбору сооружений механической очистки приведены в табл. 3, а сооружений биологической очистки — в табл. 4.

2. Необходимая степень очистки сточных вод перед выпуском их в водоем. В настоящее время принято считать, что минимальным значением БПК очищенной воды в аэротенках

Таблица 3

Рекомендации по выбору сооружений механической очистки

№ п/п	Сооружения	Диапазон применения, тыс. м³/сут	Максимально достигаемый эффект осветления, %	Снижение БПК, %	Максимально допустимая концентрация взвеси в поступающих сточных водах, мг/л	Рекомендуемая концентрация взвеси при интенсификации отстаивания, мг/л
1	Решетки типа МГ	Любой				
2	Решетки ленинградского типа					
3	Решетки-дробилки типа РД					
4	Песколовки горизонтальные с прямолинейным движением воды	Более 10				
5	Песколовки горизонтальные с круговым движением воды					
6	Песколовки вертикальные тангенциальные	До 50				
7	Песколовки аэрируемые	Более 20				
8	Отстойники вертикальные	До 20	До 50	—	300	>250
9	Отстойники горизонтальные	Более 15	До 60	—	375	>300
10	Отстойники радиальные	Более 20	До 60	—	375	>300
11	Осветлители с естественной аэрацией	До 30	До 70	10—15	500	
12	Горизонтальные и радиальные отстойники с преаэраторами	Более 15	До 70	10—15	500	
13	Биокоагуляторы	До 50	До 70	30	500	

и биофильтрах является величина БПК, равная 15 мг/л. Если расчетами определено более низкое значение, требуется доочистка сточных вод. Значение БПК от 15 до 20 мг/л характерно для полной очистки; частичная очистка охватывает диапазон $БПК_п$ от 21 мг/л и выше.

Таблица 4

Рекомендуемые модификации аэротенков и биофильтров для очистки сточных вод

БПК городских сточных вод в смеси с промстоками, мг/л	Характер загрязнений производственных сточных вод (рекомендуемые сооружения)	
	легко- и среднеокисляемые вещества	трудноокисляемые вещества
100—150	А, АНР, АО, Б	А, Б
150—250 (300)	АР, АНР, АО, Б	АД, АР, Б, БД
250(300)—500	АС, АР, АНР, АО, БР, БД	АР, АД, БР, БД

Условные обозначения: А — аэротенки без регенераторов вытеснительного типа; АР — аэротенки с регенераторами; АНР — аэротенки с нелинейно рассредоточенным выпуском сточных вод; АО — аэротенки-отстойники; АС — аэротенки-смесители: АД — аэротенки двухступенчатые; Б — высоконагружаемые биофильтры; БР — то же, с рециркуляцией; БД — биофильтры двухступенчатые.

При анализе результатов расчета необходимой степени очистки следует провести сопоставление требуемой величины $БПК_п$ и концентрации взвешенных веществ в очищенной воде, руководствуясь данными табл. 32 [1]. Например, если по расчету допускается БПК очищенной воды 25 мг/л, а концентрация взвешенных веществ 21 мг/л, то возможны два решения: доводить очистку до 20 мг/л по БПК и отстаивать сточные воды 1,5 часа (во вторичных отстойниках), либо закончить очистку при БПК 25 мг/л и отстаивать сточные воды 2 часа.

Наиболее выгодный вариант решения возможно установить по данным рис. 20, помещенным в учебном пособии [8], сопоставляя показатели увеличения продолжительности аэрации или отстаивания сточных вод.

3. Климатические, геологические и гидрогеологические условия, наличие земельных площадей, в том числе — сельскохозяйственных угодий, пригодных для орошения сточными водами и утилизации осадков. Геологические и гидрогеологические условия предопределяют выбор строительных конструкций, необходимость гидроизоляции сооружений. Использование орошения сельскохозяйственных угодий дает возможность осуществить на них доочистку сточных вод с од-

новременной утилизацией в качестве удобрения солей азота и фосфора, что благоприятно отразится на санитарном состоянии водоема. Утилизация осадка в качестве удобрения упрощает систему его обработки и обезвоживания и одновременно повышает урожайность почв.

4. Перспективы развития канализации города (района), очередность строительства.

Схема очистной станции должна позволять вести строительство и осуществлять ввод сооружений в эксплуатацию по очередям. Если рассматривается вариант расширения существующей очистной станции, то в схеме необходимо предусмотреть рациональное использование ранее построенных сооружений.

Во всех случаях строительства новых или реконструкции существующих очистных станций необходимо стремиться применять новые высокоэффективные, экономичные, с пониженным потреблением энергии очистные сооружения.

Основными, определяющими сооружениями очистной станции являются первичные отстойники, сооружения узлов биологической очистки и обработки осадка.

Рекомендации по выбору типа отстойников приведены в табл. 3. Механическая очистка сточных вод должна обеспечить содержание взвешенных веществ в осветленной воде не более 150 мг/л при последующей очистке ее в аэротенках на полную очистку, а также в биофильтрах, независимо от степени очистки. Концентрация взвешенных веществ не нормируется для двухступенчатых аэротенков, для аэротенков на частичную очистку и с полной минерализацией активного ила. При пользовании таблицей следует учесть требование [1], согласно которому надлежит предусматривать интенсификацию отстаивания сточных вод при исходной концентрации взвешенных веществ более 300 мг/л, в особенности в тех случаях, когда содержание взвешенных веществ в осветленной воде нормируется.

Интенсификацию процесса отстаивания можно осуществить, применяя преаэрацию сточной воды, осветлители с естественной аэрацией и биокоагуляторы.

Рекомендации по применению сооружений биологической очистки приведены в табл. 4. В основу ее положены свойства промышленных сточных вод осложнять очистку городских стоков. Многообразие процессов биологической очистки городских сточных вод несколько сужено за счет исключения процессов очистки малых количеств сточных вод, свойствен-

ных малой и поселковой канализации, а также процессов частичной очистки.

Руководствуясь данными табл. 4, следует учитывать производительность очистной станции: биофильтры применимы до 50 тыс. м³/сут, аэротенки — при любой производительности очистных станций.

Доочистка сточных вод в настоящее время осуществляется фильтрацией на скорых песчаных фильтрах или на микрофильтрах, а также в биологических прудах. Другие методы доочистки не нашли широкого применения. На скорых фильтрах БПК снижается с 15 до 7—8 мг/л, а концентрация взвешенных веществ — до 3—4 мг/л. В биологических прудах БПК очищенной воды в лучшем случае может понизиться до уровня 6—7 мг/л, что обусловлено влиянием внутриводоемных процессов [23], [26].

Более подробные рекомендации по выбору и расчету аэротенков, биофильтров и биологических прудов помещены в книгах [4, 5, 8, 13, 23, 27].

Обработка осадка может быть расчлена на процессы обезвреживания, обезвоживания, сушки и обеззараживания. Обезвреживание осадка заключается в ликвидации легкоокисляемых, высокопитательных органических веществ с целью предотвращения его загнивания на иловых площадках, и достигается эта цель аэробной стабилизацией (минерализацией) либо анаэробным сбраживанием. Аэробная стабилизация требует значительных расходов электроэнергии и, согласно технико-экономическим расчетам, рациональна для станций пропускной способностью до 60—80 тыс. м³/сут. Анаэробное сбраживание осадков производится в метантенках, устройство и эксплуатация которых отличается сложностью и взрывоопасностью.

Обезвоживание минерализованных осадков осуществляется чаще всего на иловых площадках, вакуум-фильтрах, центрифугах. Конкретные рекомендации по расчету узлов обезвоживания помещены в книгах [1, 4, 13, 17, 19, 20, 23]. В данном проекте многообразие средств обезвоживания несколько сужено до пределов типовых схем и серийного оборудования. Для выбора предлагаются следующие схемы обезвоживания осадка и избыточного активного ила: одноступенчатые, двухступенчатые и каскадные иловые площадки; обезвоживание на вакуум-фильтрах; обезвоживание на центрифугах.

Одноступенчатые иловые площадки предполагают последовательное обезвоживание и сушку осадков. На двухступенчатых площадках сначала осуществляется уплотнение осадков (площадки-уплотнители), а затем обезвоживание декантата (иловой воды) на обычных площадках с дренажем. Вторая ступень иловых площадок снижает загрязненность иловой воды, в результате чего дополнительные загрязнения от дренажной воды не превышают уровня в 10—15% от исходного их количества.

При выборе способа обезвоживания в данном курсовом проекте предлагается руководствоваться наличием либо отсутствием территории для иловых площадок, климатическими и грунтовыми условиями, а также целесообразностью использования осадка в качестве удобрения.

В значительной степени обеззараживание осадка достигается при его обработке в метантенках, особенно при термофильном режиме их работы.

В тех случаях, когда метантенки отсутствуют в схеме очистной станции, обеззараживание осадка осуществляют термическим методом на установках — дегельминтизаторах, на которых осадок прогревается до 60°. При этом достигается практически полное его обеззараживание и дегельминтизация. Более высокая степень обеззараживания достигается сушкой осадка в барабанных сушилках либо в сушилках с встречными струями. Сушка осадка допустима при наличии топлива (мазута, газа) и отсутствии земельных участков для устройства иловых площадок и сельскохозяйственных угодий для использования обезвоженного и обеззараженного осадка в качестве удобрения.

Ниже приведено несколько схем очистных станций, составленных на основе помещенных выше рекомендаций. Схемы не исчерпывают все возможные варианты, но являются основными и характерными для городских канализаций.

На рис. 1 показана схема станции, применение которой возможно при расходе сточных вод более 20000 м³/сут. Основу станций составляют радиальные первичные и вторичные отстойники и аэротенки. Обезвреживание осадка и уплотненного избыточного активного ила осуществляется в метантенках, а обезвоживание сброженной смеси осадков на вакуум-фильтрах с предварительной ее промывкой, уплотнением и коагуляцией. Иловые площадки являются резервными на период ремонта узла механического обезвоживания.

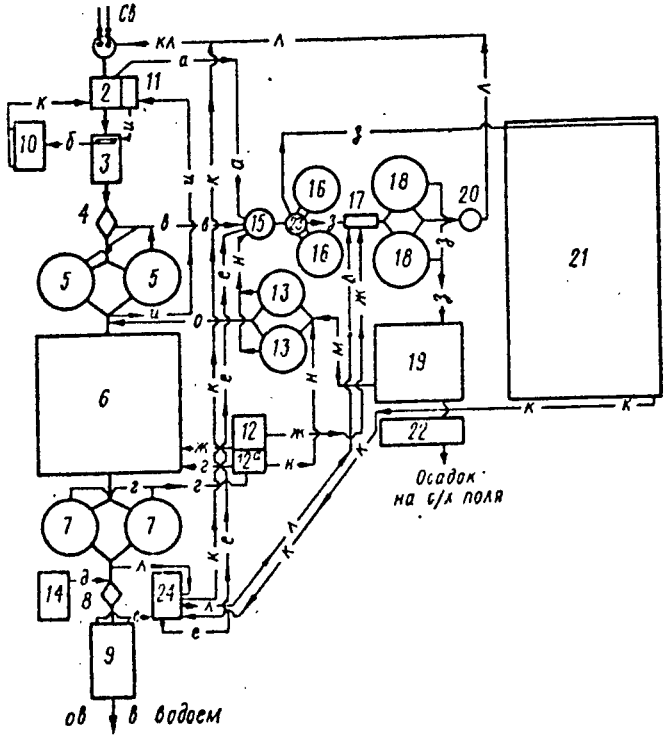


Рис. 1. Схема очистной станции с аэротенками и механическим обезвоживанием осадка:

1 — приемная камера; *2* — решетки; *3* — песколовки; *4* — водоизмерительное устройство; *5* — первичные отстойники; *6* — аэротенки; *7* — вторичные отстойники; *8* — смеситель; *9* — контактные бассейны; *10* — песковые площадки; *11* — насосная станция гидроэлеваторов; *12, 12 а* — насосно-воздуходувная станция; *13* — илоуплотнители; *14* — хлораторная; *15* — насосная станция метантенков; *16* — метантенки, *17* — камера промывки осадка; *18* — осадкоуплотнители; *19* — узел механического обезвоживания осадков; *20* — насосная станция сливной воды, *21* — иловые площадки; *22* — площадки для хранения кека, *23* — камера управления метантенков; *24* — насосная станция; *а* — отбросы, снятые с решеток; *б* — песопульпа; *в* — осадок первичных отстойников; *г* — активный ил; *д* — хлорная вода; *е* — осадок контактных бассейнов; *ж* — сжатый воздух; *з* — сброженный осадок; *и* — вода на гидроэлеваторы; *к* — дренажная вода; *л* — промывная вода; *м* — фильтрат вакуум-фильтров, *н* — избыточный активный ил; *о* — вода из илоуплотнителей

Другой вариант очистных сооружений, включающих аэротенки, показан на рис. 2. В схеме станции применены аэрируемые песколовки, горизонтальные отстойники с преаэраторами и регенераторами избыточного активного ила, аэротенки со вторичными горизонтальными отстойниками.

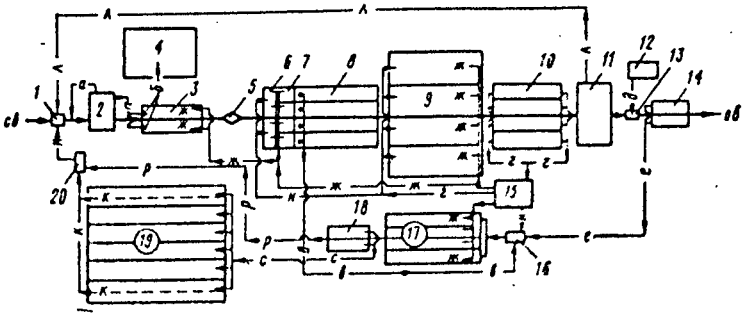


Рис. 2. Схема очистной станции с аэротенками и аэробными минерализаторами осадка:

1 — приемная камера; *2* — решетки; *3* — аэрируемые песколовки; *4* — песковые площадки; *5* — водоизмерительное устройство; *6* — регенераторы избыточного ила; *7* — преаэраторы; *8* — первичные отстойники; *9* — аэротенки; *10* — вторичные отстойники; *11* — фильтры песчаные для доочистки воды; *12* — хлораторная; *13* — смеситель; *14* — контактные бассейны; *15* — насосно-воздухоудувная станция; *16* — насосная станция; *17* — аэробные минерализаторы осадка и избыточного ила; *18* — отстойники-уплотнители минерализованного осадка; *19* — иловые площадки; *20* — дренажная насосная станция; *к* — промывная вода фильтров; *ж* — фугат центрифуг; *с* — минерализованный осадок; *р* — сливная вода уплотнителей минерализованного осадка; остальные обозначения — прежние

Для доочистки сточных вод применены песчаные скорые фильтры. Обезвреживание осадка первичных отстойников и избыточного активного ила осуществляется в аэробных минерализаторах. Этот узел может быть решен иначе, например: а) минерализация уплотненного ила в смеси с осадком; б) предварительное разделение осадка первичных отстойников на центрифугах и минерализация фугата совместно с уплотненным либо неуплотненным избыточным активным илом; в) разделение смеси осадка и уплотненного ила на центрифугах и минерализация фугата.

После минерализатора смесь осадков подвергается отстариванию, после чего плотная часть (осадок) направляется на иловые площадки, а сливная вода на очистку в голову станции. Такая схема очистных сооружений обладает следующими возможностями:

а) предварительная аэрация позволяет принимать на очистку сточные воды с содержанием взвешенных веществ от 300 до 500 мг/л с обеспечением выноса взвеси из первичных отстойников не более 150 мг/л;

б) путем фильтрации на песчаных фильтрах достигается доочистка жидкости до БПК 7—8 мг/л и концентрация взвешенных веществ 3—4 мг/л;

в) использование сжатого воздуха в песколовках, преаэраторах и аэротенках подсказывает возможность применения аэробных минерализаторов вместо метантенков, благодаря чему упрощается эксплуатация сооружений и устраняется взрывоопасность. Область применения схемы ограничивает узел аэробной минерализации осадка (по технико-экономическим соображениям) пропускной способностью до 60—80 тыс. м³/сут.

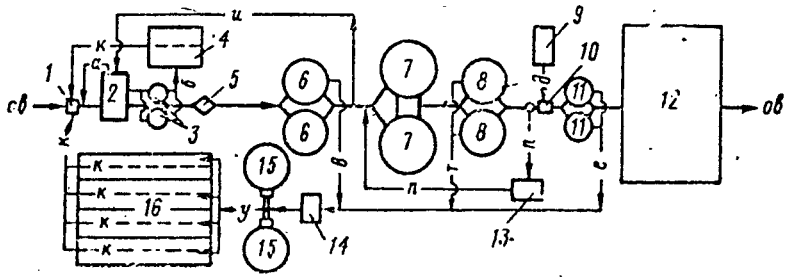


Рис. 3. Схема очистной станции с высоконагружаемыми биофильтрами и метантенками:

1 — приемная камера; *2* — решетки; *3* — песколовки с круговым движением воды; *4* — песковые площадки; *5* — водоизмерительное устройство; *6* — первичные отстойники; *7* — высоконагружаемые биофильтры; *8* — вторичные отстойники; *9* — хлораторная; *10* — смеситель; *11* — контактные бассейны; *12* — биологические пруды; *13* — насосная станция рециркуляции очищенной воды; *14* — камера управления метантенков; *15* — метантенки; *16* — иловые площадки; *п* — рециркуляция очищенной воды; *т* — биопленка

Очистная станция с биофильтрами показана на рис. 3. В схеме применены песколовки с круговым движением воды, вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим движением жидкости, высоконагружаемые биофильтры с рециркуляцией очищенной воды, биологические пруды для доочистки воды. Известно, что биофильтры, имеющие большую высоту, более рационально компоновать с вертикальными отстойниками, осветлителями с естественной аэрацией, биокоагуляторами. Не следует упускать из виду диапазон применения

отстойников: обычные вертикальные отстойники имеют пропускную способность до 20 тыс. м³/сут, осветлители-перегниватели — до 30 тыс. м³/сут. Осветлители с естественной аэрацией (без перегнивателя), вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим движением воды (или с периферическим впуском), а также биокоагуляторы применяются в диапазоне до 35 тыс. м³/сут, в исключительных случаях — до 50 тыс.

Таким образом, при производительности станции свыше 35 тыс. м³/сут следует применять с биофильтрами радиальные или горизонтальные отстойники.

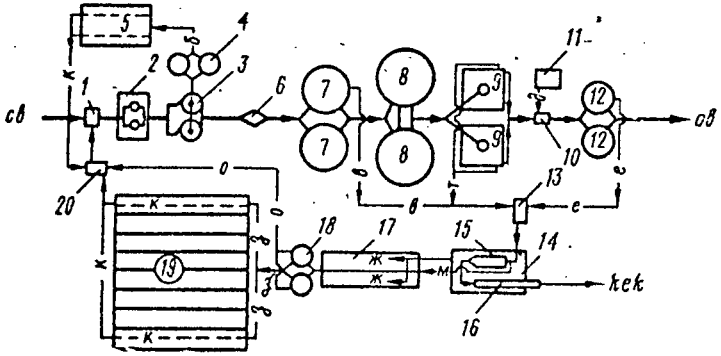


Рис. 4. Схема очистной станции с высоконагружаемыми биофильтрами и аэробными минерализаторами:

1 — приемная камера; *2* — решетки-дробилки; *3* — тангенциальные песколовки; *4* — бункеры для песка; *5* — песковые площадки; *6* — водоизмерительное устройство; *7* — первичные отстойники; *8* — высоконагружаемые биофильтры (без рециркуляции); *9* — вторичные отстойники; *10* — смесители; *11* — хлораторная; *12* — контактные бассейны; *13* — насосная станция осадков; *14* — здание центрифуг и воздуходувок; *15* — центрифуги; *16* — камеры дегельминтизации; *17* — аэробные минерализаторы; *18* — отстойники-уплотнители минерализованного осадка; *19* — иловые площадки; *20* — дренажная насосная станция; з — минерализованный осадок; остальные обозначения — прежние

Рассмотренная схема обеспечивает снижение БПК до 15—20 мг/л после биофильтров и до 6—7 мг/л после биологических прудов.

Осадок первичных отстойников и биопленка из вторичных отстойников сбраживаются в метантенках, либо в перегнивателях (осветлители-перегниватели), после чего обезвоживаются на иловых площадках.

Другая схема станции с биофильтрами помещена на рис. 4.

Вместо обычных решеток применены решетки-дробилки (РД). Песок задерживается в тангенциальных песколовках, снабженных гидроэлеваторами для удаления песка. Песок накапливается в отдельно стоящих песковых бункерах, частично обезвоживается и затем направляется на песковые площадки. Как и в предыдущем случае, для отстаивания сточной воды в качестве первичных использованы вертикальные отстойники; вторичные отстойники — квадратные в плане — работают как радиальные отстойники; для сбора осадка имеется ячеистое днище. Рециркуляция очищенной воды не предусмотрена, так как БПК исходной сточной воды менее 300 мг/л. Осадки первичных и вторичных отстойников подвергаются центрифугированию. Плотная часть (кек) после дегельминтизации вывозится в качестве удобрения, а фугат направляется на аэробную минерализацию и уплотнение. Сливная вода от уплотнителей после аэробных минерализаторов возвращается на очистку, а отделившийся осадок направляется на иловые площадки.

Приведенные примеры не исчерпывают всего многообразия возможных схем очистки.

2.6. Указания по расчету сооружений, входящих в состав очистной станции

В подавляющем большинстве случаев сточные воды подаются на очистные сооружения с помощью главной насосной станции.

Однако расчет очистных сооружений, согласно [1], следует производить по максимальному притоку, независимо от того, подаются ли сточные воды на очистку самотеком или с помощью насосной станции.

В объем курсового проекта расчет главной насосной станции не входит.

Расчет сооружений и коммуникаций, входящих в состав очистной станции, производится по формулам и данным, указанным в рекомендуемых источниках [1, 4—6, 8, 9, 12, 13, 17—20, 22—24, 26, 27]. При составлении курсового проекта разрешается применять типовые проекты сооружений. В этом случае геометрические размеры выбранного типового сооружения известны, и расчет сводится к определению скоростей, уровней и продолжительности пребывания в нем воды, а также эффективности его работы

Расчеты количеств выпадающего песка, осадка, активного ила производятся обычным способом по [1].

При пользовании литературными источниками [5, 13, 14, 18, 21] и др. необходимо учитывать изменения способов расчета и нормативных данных о нагрузках, скоростях и т. д., предусмотренных в последнем издании СНиП [1].

Очистные сооружения рассчитываются в следующей очередности. Сначала рассчитываются сооружения по ходу воды: решетки, песколовки, водоизмерительные устройства, отстойники, сооружения биологической очистки, вторичные отстойники, узел доочистки, дезинфекторы (смеситель, хлораторная, контактные бассейны), выпуск, коммуникации (лотки, трубы, дюкеры, водосливы), вспомогательные сооружения (распределительные чаши и т. д.).

Примечание. При расчете решеток и песколовок вначале рассчитываются подводящие лотки, так как режим уровней в лотках будет определять площадь живого сечения решеток и песколовок (за исключением вертикальных песколовок).

Затем рассчитываются сооружения для обработки осадка: метантенки (либо аэробные минерализаторы), иловые площадки или установки механического обезвоживания и термической сушки осадка, илоуплотнители, иловые насосные станции (в данном курсовом проекте иловые насосные станции не рассчитываются, но место их расположения указывается).

При использовании типовых проектов очистных сооружений фактические расходы воды могут не совпадать с предусмотренными в типовом проекте. Поэтому типовые сооружения следует подбирать с ближайшей большей производительностью. Скорость движения сточных вод в каналах, трубах, лотках должна быть не менее самоочищающей [1].

При расчете очистных сооружений следует число отдельных сооружений или секций выбирать одинаковой кратности для всей очистной станции. Например, 2 песколовки, 4 первичных отстойника, 2 аэротенка, 4 вторичных отстойника и т. д. Конструкция распределительных чаш должна обеспечивать равномерное и автоматическое распределение сточной жидкости (по количеству и составу) между отдельными сооружениями. Рекомендуется выбирать более крупные по производительности сооружения, чтобы получить меньшее их количество. Это дает экономию строительных и эксплуатационных затрат.

Все результаты расчетов очистной станции рекомендуется помещать в таблицы. Это дает возможность наглядно сопоставить характерные данные, оценить правильность выбранного решения.

2.7. Компоновка генерального плана очистной станции и составление профилей по движению воды и осадков

Выполнив технологические и гидравлические расчеты всех очистных сооружений, определив количество отдельных сооружений или секций и выявив размеры очистных станций, сечений лотков и трубопроводов, соединяющих сооружения между собой, студент переходит к компоновке генерального плана очистной станции и параллельно составляет гидравлические профили по направлению движения воды и осадков.

Генеральный план станции и высотная схема расположения очистных сооружений (профили по воде и осадкам) должны быть составлены так, чтобы обеспечивалось самотечное движение воды от одного сооружения к другому. Движение осадков по возможности тоже должно быть самотечным.

С помощью местных насосных станций осуществляется подача циркулирующего активного ила в аэротенки из вторичных отстойников, избыточного активного ила в илоуплотнители или биокоагуляторы, осадка из первичных отстойников, уплотненного избыточного ила, осадков из контактных бассейнов и вторичных отстойников биофильтров в метантенки, дренажной воды с иловых площадок, а также иловой жидкости из иловых площадок-уплотнителей в первичные отстойники.

Из илоуплотнителей уплотненный избыточный активный ил самотеком направляется в приемный резервуар иловой насосной станции метантенков, а часть направляется в дробилки отбросов. Подачу сброженного осадка из метантенка на иловые площадки нужно стремиться запроектировать самотеком. В состав очистной станции обязательно должно входить водоизмерительное устройство. Чаще всего для этой цели используют лоток Паршаля.

При компоновке генплана очистной станции необходимо руководствоваться следующими рекомендациями.

1. Сооружения (основные и вспомогательные) должны быть расположены возможно более компактно. Целесообразно блокировать отдельные сооружения в группы, например: 2 песколовки, 2—4 первичных отстойника, 2 аэротенка, 2—4 вторичных отстойника и т. д.

Административные помещения, химическую лабораторию, пищеблок следует сосредоточить в одном здании; насосную станцию циркулирующего активного ила объединяют со зданием воздуходувной станции и т. д. Компактное расположение на генеральном плане очистной станции укрупненных и блокированных между собой очистных сооружений по ходу технологического процесса очистки сточных вод, применение минимальных разрывов между отдельными сооружениями, диктуемыми технологическими, санитарными и противопожарными требованиями, даст возможность уменьшить коммуникации станции, снизить ее строительную стоимость и эксплуатационные затраты.

В то же время расстояния между отдельными сооружениями или группами должны обеспечить соблюдение очередности их строительства.

2. К каждому сооружению должен быть гарантирован подъезд транспорта (хотя бы с одной стороны) для доставки материалов при ремонте.

3. На генплане станции следует указать насыпи и выемки.

4. Сооружения следует располагать симметрично; это облегчает равномерное автоматическое распределение сточной жидкости между отдельными объектами.

5. При компоновке генплана надо предусмотреть возможность последующего расширения очистной станции.

6. Котельную удобнее расположить в центре теплопотребителей, но не ближе 25 м от метантенков.

7. Газгольдеры должны располагаться — согласно [10] — на расстоянии (при емкости газгольдера менее 1000 м^3)

— от внутриплощадочных дорог — 15 м;

— от производственных и подсобных помещений — 20 м;

— от складов топлива — 35 м;

— от жилых и общественных зданий, базисных складов топлива и от источников открытого огня — 65 м.

Разрыв между соседними газгольдерами принимается равным полусумме их диаметров.

8. Расходный склад хлора должен быть расположен с учетом минимальных разрывов между ним и ближайшими строениями:

а) от жилых и общественных зданий, а также от производственных зданий других предприятий, находящихся за территорией очистной станции,— 300 м;

б) от административных и бытовых зданий очистной станции — 100 м;

в) от производственных помещений очистной станции, в которых постоянно находится обслуживающий персонал 50 м;

г) от производственных зданий и сооружений очистной станции, в которых обслуживающий персонал бывает периодически — 30 м.

9. В коммуникациях очистной станции необходимо предусмотреть возможность выключения из работы для ремонта групп сооружений и отдельных сооружений, а также аварийный выпуск, позволяющий отключить в крайнем случае всю очистную станцию.

10. Наконец, на генплан наносятся все вспомогательные сооружения: дороги, внешние сети водопровода и местной канализации, административное здание с химической лабораторией, насосная станция перекачки активного ила, совмещенная с воздуходувной станцией, другие насосные станции, ограждения и т. д.

11. На чертеже генплана следует поместить таблицу условных обозначений и экспликацию.

Построение профиля по движению воды и осадков

Поскольку количество осадков составляет 2—3% от объема сточных вод, главенствующим является профиль по движению сточных вод.

Профиль по движению сточных вод строится сначала в черновом наброске одновременно с компоновкой генплана очистной станции, а затем в окончательном виде, когда компоновка генплана будет закончена и станут известными расстояния между сооружениями.

Черновой набросок предназначен для решения вопроса о принципиальной возможности расположения сооружений очистной станции на отведенной территории. Для составления наброска необходимы генплан участка местности, плановая схема очистной станции с инженерными коммуникациями, а также таблица ориентировочных потерь напора в сооруже-

ниях и коммуникациях. Таблица ориентировочных потерь напора составляется согласно схеме очистной станции и данным о потерях в каждом сооружении [4]. Затем более точно определяются количество распределительных устройств и минимальная длина коммуникаций, назначается ориентировочная величина потерь напора в них. Таблица ориентировочных потерь напора необходима для определения минимально необходимых отметок уровней воды в сооружениях при составлении чернового наброска профиля. Минимальные отметки сооружений определяются, начиная от выпуска сточных вод.

Например, для определения минимальной отметки уровня воды в контактном бассейне необходимо: к абсолютной отметке горизонта высоких вод прибавить потери напора в контактном резервуаре, местные потери в местах соединения потоков, поворотов канала или трубы и т. д., линейные потери напора на всей длине от контактного резервуара до выпуска и напор на излив из оголовка выпуска (1,0 м). Для определения минимальных отметок воды во вторичных отстойниках необходимо: к отметке уровня воды в контактном бассейне прибавить величины потерь напора в распределительном устройстве контактных бассейнов, в смесителе, во вторичных отстойниках, в местах слияния потоков вторичных отстойников и линейные потери в коммуникациях. Подобным образом рассчитываются ориентировочные отметки воды во всех основных сооружениях до приемного колодца очистной станции.

Имея в распоряжении упомянутые материалы, можно вести поиск наиболее рационального расположения очистных сооружений с целью обеспечения самотечного движения сточных вод.

Ход построения наброска профиля рассмотрим на следующем примере. Упрощенный генплан очистной станции показан на рис. 5. Очистные сооружения скомпонованы по блочному принципу. Сюда включены блоки решеток и песколовок *А*, *Б*, первичных отстойников *Г*, аэротенков *Д*, вторичных отстойников *Е*, контактных бассейнов *З* со смесителем *Ж*. На генплане не показаны сооружения обработки осадков, иловые насосные станции, хлораторная и другие сооружения и здания, которые не имеют прямого отношения к движению сточной воды. Размеры сооружений определены путем их расчета, компоновку их в блоках принимают по аналогии с типовыми проектами. Блок, по возможности, следует оставлять

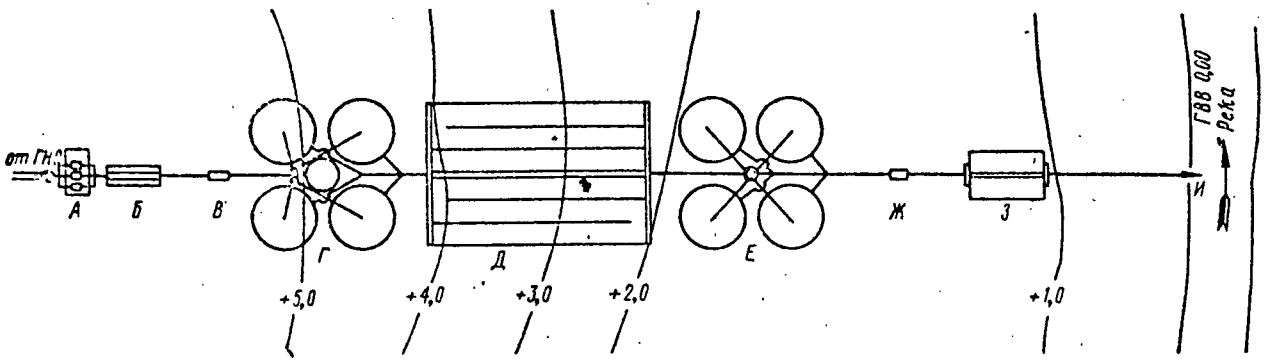


Рис. 5. Упрощенный генплан очистной станции

неделимой ячейкой, и, меняя расстояния между блоками, сохранять размеры самого блока постоянными. Компоновка сооружений в типовых проектах предусматривает минимально необходимые зазоры между сооружениями, обусловленные практикой строительства и эксплуатации сооружений. Ориентировочные местные и линейные потери приведены в табл. 5.

Таблица 5

Ориентировочные потери напора и отметки уровня воды в сооружениях относительно горизонта высоких вод

Расчетные участки	Наименование сооружений	Ориентировочные потери напора, м			Отметка уровня воды
		в сооружении	местные и линейные в коммуникациях	сумма потерь	
И — З	Горизонт ВВ, контактные бассейны	0,2	1,2+0,2	1,6	0,00 1,6
З — Ж	Смеситель	0,5	0,15	0,65	2,25
Ж — Е	Вторичные отстойники	0,6	0,3+0,25	1,15	3,4
Е — Д	Аэротенки	0,4	0,5+0,20	1,1	4,5
Д — Г	Первичные отстойники	0,6	0,3+0,25	1,15	5,65
Г — Г	Водоизмерительное устройство	0,3	0,15	0,45	6,10
Г — В	Песколовки	0,2	0,5+0,15	0,85	6,95
В — Б	Решетки	0,1	0,1+0,1	0,3	7,25
Б — А	Приемная камера	—	0,15+0,1	0,25	7,50

Ход построения наброска показан на рис. 6. Вначале строится профиль участка местности по створу расположения очистной станции, начиная от уреза воды в водоеме до приемного колодца. Далее на профиле вертикальными линиями ограничиваются размеры блоков и отдельных сооружений, обозначенных буквенными символами от *А* до И. Затем горизонтальными линиями показывается уровень воды в сооружениях, начиная от контактного бассейна. По табл. 5 уровень воды в контактном бассейне должен быть на 1,6 м выше горизонта высоких вод, в смесителе — 2,25 м выше ГВВ, во вторичных отстойниках — 3,4 м и т. д. После этого обри-

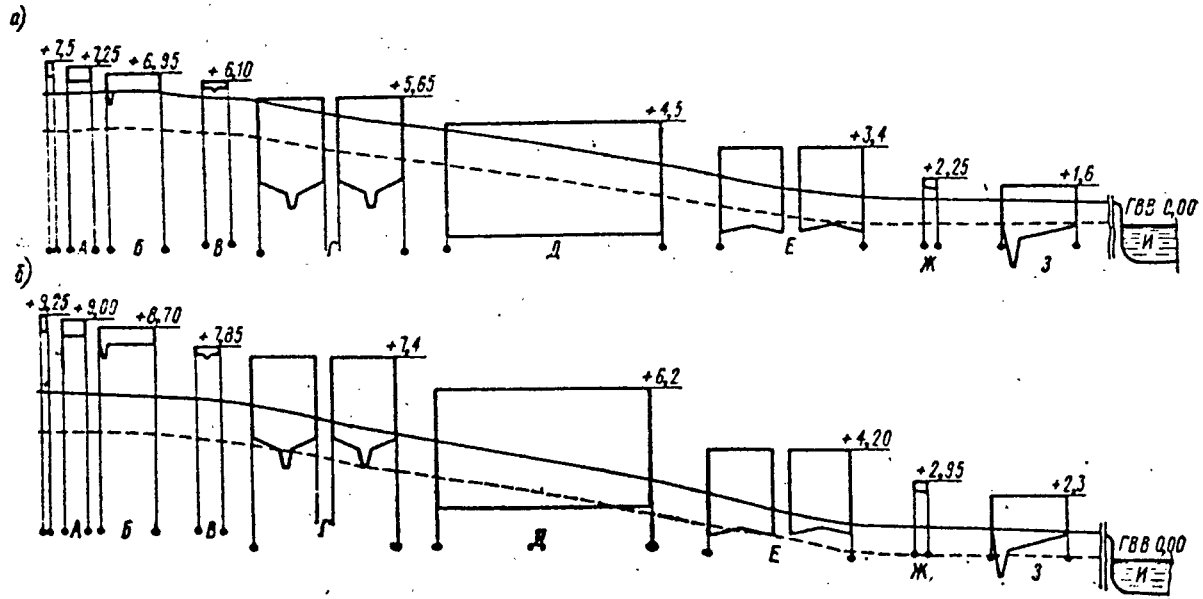


Рис. 6. Набросок профиля по движения воды

совывается контур очистных сооружений (размеры их принимаются в соответствии с расчетами) от уровня поверхности воды до дна. Готовый набросок с контурами сооружений показан на рис. 6, *а*, пунктирной линией на профиле — горизонт грунтовых вод. Набросок дает возможность оценить высотное положение блоков и отдельных сооружений.

Например, из наброска следует, что аэротенк и первичные отстойники излишне заглублены в грунт, что вызовет большие затраты в строительстве очистной станции, особенно в мокрых грунтах (их основание расположено ниже уровня грунтовых вод). Улучшить высотное расположение возможно, например, так, как это показано на верхнем наброске (рис. 6, *б*). Контактный бассейн поднят выше минимальной отметки на 0,7 м, соответственно поднят и смеситель. Вторичные отстойники подняты на 0,8 м, аэротенк — на 1,7 м, первичные отстойники — на 1,75 м и т. д.

Поднимая отметки уровня воды в сооружениях, мы в конечном итоге увеличим отметку уровня воды в приемной камере с 7,5 м до 9,25 м. Между отдельными сооружениями перепад уровней будет большим по сравнению с минимально допустимым, что создаст запас на случай интенсификации очистной станции. С другой стороны, повышение отметки уровня в приемном колодце потребует увеличенных затрат электроэнергии на перекачку сточных вод. Наиболее приемлемое решение определяется технико-экономическими расчетами.

Кроме того, важно иметь в виду, что основания сооружений необходимо располагать на плотном грунте (растительный слой снимается); сооружения и здания, поднятые выше уровня земли, устанавливаются на фундаменты, которые должны опираться на плотный грунт.

В окончательном виде профиль очистной станции строится после вычисления точных гидравлических сопротивлений в распределительных устройствах, сооружениях, лотках и трубах. В отличие от чернового наброска, построение профиля выполняется по самому длинному и гидравлически невыгодному пути следования сточных вод. В профиле показывают одно сооружение из группы однотипных, одну решетку, отделение песколовки, один первичный отстойник и т. д.

После окончательной установки очистных сооружений в плане и в профиле нужно показать обсыпку грунтом или выемки для глубоко расположенных сооружений. Насыпи

и выемки показываются на профиле и в плане верхней и нижней границами. Уклоны откосов принимаются по справочникам в зависимости от свойств грунта.

Примеры построения профиля по движению воды приводятся в [4, 13, 14] и во второй части данного пособия.

Профиль по движению осадков строится по одному из видов осадков, начиная от первичных, вторичных отстойников или от контактных бассейнов. Обычно транспортировка осадков осуществляется при помощи насосов. Отсюда ясно, что высотное расположение сооружений — наиболее удобное для строительства и эксплуатации. Следует стремиться обеспечить самотечное движение осадков между сооружениями. Построение профиля по движению осадков производится аналогично профилю по воде и подробно рассматривается во второй части настоящего учебного пособия.

2.8. Конструирование одного из сооружений очистной станции

По заданию одно из сооружений должно быть вычерчено в объеме технического проекта.

Выполнение этого чертежа нужно точно увязать с результатами расчета, генпланом и профилями движения воды и осадков. Конструкция выбранного сооружения должна быть разработана с учетом новейших достижений отечественной практики проектирования и эксплуатации очистных сооружений. В этом случае нежелательно применять типовое сооружение, но при конструировании можно использовать отдельные узлы и конструктивные детали типового проекта. В случае применения типового проекта следует подробно разработать детали «привязки» (подвод и отвод воды, фундаменты и т. д.)

Принятую конструкцию сооружения (необходимо) увязать с данными о грунтах и грунтовых водах, уровень которых должен быть указан на чертеже. На чертеже, кроме того, должны быть указаны основные размеры и нанесена обсыпка сооружения грунтом.

2.9. Дополнительные рекомендации по методике расчета первичных отстойников

2.9.1. Расчет первичных отстойников

Современный метод расчета отстойников базируется на учете основных явлений, характеризующих процесс гравитационного отделения взвешенных веществ.

1. Кинетика осаждения взвешенных веществ в покоящейся жидкости. Изучение ее проводят в лабораторных цилиндрах и в результате получают зависимость эффекта осветления Э от продолжительности отстаивания t.

Путем сопоставления кривых изменения эффекта очистки на разных глубинах h (высота слоя отстаиваемой жидкости) от поверхности воды в лабораторном цилиндре определяют значение показателя степени агломерации взвеси n. Он характеризует изменение крупности частиц взвеси и продолжительности их осаждения t в зависимости от высоты слоя жидкости h. Соотношение между продолжительностями отстаивания и высотами слоя жидкости выражается следующим образом:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^n \qquad (1)$$

2. Гидродинамические условия движения жидкости в отстойниках. Характер движения жидкости обусловлен впускными и сборными устройствами, а также конструктивными особенностями отстойников (соотношением длины, глубины и ширины отстойников, конструкцией устройств для удаления осадка). В общем виде влияние всех упомянутых факторов отражено методами математической статистики при определении времени пребывания отдельных элементов потока жидкости в отстойниках.

Путем ввода трассера (красителя, раствора соли и т. п.) в отстойник и фиксации его на выходе выявляется картина изменения концентрации вводимого вещества во времени в потоке жидкости, выходящем из отстойника. Отношение времени выхода наиболее концентрированных потоков к среднему времени пребывания воды в отстойнике оценивается коэффициентом k гидродинамического совершенства работы отстойника. По степени совершенства гидродинамических условий отстойники подразделяются следующим образом:

— для радиальных отстойников с вращающимися сборно-распределительными устройствами (наиболее полное приближение к покоящейся жидкости) k принимают равным 0,85;

— для горизонтальных, радиальных и вертикальных отстойников величину k принимают соответственно 0,5; 0,45 и 0,35.

3. Изменение скорости выпадения взвеси в динамических условиях движущегося потока жидкости — по сравнению с осаждением ее в покое — учитывается зависимостью

$$\frac{t_{дин}}{t_{ст}} = \left(\frac{kH}{h}\right)^n, \qquad (2)$$

где $t_{дин}$ и $t_{ст}$ — продолжительность осаждения взвеси в динамических и статических условиях; H и h — глубина слоя воды в отстойнике и экспериментальном цилиндре.

Метод расчета подробно изложен в СНиП [1] и учебнике [4]. Начиная расчет любого отстойника, необходимо задать по меньшей мере две величины — высоту проточного слоя воды H и количество секций (отстойников) m. Без достаточного опыта затруднительно назначить обе величины безошибочно. Логично до основного расчета провести прикидочный, на основании которого можно было бы выбрать одно или несколько решений, удовлетворяющих поставленным условиям (очередности строительства, унификации числа секций, применению типовых проектов).

Прикидка заключается в определении объема и размеров отстойников при различном числе секций (отстойников) и заданном эффекте осветления.

Как известно, суммарный объем проточной части отстойников равен $Q_{макс}\, t_p$. Продолжительность отстаивания t_p в явном виде не участвует в принятом в настоящее время методе расчета.

Возможно ориентировочно определить t_p по заданному эффекту осветления и требуемой продолжительности осветления жидкости в статических условиях по данным табл. 30 [1]. Ориентировочная продолжительность отстаивания t_p может быть определена по эмпирической формуле

$$t_p = at\,\frac{\left(\frac{kH}{h}\right)^n}{k^2}, \qquad (3)$$

где a — коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости на осаждение взвешенных веществ, принимаемый по табл. 28′ [1].

Значение t выбирается по табл. 30 [1] в зависимости от требуемого эффекта осветления и концентрации взвешенных веществ в сточных водах. Неизвестной остается величина H, которую можно назначить по рекомендуемым нормами условиям конструирования отстойников.

Для *горизонтальных отстойников* оптимальное соотношение между длиной L и высотой проточного слоя H — от 8 до 12, а между шириной B и H — от 1,5 : 1 до 3 : 1, чаще — 2 : 1 [1].

Отсюда

$$W = mLBH = m(10H)(2H)H = 20mH^3. \quad (4)$$

В данном случае (ориентировочно) средние соотношения $L : H = 10 : 1$ и $B : H = 2 : 1$, следовательно,

$$H = \sqrt[3]{\frac{W}{20m}}. \quad (5)$$

Далее следует обратиться к СНиП [1], где указано, что глубина отстойников обычно принимается в пределах от 1,5 до 3 м. В рассматриваемых для курсовых проектов случаях рекомендуется назначать ориентировочное значение H порядка 2—3 м, в среднем — 2,5 м.

Подставляя эту величину в (5), найдем m, а в (3) — получим новое уравнение

$$t_p = \alpha t \frac{\left(\frac{0{,}5 \cdot 2{,}5}{0{,}5}\right)^{0{,}25}}{(0{,}5)^2} \cong 5\alpha t. \quad (6)$$

Ход прикидки таков: определяют t_p по (6) в соответствии с заданным эффектом осветления, объем отстойников W (как $Q_{макс}\, t_p$) и по формуле (5) рассчитывают ряд ориентировочных значений H в зависимости от числа секций m.

По результатам прикидки выбирают наиболее подходящие варианты решений, которые затем просчитываются по формулам 23 и 25 СНиП [1]. Если полученные результаты полностью удовлетворяют всем требованиям, расчет заканчивают проверкой фактической скорости движения воды в проточной части отстойников по формуле 26 [1].

ПРИМЕР. Расход сточных вод $Q_{макс} = 3716$ м³/ч. Требуемый эффект осветления 55% (при исходной концентрации взвешенных веществ 316 мг/л), продолжительность отстаивания жидкости в статических условиях t по табл. 30 [1] составляет 790 с. Значение H принято равным 2,5 м. Среднезимняя температура сточных вод 14,5°, поэтому значение α по табл. 28′ [1] составит 1,14. Следовательно,

$$t_p = 5 \cdot 1{,}14 \cdot 790 = 4500 \text{ с или } 1{,}25 \text{ ч};$$

$$W = 3716 \cdot 1{,}25 = 4540 \text{ м}^3.$$

Ряд значений расхода сточных вод на одну секцию q, объемы одной секции W_1, высоты проточной части H по формуле (5) приведены в табл. 6. Там же указаны ориентировочная ширина секции отстойника по соотношению $B:H=2:1$ и ориентировочная скорость движения воды $V_р$, которая определена по формуле

$$V_р = \frac{q}{3{,}6BH}. \qquad (7)$$

Таблица 6

Ориентировочные параметры горизонтальных отстойников

Параметры	Число секций n					
	3	4	6	8	10	12
Расход сточных вод на одну секцию, м³/ч	1240	930	620	465	372	310
Объем одной секции, м³	1550	1160	775	580	465	390
Высота проточной части, м	4,25	3,85	3,4	3,05	2,85	2,7
Ширина секции, м	8,5	7,7	6,8	6,1	5,7	5,4
Скорость движения воды $V_р$, мм/с	9,5	8,7	7,5	6,9	6,4	5,9

Анализ табл. 6 доказывает целесообразность назначения числа секций отстойников от 8 до 12.

В этом случае могут получиться приемлемые решения: высота проточной части от 2,7 до 3 м, ширина секций порядка от 5,4 до 6,1 м, скорость движения воды не выше 7 мм/с.

Принимая во внимание существующую унификацию строительных конструкций, рассмотрим 2 варианта размеров отстойников, уточняющих данные табл. 6:

а) $m=8$; $V_р=7{,}2$ мм/с; $H=3{,}0$ м; $B=6{,}0$ м;

б) $m=12$; $V_р=5{,}7$ мм/с; $H=2{,}5$ м; $B=6{,}0$ м.

По формулам (25) и (23) норм [1] следует:

а) $$U_0 = \frac{1000 \cdot 0{,}5 \cdot 3{,}0}{1{,}44 \cdot 790 \cdot 1{,}20} = 1{,}3 \text{ мм/с};$$

$$L = \frac{7{,}2 \cdot 30}{0{,}5 \cdot 1{,}3} = 33{,}3 \text{ м};$$

принято: $L=36$ м; $H=3$ м; $B=6$ м;

б) $$U_0 = \frac{1000 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}5}{1{,}14 \cdot 790 \cdot 1{,}25} = 1{,}11 \text{ мм/с};$$

$$L = \frac{5{,}7 \cdot 2{,}5}{0{,}5 \cdot 1{,}11} = 28{,}2 \text{ м};$$

принято: $L = 30$ м; $H = 2{,}5$ м; $B = 6$ м.

Указанные варианты решений (их может быть более двух) дают возможность в дальнейшем согласовать количество секций первичных отстойников, аэротенков или биофильтров, вторичных отстойников, фильтров доочистки, контактных бассейнов, назначить очередность строительства, определить перечень унифицированных железобетонных элементов для строительства очистных сооружений. Окончательное решение принимается на основе упомянутых выше требований и технико-экономических расчетов.

Для *радиальных отстойников* рекомендуется соотношение между диаметром D и высотой проточной части от 6 : 1 до 12 : 1 (в среднем 8 : 1) в принятом диапазоне изменения расходов сточных вод (см. задания).

Общий объем отстойников

$$W = m \frac{\pi D^2}{4} H = m \frac{\pi D^2}{4} \frac{D}{8} \approx 0{,}1 m D^3 \qquad (8)$$

Диаметр одного отстойника

$$D = \sqrt[3]{\frac{W}{0{,}1m}}. \qquad (9)$$

Глубину радиальных отстойников рекомендуется назначать от 1,5 до 5 м, чаще — от 2,7 м до 4 м. Для ориентировочных расчетов примем $H = 3$ м, и тогда формула (3) приобретет такой вид:

$$t_p = at \frac{\left(\frac{0{,}45 \cdot 3}{0{,}5}\right)^{0{,}25}}{(0{,}45)^2} \cong 6{,}5at. \qquad (10)$$

Так же, как и в предыдущем случае, по величине t_p и максимальному расходу сточных вод определяются ориентировочный общий объем отстойников, а по формулам (8) и (9) — диаметр и глубина отстойников в зависимости от их числа. После прикидки расчет ведут по формулам 24 и 25 норм [1].

ПРИМЕР. Исходные данные приняты по предыдущему примеру: $Q_{макс} = 3716$ м³/ч; $Э = 55\%$; $K_{взв} = 316$ мг/л; $T = 14{,}5°$.

По формуле (10)

$$t_p = 6{,}5 \cdot 1{,}14 \cdot 790 = 5830 \text{ с или } 1{,}63 \text{ ч.}$$

Общий объем отстойников

$$W = 3716 \cdot 1{,}63 \cong 6050 \text{ м}^3.$$

В табл. 7 приведены результаты прикидки.

Таблица 7

Ориентировочные параметры радиальных отстойников

Параметры	Число отстойников m				
	2	3	4	6	8
Расход сточных вод на один отстойник, м³/ч	1860	1240	930	620	465
Объем одного отстойника, м³	3030	2020	1515	1010	760
Диаметр отстойника, м	31,2	27,3	24,7	21,6	19,7
Высота проточной части, м ($H = D/8$)	3,9	3,4	3,1	2,7	2,45
Скорость движения воды в среднем сечении, мм/с	2,7	2,35	2,15	1,9	1,7

Скорость движения воды вычислена по формуле

$$V = \frac{2q}{3{,}6\pi DH}. \qquad (11)$$

Значение скорости необходимо знать при назначении вертикальной составляющей в формуле 25 [1].

Анализ результатов прикидки свидетельствует о нецелесообразности установки двух отстойников, объем которых — согласно указанию [1] — должен быть увеличен в 1,2—1,3 раза.

Варианты с тремя, четырьмя и шестью отстойниками более рациональны в строительстве и эксплуатации.

При большем количестве отстойников выход одного из них из строя не приводит к резкой перегрузке других. Исходя из этого принимаем варианты с 4 и 6 отстойниками.

По варианту с 4 отстойниками назначаем $H = 3{,}0$ м, и тогда

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 0{,}45 \cdot 3{,}0}{1{,}14 \cdot 790 \cdot 1{,}29} - 0 = 1{,}16 \text{ мм/с;}$$

$$R = \sqrt{\frac{930}{3{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}16}} = 12{,}6 \text{ м}.$$

Приняты отстойники диаметром 24,0 м.

По варианту с 6 отстойниками назначаем $H = 2{,}7$ м;

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 0{,}45 \cdot 2{,}7}{1{,}14 \cdot 790 \cdot 1{,}25} - 0 = 1{,}08 \text{ мм/с};$$

$$R = \sqrt{\frac{620}{3{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}08}} = 10{,}4 \text{ м}.$$

В этом случае возможно запроектировать нетиповые отстойники диаметром 22 м.

Очевидно, что второй вариант менее выгоден, поскольку диаметр отстойника изменился незначительно, а количество их возросло весьма существенно (в 1,5 раза).

Вертикальные отстойники рассчитываются аналогичным образом. Следует принимать высоту проточной части порядка 3,5 м, количество отстойников — не менее 4 и не более 12.

Формула (3) приводится к виду

$$t_p = \alpha t \frac{\left(\frac{0{,}35 \cdot 3{,}5}{0{,}5}\right)^{0{,}25}}{(0{,}35)^2} = 9{,}5\alpha t. \qquad (12)$$

Все остальные расчеты, за исключением расчета скорости движения воды в среднем сечении, выполняются по формулам для радиальных отстойников. При вычислении U_0 значение вертикальной составляющей принимают равной нулю во всех случаях. Следует учесть указание норм [1] о том, что диаметр вертикальных отстойников не должен выходить за пределы 4—9 м.

Остальные элементы конструкций отстойников определяются по рекомендациям учебника, учебных пособий и справочникам [1, 4, 9, 13, 14, 21].

2.9.2. Расчет отстойников с предварительной аэрацией сточных вод

Большой вынос взвешенных веществ из первичных отстойников резко увеличивает прирост активного ила в аэротенках и, соответственно, размеры сооружений для обработки осадков, а также эксплуатационные затраты на их обезвреживание и обезвоживание.

Обычно радиальные и горизонтальные отстойники обеспечивают эффект осветления порядка 55—60%, а дальнейшее

повышение эффекта приводит к чрезмерному увеличению размеров отстойников. Например, по табл. 30 [1] можно заметить, что повышение эффекта осветления с 60 до 70% при концентрации взвешенных веществ 300 мг/л увеличивает почти в три раза, соответственно и объем отстойников. Учитывая это обстоятельство, следует предусматривать интенсификацию первичного отстаивания при концентрации взвешенных веществ более 300 мг/л.

Интенсификация работы отстойников обычно достигается за счет преаэрации и использования флокулирующих свойств активного ила из аэротенков и биологической пленки биофильтров. Избыточный активный ил или биопленку подвергают регенерации и затем подают в преаэраторы. Расчет регенераторов и преаэраторов выполняют по нормам [1].

Эффективность задержания загрязнений в отстойниках с преаэраторами увеличивается на 10—15% — как по взвешенным веществам, так и по БПК. Увеличение эффективности осветления за счет биофлокуляции не учтено в методе расчета отстойника, в связи с чем необходимо вводить в него поправки.

Упрощенный метод расчета заключается в следующем. Концентрация взвешенных веществ в поступающих сточных водах условно уменьшается на 10—15%, а отстойник рассчитывается на максимальный эффект очистки 55—60%. Ход расчета показан на примере, помещенном ниже.

ПРИМЕР. Концентрация взвешенных веществ в сточных водах 400 мг/л. Предусмотрена предварительная аэрация сточных вод, которая позволит дополнительно задержать 15% взвешенных веществ. Допустимое содержание взвешенных веществ в осветленной воде — 150 мг/л.

Условная концентрация взвешенных веществ для расчета отстойников — 340 мг/л (0,85·400).

Требуемый эффект осветления

$$\Э_{тр} = \frac{340 - 150}{340} 100 \approx 56\%.$$

С учетом некоторого запаса принимаем эффект осветления 60%.

По табл. 30 норм [1] назначаем $t = 914$ с при эффекте 60% и концентрации взвешенных веществ 340 мг/л (интерполяция данных при эффекте очистки 60% и концентрации взвеси 300 и 500 мг/л).

Ход дальнейшего расчета можно вести по методу, описанному ранее.

Горизонтальные отстойники блокируются с преаэраторами таким образом, чтобы избежать дробления образующихся хлопьев взвешенных веществ и активного ила во время движения сточных вод из преаэратора в отстойник. Блокировка преаэраторов с радиальными отстойниками осуществляется более сложно, поскольку транспортировка воды из преаэратора в отстойник по трубам нежелательна.

В связи с этим обстоятельством преаэратор располагают в центральной части отстойника, что вызывает изменение его конструкции и расчета.

Схема радиального отстойника с преаэратором показана на рис. 7.

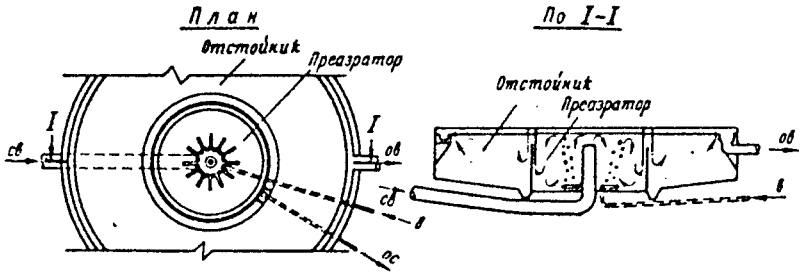


Рис. 7. Схема радиального отстойника с преаэратором
св — сточные воды; ов — осветленная вода; ос — осадок; в — сжатый воздух

Расчет отстойника такой конструкции производится по следующей схеме.

Сначала определяют общий объем преаэраторов ($W_{пр}$) по расходу сточных вод и продолжительности аэрации ($W_{пр}=Q\,t_{пр}$) [1]. Далее по формуле (10) рассчитывают ориентировочную продолжительность отстаивания по требуемому эффекту осветления и условной концентрации взвешенных веществ, определенных с учетом дополнительного эффекта осветления. Затем рассчитывают ориентировочный объем отстойника. Сумма объемов собственно отстойника и преаэратора позволяет назначить глубину сооружения и их количество. Следует иметь в виду, что соотношение между диаметром и глубиной отстойников с преаэрацией изменяется, увеличиваясь до 10 : 1. Формулы (8) и (9) в этом случае изменятся, то есть

$$W = m\frac{\pi D^2}{4}H = m\frac{\pi}{4}(10H)^2 H \cong m80H^3; \quad (13)$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{W}{80m}}. \quad (14)$$

Определив ориентировочное количество отстойников, их диаметр и глубину, поступаем следующим образом.

1. Определяем гидравлическую крупность по формуле (25) норм [1], принимая ω равной нулю.

Высота проточной части известна из ориентировочных расчетов. Значение t принимается по требуемому эффекту очистки и условной концентрации взвеси.

2. Радиус отстойника с преаэратором определяем по формуле (24) [1] с учетом площади преаэратора $\left(\frac{W_{пр}}{mH}\right)$

$$R = \sqrt{\frac{W_{пр}}{\pi mH} + \frac{Q}{3{,}6\pi KU_0}} \quad (15)$$

3. Радиус преаэраторов

$$r = \sqrt{\frac{W_{пр}}{\pi mH}} \quad (16)$$

4. Фактическая средняя скорость (мм/с) в сечении на половине радиуса отстойника

$$V = \frac{Q}{3{,}6\pi H(R+r)}. \quad (17)$$

5. В заключение выполняем проверку необходимой длины отстойника по радиусу, представляя его как элемент горизонтального отстойника

$$L = \frac{VH}{KU_0}. \quad (18)$$

Значение k принимается равным 0,45, а U_0 — по формуле (25) норм [1].

Если длина отстойника по формуле (18) получится больше, чем $R - r$, то радиус отстойника принимают равным $L + r$.

ПРИМЕР. Концентрация взвешенных веществ в сточных водах 400 мг/л, допустимая концентрация их в осветленной воде — 150 мг/л.

Расход сточных вод — 3200 м³/ч, температура — 15 °С.

Как и в предыдущем случае, принимаем дополнительное снижение концентрации взвеси до 15%. Ее условная концент-

рация при расчете отстойника составит 340 мг/л, требуемый эффект осветления — 53%. Округляем с запасом до 60%, значение t по [1] составит 914 с.

Объем преаэраторов определим по времени пребывания в них сточных вод (объем избыточного ила можно не учитывать) — 20 мин,

$$W_{пр} = 3200 \frac{20}{60} = 1070 \text{ м}^3.$$

Ориентировочная продолжительность отстаивания (10)

$$t_р = 6{,}5 \alpha t = 6{,}5 \cdot 1{,}14 \cdot 914 = 6800 \text{ с или } 1{,}88 \text{ ч}.$$

Ориентировочный объем отстойников

$$W_{от} = 3200 \cdot 1{,}88 = 6010 \text{ м}^3.$$

Суммарный объем сооружений

$$W = 1070 + 6010 = 7080 \text{ м}^3.$$

Далее, принимая $D = 10H$, по формулам (13) и (14) находим ряд значений H и D в зависимости от числа секций. Данные расчета сведены в табл. 8.

Таблица 8

Ориентировочные параметры радиальных отстойников со встроенными преаэраторами

Параметры сооружений	Число отстойников m			
	3	4	6	8
Расчетный расход сточных вод на отстойник, м³/ч	1067	800	533	400
Высота проточной части, м	3,1	2,8	2,45	2,25
Диаметр отстойника, м ($D = 10H$)	31	28	24,5	22,5

Принимаем вариант с 4 отстойниками, высоту проточной части которых уменьшим до 2,7 м по аналогии с типовыми проектами.

Гидравлическая крупность частиц взвеси (при $Э = 60\%$, $t = 914$ с, $H = 2{,}7$ м)

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 0{,}45 \cdot 2{,}7}{1{,}14 \cdot 914 \cdot 1{,}25} = 0{,}93 \text{ мм/с}.$$

Радиус отстойника R с преаэратором по формуле (15)

$$R=\sqrt{\frac{1070}{3,14\cdot4\cdot2,7}+\frac{800}{3,6\cdot3,14\cdot0,45\cdot0,93}}=13,8\text{ м}.$$

Радиус преаэраторов (16)

$$r=\sqrt{\frac{1070}{3,14\cdot4\cdot2,7}}=5,6\text{ м}.$$

Длина собственно отстойника по радиусу

$$R-r=13,8-5,6=8,2\text{ м}.$$

Скорость движения воды в среднем сечении по формуле (17)

$$V=\frac{800}{3,6\cdot3,14\cdot2,7\cdot19,4}=1,42\text{ мм/с}.$$

Необходимая длина отстойника по радиусу (18)

$$L=\frac{1,42\cdot2,7}{0,45\cdot0,93}=9,1\text{ м}.$$

Сравнивая полученную величину L с длиной собственно отстойника $(R-r)$, видим, что значение L несколько больше, поэтому увеличиваем длину отстойника по радиусу до 9,1 м.

Полный радиус отстойника с преаэратором

$$R=r+L=5,6+9,1=14,7\text{ м}.$$

Принимаем диаметр отстойника равным 30 м. При конструировании сооружения размеры его могут несколько измениться за счет увеличения глубины преаэратора, что можно заметить по схеме рис. 7. Преаэратор может быть большей высоты, нежели высота проточной части отстойников.

Особое внимание при расчете отстойников следует обратить на вычисление объема выпадающих осадков. В отстойниках задерживаются взвешенные вещества из сточных вод и избыточный активный ил. Взвешенные вещества, как и осадок первичных отстойников без преаэрации, уплотняются до 93,5% при выгрузке плунжерными насосами и до 95% при удалении под гидростатическим напором или центробежными насосами. Активный ил уплотняется до влажности 97,3—97,5%.

Объем задержанного избыточного ила $W_и$ за сутки

$$W_и=Q_и\frac{100-P_1}{100-P_2},\ \text{м}^3/\text{сут},$$

где P_1 — влажность циркулирующего активного ила (99,6% при концентрации ила 4 г/л); P_2 — влажность ила в осадке, 97,3—97,5%.

Объем осадка $W_{взв}$, образующегося из задержанных взвешенных веществ,

$$W_{взв} = \frac{Q_{сут} \cdot K_{взв} \cdot Э \cdot 100}{10^3 (100 - P)}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где Э — полный эффект осветления с учетом предварительной аэрации в долях единицы; P — влажность осадка при принятом способе его выгрузки.

Суммарное количество W осадка

$$W = W_и + W_{взв}.$$

Средняя влажность осадка $P_{ср}$, выгружаемого из отстойников,

$$P_{ср} = 100 - \frac{W_и (100 - P_2) + W_{взв} (100 - P)}{W}, \%.$$

Эта величина необходима для расчета коммуникаций и сооружений по обработке осадка.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ОЧИСТНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

На основании нижеперечисленных исходных данных, справочной и нормативной литературы требуется составить проект очистной канализационной станции для сточных вод условного г. Кустогорска, расположенного на реке Туме. Ситуационный генплан территории, отведенной под строительство очистной станции с указанием места нахождения главной насосной станции, помещен на рис. 8.

3.1. Исходные данные для проектирования

1. Город Кустогорск расположен на юге Калининской области.
2. Население города составляет 155697 чел.
3. Норма водоотведения принята равной 350 л/чел·сут.
4. В городе размещены два крупных промышленных предприятия — мясокомбинат и кокономотальная фабрика. Данные по этим промпредприятиям (пункты задания 5—9) сведены в табл. 9.

Данные по промпредприятиям

Данные по промпредприятиям	Мясокомбинат	Кокономотальная фабрика
Расход промышленных сточных вод, м³/сут	7000	3003
Количество смен работы предприятия и соотношение расходов между сменами	2 4 : 3	3 1 : 1 : 1
Общее количество трудящихся на промпредприятиях (чел.) и распределение их по сменам, в том числе:	3471 1 : 1	2902 1 : 1 : 1
в холодных цехах	724+725	501+501+501
в горячих цехах	1011+1011	466+467+466
пользуются душем		
в холодных цехах, % (7 чел. на 1 душевую сетку)	16,25	11,2
в горячих цехах, % (5 чел. на 1 душевую сетку)	46,29	31,0
Коэффициент неравномерности притока промышленных сточных вод по часам смен	1,54	1,79
Состав промышленных сточных вод:		
БПК, мг/л	1281	857
взвешенные вещества, мг/л	874	700
Среднегодовая температура, °С	18	15

9. Данные по реке Туме:

а) вид водопользования — санитарно-бытовой, I категории;

б) минимальный расход воды в реке в гидрологический год 95%-ной обеспеченности — 24 м³/с;

в) средняя скорость течения воды при ГНВ — 0,45 м/с;

г) средняя глубина при ГНВ — 2,13 м;

д) максимальная глубина при ГНВ — 4,5 м;

е) ширина водоема при ГНВ — 25 м;

ж) ширина водоема при ГВВ — 76 м;

з) расстояние до контрольного створа — 4500 м;

и) коэффициент извилистости — $\varphi = 1{,}1$.

10. Состав воды реки Тумы:

$БПК_п$ — 2,5 мг/л;

концентрация взвешенных веществ — 10 мг/л;

концентрация растворенного кислорода в летний период — 8 мг/л;

температура речной воды в этот же период — 20°.

11. На плане территории, отведенной для строительства очистной станции, дано:

а) ГВВ — 60 м; ГМВ — 59,2 м; ГНВ — 58,24 м; ГЛ — 58,35 м;

б) грунты представлены суглинками на глубине 3,0 м, ниже — глинами с валунными включениями;

в) глубина залегания грунтовых вод — 3,0 м;

г) грунтовые воды не агрессивны к металлу и бетону.

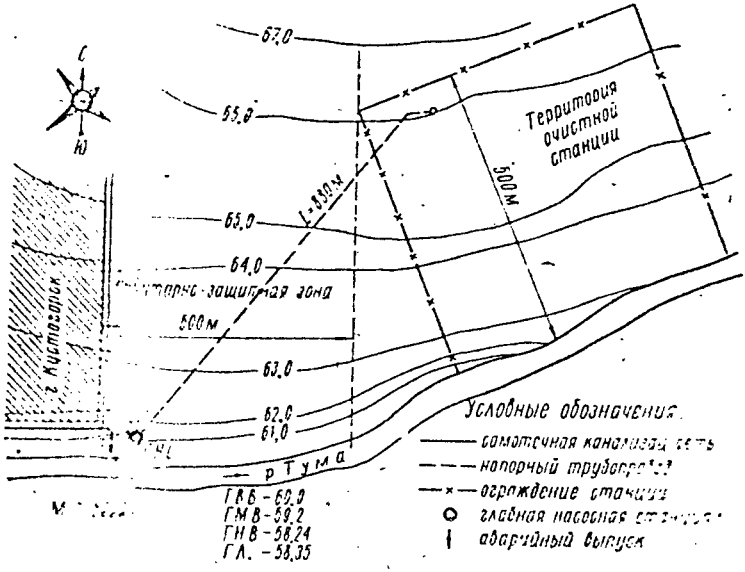


Рис. 8. План участка, отведенного под строительство очистной станции (пример условный)

12. По заданию в курсовом проекте требуется разработать в стадии технического проекта контактный бассейн.

По данным климатологического справочника [11] получены следующие дополнительные сведения о естественных условиях строительства в районе города: глубина промерзания грунта — 2,5 м, климат континентальный, среднегодовая температура воздуха +5°, количество атмосферных осадков в год — 700 мм, число дней в году с отрицательной температурой — 150.

По данным эксплуатации канализации в соседнем городе, находящемся на расстоянии 18 км, среднезимняя температура сточной воды равна 14°.

По данным задания (пункты 2, 3) и табл. 9 составлена табл. 10 притока сточных вод на главную насосную станцию. Согласно [1], очистные сооружения рассчитываются по расходам притока сточных вод.

3.2. Определение средних концентраций загрязнений общего стока

Концентрации загрязнений бытовых сточных вод по взвешенным веществам и $БПК_{20}$ определяются по формуле (1)

$$K^{б}_{вв} = \frac{a \cdot 1000}{q_н} = \frac{65 \cdot 1000}{350} = 185 \text{ мг/л};$$
$$K^{б}_{БПК_{20}} = \frac{40 \cdot 1000}{350} = 114{,}5 \text{ мг/л}, \quad (19)$$

где а-65 и 40 г/сут на человека — норма загрязнений принята согласно [1]; $q_н$ — средняя норма водоотведения, л/сут на 1 чел.

Средние концентрации загрязнений общего стока $K_{ср}$ определяются по формуле

$$K_{ср} = \frac{\Sigma KQ}{\Sigma Q} \text{ мг/л}, \quad (20)$$

где ΣKQ — сумма произведений величин усредняемого загрязнения и соответствующих величин сточных вод отдельных потоков; ΣQ — сумма указанных расходов, м³/сут.

При определении $K_{ср}$ загрязнения в бытовых и душевых стоках промпредприятий не учитываются, поскольку они входят в сумму загрязнений от населения города.

Расход бытовых сточных вод города (табл. 10) $Q_г^б = 54494{,}04$ м³/сут.

Расход бытовых и душевых сточных вод на промышленных предприятиях $Q_{пр}^{бг} = 36{,}22 + 16{,}8 + 91{,}0 + 93{,}6 + 37{,}56 + 12{,}0 + 62{,}97 + 43{,}2 = 393{,}35$ м³/сут;

$$K^{ср}_{вв} = \frac{185 \cdot 54\,494{,}04 + 874 \cdot 7000 + 700 \cdot 3003^{*}}{54\,494{,}04 + 7000 + 3003 + 393{,}35} = 282 \text{ мг/л};$$

$$K^{ср}_{БПК_{20}} = \frac{114{,}5 \cdot 54\,494{,}04 + 1281 \cdot 7000 + 857 \cdot 3003}{54\,494{,}04 + 7000 + 3003 + 393{,}35} = 274 \text{ мг/л};$$

$$t_{ср} = \frac{14 \cdot (54\,494{,}04 + 393{,}35) + 18 \cdot 7000 + 15 \cdot 3003}{64\,890{,}39} = 14{,}5°.$$

Часы суток	Расходы с жилых кварталов		Мясокомбинат							
			Расход технологических сточных вод		Хозяйственно-бытовые стоки					
					Холодные цеха		Горячие цеха			
	%	м³/ч	%	м³/ч	%	м³/ч	души, м³/ч	%	м³/ч	души, м³/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0—1	2,1	1144,48					8,4			46,8
1—2	2,1	1444,48								
2—3	2,13	1160,84								
3—4	2,13	1160,81								
4—5	2,13	1160,84								
5—6	5,00	2724,68								
6—7	5,00	2724,68								
7—8	5,125	2792,60								
8—9	5,125	2792,60	9,3	372	12,5	2,9		12,5	5,7	
9—10	5,125	2792,60	14,3	572	6,25	1,09		7,5	3,4	
10—11	5,125	2792,60	19,25	770	6,25	1,09		7,5	3,4	
11—12	5,0	2724,68	14,3	572	18,75	3,28		18,70	8,5	
12—13	4,8	2615,70	—	—	6,25	1,09		7,5	3,4	
13—14	5,125	2792,60	14,3	572	6,25	1,09		7,5	3,4	
14—15	5,125	2792,60	9,3	372	6,25	1,09		7,5	3,4	
15—16	5,125	2792,60	19,25	770	37,25	6,48		31,3	14,3	
16—17	5,125	2792,60	9,85	295	12,5	2,9	8,4	12,5	5,7	46,8
17—18	5,12	2790,08	14,3	430	6,25	1,09		7,5	3,4	
18—19	5,12	2790,08	18,7	560	6,25	1,09		7,5	3,4	
19—20	5,11	2785,17	14,3	430	18,75	3,28		18,70	8,5	
20—21	5,11	2785,17	—	—	6,25	1,09		7,5	3,4	
21—22	4,0	2179,79	9,85	296	6,25	1,09		7,5	3,4	
22—23	2,05	1117,25	14,3	430	6,25	1,09		7,5	3,4	
23—24	2,10	1144,48	18,7	560	37,5	6,48		31,3	14,3	
ИТОГО:	100	54 491,04	200	7000	200	36,22	16,8	200	91,0	93,6

Примечания: 1. Средний часовой расход сточных вод: $\frac{64890,39}{24} =$ $= 2703,766$ м³/ч.

2. Максимальный часовой расход (согласно табл. 10): 3716,38 м³/ч.

Таблица 10

на главную насосную станцию

Кокономотальная фабрика								
Расход технологических сточных вод		Хозяйственно-бытовые стоки						Суммарный приток, м³/ч
		Холодные цеха			Горячие цеха			
%	м³/ч	%	м³/ч	души, м³/ч	%	м³/ч	души, м³/ч	
12	13	14	15	16	17	18	19	20
6,19	62	12,5	1,56	4,0	12,5	2,63	14,4	1284,27
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		1289,83
14,29	143	18,75	2,36		18,7	3,93		1310,13
—	—	6,25	0,78		7,5	1,57		1163,19
22,38	224	6,25	0,78		7,5	1,57		1387,19
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		2870,03
22,37	224	6,25	0,78		7,5	1,57		2951,03
6,19	62	37,5	4,70		31,3	6,58		2865,88
6,19	62	12,5	1,56	4,0	12,5	2,63	14,4	3257,79
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		3514,44
14,29	143	18,75	2,36		18,7	3,93		3716,38
—	—	6,25	0,78		7,5	1,57		3310,81
22,38	224	6,25	0,78		7,5	1,57		2846,54
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		3514,44
22,37	224	6,25	0,78		7,5	1,57		3395,44
6,19	62	37,5	4,70		31,3	6,58		3656,66
6,19	62	12,5	1,56	4,0	12,5	2,63	14,4	3235,99
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		3369,92
14,29	143	18,75	2,36		18,7	3,93		3203,86
—	—	6,25	0,78		7,5	1,57		3229,3
22,38	224	6,25	0,78		7,5	1,57		3016,01
14,29	143	6,25	0,78		7,5	1,57		2624,63
22,37	224	6,25	0,78		7,5	1,57		1778,09
6,19	62	37,5	4,70		31,3	6,58		1798,54
300	3003	300	37,56	12,0	300	62,97	43,2	64890,39

3. Средний секундный расход: $\frac{64\,890,39}{86\,400} = 0,751$ м³/с.

4. Максимальный секундный расход: $\frac{3716,38 \cdot 1000}{3600} = 1032,33$ л/с.

3.3. Вычисление приведенного числа жителей

Определим приведенное число жителей:

$$N_{пр} = N + N_{ф} \quad \text{и} \quad N_{ф} = \frac{\sum K_{пр} Q_{пр}}{a}, \qquad (21)$$

где $N_{пр}$ — приведенное число жителей; N — фактическое население города; $N_{ф}$ — число жителей, эквивалентное загрязнению промышленных стоков; $\sum K_{пр} Q_{пр}$ — сумма произведений величин концентраций одноименных загрязнений и соответствующих расходов промышленных сточных вод каждого промышленного предприятия. Показатели фиктивного и приведенного числа жителей по взвешенным веществам составят:

$$N_{ф} = \frac{874 \cdot 7000 + 700 \cdot 3003}{65} = \frac{8\,052\,100}{65} = 126\,463 \text{ чел.};$$

по БПК:

$$N_{ф} = \frac{1281 \cdot 7000 + 857 \cdot 3003}{40} = 288\,514 \text{ чел.};$$

$$N_{пр}^{вв} = 155697 + 126463 = 282160 \text{ чел.};$$

$$N_{пр}^{БПК} = 155697 + 288514 = 444211 \text{ чел.}$$

3.4. Выбор места выпуска сточных вод и расположения очистной станции

На рис. 8 приведен ситуационный генплан расположения очистной станции. Участок, отведенный под строительство очистной станции, согласно требованиям СНиП [1], расположен в 500 м от границы застройки города ниже по течению реки на незатапливаемой территории. Рельеф местности образует пологий склон к реке. Разница геодезических отметок в границах участка составляет 6 м (до горизонта высоких вод).

Очистные сооружения станции целесообразно расположить на этом склоне в перпендикулярном направлении к берегу реки.

Выпуск очищенных сточных вод возможен в любом месте участка реки в пределах очистной станции.

3.5. Определение необходимой степени очистки сточных вод

3.5.1. Определение коэффициента смешения

Ниже по течению реки на расстоянии 5,5 км (от места выпуска) расположен водозабор водопровода крупного поселка.

Контрольный створ, для которого определяется коэффициент смешения, располагается на 1,0 км выше водозабора, то есть в 4,5 км от места выпуска.

Коэффициент смешения рассчитывается по формулам Фролова — Родзиллера с учетом возможности устройства берегового либо руслового выпуска (сосредоточенного и рассеивающего).

Расчеты рекомендуется вести на ЭВМ по всем возможным вариантам выпусков; один из них просчитывается в курсовом проекте самим студентом для проверки правильности ввода исходных данных в ЭВМ. Результаты расчета необходимой степени очистки по вариантам выпусков анализируют затем с целью выбора наиболее приемлемого решения.

В данном случае приводим вариант расчета руслового сосредоточенного выпуска.

По пункту 9 задания $\varphi = 1{,}1$.

Далее
$$E = \frac{V_{ср} H_{ср}}{200} = \frac{0{,}45 \cdot 2{,}13}{200} = 0{,}0048; \qquad (22)$$

$$\alpha = \varphi \zeta \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1{,}1 \cdot 1{,}5 \sqrt[3]{\frac{0{,}0048}{0{,}751}} = 0{,}306; \qquad (23)$$

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L_ф}} = 2{,}72^{-0{,}306 \sqrt[3]{4500}} = 0{,}00635; \qquad (24)$$

$$a = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \beta} = \frac{1 - 0{,}00635}{1 + \frac{24}{0{,}751} 0{,}00635} = 0{,}825, \qquad (25)$$

где a — коэффициент смешения; Q — расход водоема 95% обеспеченности в створе выпуска сточных вод, м³/с; q — средний расход сточных вод, м³/с; $L_ф$ — расстояние по фарватеру реки от створа выпуска до контрольного створа, м; E — коэффициент турбулентной диффузии; $v_{ср}$ — средняя скорость течения воды в водоеме на рассматриваемом участке, м/с; $H_{ср}$ — средняя глубина водоема на этом участке, м; ζ — коэффициент, зависящий от конструкции выпуска сточных вод в водоем, при береговом выпуске $\zeta = 1{,}0$, выпуске в фарватер

$\zeta=1{,}5$, диффузионном выпуске $\zeta=3{,}0$; $e=2{,}72$ — основание натуральных логарифмов.

Аналогичным образом вычислено значение для берегового выпуска (0,355) и руслового рассеивающего (0,99).

Рассмотрим пример расчета степени необходимой очистки сточных вод при русловом сосредоточенном выпуске.

3.5.2. Определение степени очистки по общесанитарному показателю вредности — БПК

Концентрация органических загрязнений по БПК в сточных водах, допустимых к спуску $K_{ст}$, вычисляется по формуле

$$K_{ст}=\frac{aQ}{q10^{-k_1t}}\left(K_{пд}-K_p10^{-k_1t}\right)+\frac{K_{пд}}{10^{-k_1t}}, \qquad (26)$$

где $K_{пд}$ — предельно допустимая концентрация органических загрязнений по БПК в контрольном створе, мг/л [7]; K_p — концентрация органических загрязнений по БПК в воде водоема до спуска сточных вод, мг/л; $K_p=2{,}5$ мг/л, по заданию; k_1 — константа потребления кислорода, согласно [13], для $t=20°$ $k_1=0{,}1$; t — продолжительность периода, за который смесь воды водоема и сточных вод переместится из створа выпуска до контрольного створа, сут;

$$t=\frac{L_ф}{V_{ср}}=\frac{4500}{0{,}45\cdot86\,400}=0{,}116 \text{ сут}; \qquad (27)$$

$$K_{ст}=\frac{0{,}825\cdot24{,}0}{0{,}751\cdot10^{-0{,}1\cdot0{,}116}}\left(3{,}0-2{,}5\cdot10^{-0{,}1\cdot0{,}116}\right)+$$

$$+\frac{3{,}0}{10^{-0{,}1\cdot0{,}116}}=17{,}6 \text{ мг/л}.$$

Требуемый эффект очистки вычисляется по выражению

$$Э=\frac{K_{исх}-K_{ст}}{K_{исх}}=\frac{274{,}0-17{,}6}{274{,}0}100=93{,}1\%, \qquad (28)$$

где $K_{исх}$ — концентрация органических загрязнений по $БПК_п$ в исходной (неочищенной) сточной жидкости.

3.5.3. Определение степени очистки по общесанитарному показателю вредности — растворенному кислороду

Расчет без учета реаэрации водоема производится по уравнению (29), которое предполагает наступление момента наименьшего содержания кислорода в воде реки через 2 суток после смешения со сточными водами.

Допустимая величина БПК сточных вод $K_{ст}$ определяется так:

$$K_{ст} = 2{,}5\frac{aQ}{q}(O_р - 0{,}4K_р - \delta) - \frac{4}{0{,}4} \qquad (29)$$

где $O_р$ — содержание растворенного кислорода в водоеме до спуска сточных вод, мг/л ($O_р = 8$ мг/л по заданию); 0,4 — коэффициент пересчета БПК в $БПК_2$; δ — допустимое минимальное остаточное количество кислорода в водоеме, мг/л (согласно [2] $\delta = 4$ мг/л);

$$K_{ст} = 2{,}5\frac{0{,}825 \cdot 24{,}0}{0{,}751}(8 - 0{,}4 \cdot 2{,}5 - 4) - 10 = 188{,}1 \text{ мг/л};$$

$$Э = \frac{274{,}0 - 188{,}1}{274{,}0} 100 = 31\%$$

Расчет с учетом реаэрации производится по уравнениям

$$D_t = \frac{K_1 K_a}{K_2 - K_1}\left(10^{-K_1 t} - 10^{-K_2 t}\right) + D_a 10^{-K_2 t}; \qquad (30)$$

$$t_{кр} = \frac{\lg\left\{\frac{K_2}{K_1}\left[1 - \frac{D_a(K_2 - K_1)}{K_1 K_a}\right]\right\}}{K_2 - K_1}, \text{ сут}, \qquad (31)$$

где D_t — дефицит кислорода в воде водоема через t сут, мг/л; K_1 — константа потребления кислорода; $K_1 = 0{,}1$ [13]; K_2 — константа растворения кислорода; $K_2 = 0{,}2$, табл. 15.2 [13]; K_a — БПК смеси воды водоема и сточных вод в момент выпуска в водоем, то есть в начальный момент потребления кислорода, мг/л; $t_{кр}$ — время в сутках, через которое наступает критическое (наибольшее) уменьшение содержания растворенного кислорода в воде водоема; D_a — начальный дефицит кислорода в воде водоема, мг/л; $D_a = O_т - O_р$, значение $O_т$ (предельной растворимости кислорода при заданной температуре) равно 9,17 согласно табл. 15.1 [13] при температуре 20°

$$D_t = D_{кр} = O_т - O_{пд} = 9{,}17 - 4 = 5{,}17 \text{ мг/л},$$

где $O_{пд}$ — предельно допустимая остаточная концентрация кислорода в воде водоема; для водоема санитарно-бытового вида водопользования, согласно [7], $O_{пд} = 4{,}0$ мг/л, $D_a = 9{,}17 - 8 = 1{,}17$ мг/л.

Все предварительно найденные данные подставляются в уравнения (30) и (31), то есть

$$5{,}17 = \frac{0{,}1 \cdot K_a}{0{,}2 - 0{,}1}\left(10^{-0{,}1 t_{кр}} - 10^{-0{,}2 t_{кр}}\right) + 1 \cdot 17 \cdot 10^{-0{,}2 t_{кр}}, \text{ мг/л};$$

$$t_{кр} = \frac{\lg\left\{\frac{0{,}2}{0{,}1}\left[1 - \frac{1{,}17\,(0{,}2 - 0{,}1)}{0{,}1 K_a}\right]\right\}}{0{,}2 - 0{,}1}, \text{ сут.}$$

Принимая ориентировочно $t_{кр} = 2{,}5$ сут, подставляем в (30)

$$5{,}17 = \frac{0{,}1 K_a}{0{,}1}\left(10^{-0{,}1 \cdot 2{,}5} - 10^{-0{,}2 \cdot 2{,}5}\right) + 1{,}17 \cdot 10^{-0{,}2 \cdot 2{,}5};$$

получим $K_a = 19{,}5$ мг/л.

Полученное значение K_a подставляем в (31)

$$t_{кр} = \frac{\lg\left\{\frac{0{,}2}{0{,}1}\left[1 - \frac{1{,}17\,(0{,}2 - 0{,}1)}{0{,}1 \cdot 19{,}5}\right]\right\}}{0{,}2 - 0{,}1} = 2{,}74 \text{ сут.}$$

Так как принятое и полученное при расчете значения $t_{кр}$ не совпали, производим вторичную подстановку. В результате получаем значения

$$K_a = 19{,}4 \text{ мг/л и } t_{кр} = 2{,}74 \text{ сут.}$$

Величину БПК в сточных водах, допустимых к спуску $K_{ст}$, определяют по формуле

$$K_{ст} = \frac{aQ}{q}(K_a - K_p) + K_a, \qquad (32)$$

$$K_{ст} = \frac{0{,}825 \cdot 24.0}{0{,}751}(19{,}4 - 2{,}5) + 19{,}4 = 467{,}0 \text{ мг/л.}$$

Таким образом, в данном случае биохимической очистки не требуется, так как $K_{ст} > 274{,}0$ мг/л.

3.5.4. Определение степени очистки по органолептическому показателю вредности — взвешенным веществам

Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, допустимых к спуску в водоем, определяется по формуле

$$K'_{ст} = \left(\frac{aQ}{q} + 1\right)K'_{доб} + K'_p, \qquad (33)$$

где $K'_{ст}$ — концентрация взвешенных веществ в сточных водах, допустимых к спуску в водоем, мг/л; $K_{доб}'$ — допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в воде

водоема, мг/л, принимается по правилам [7]; $K_р'$ — концентрация взвешенных веществ в воде водоема, мг/л;

$$K'_{ст} = \left(\frac{0{,}825 \cdot 24{,}0}{0{,}751} + 1\right) \cdot 0{,}25 + 10 = 16{,}85 \text{ мг/л};$$

$$Э = \frac{282{,}0 - 16{,}85}{282{,}0} \cdot 100 = 94{,}0\%.$$

3.5.5. Анализ результатов расчета необходимой степени очистки сточных вод

Аналогичные расчеты выполнены для берегового и рассеивающего выпусков. Результаты расчетов приведены ниже (табл. 11). В них опущены данные по допустимой БПК сточных вод с учетом реаэрации водоема, так как по этому показателю не требуется очистки.

Таблица 11

Результаты расчета необходимой степени очистки сточных вод

Выпуски	Допустимые значения показателей, мг/л		
	БПК		$K_{взв}$
Береговой	9,2	75*	13,1
Русловый сосредоточенный	17,6	188*	16,85
Русловый рассеивающий	30,2	237*	18,2

Значения БПК со звездочкой относятся к расчету по допустимому содержанию растворенного кислорода.

Анализ результатов показывает, что устройство берегового выпуска требует доочистки воды, в особенности — по показателю БПК, что повлечет за собой значительные капитальные и эксплуатационные затраты. Сравнение показателей при русловых выпусках доказывает, что требуемое качество очищенной воды весьма близко, в частности — по взвешенным веществам. Таким образом, применение берегового выпуска нецелесообразно ввиду необходимости дорогостоящей доочистки сточных вод, а рассеивающего — вследствие отсутствия выигрыша в объеме очистных сооружений.

Очевидным является решение о выборе руслового сосредоточенного выпуска. В этом случае БПК должно быть снижено до 17,6 мг/л, а концентрация взвешенных веществ —

до 16,85 мг/л. В соответствии с требованиями СНиП [1], (табл. 32) и опытом работы очистных станций вынос взвешенных веществ и БПК очищенной воды численно приближаются друг к другу. Для обеспечения гарантированного качества очищенной воды целесообразно назначить БПК и вынос взвешенных веществ равными 15 мг/л.

3.6. Выбор метода очистки и схемы очистной станции

По расчету требуется обеспечить полную биохимическую очистку сточных вод города Кустогорска. Расход сточной жидкости составляет 64890,39 м³/сут. Потребность города в электроэнергии обеспечивается полностью.

Ориентировочный выбор основных очистных сооружений станции можно сделать по данным таблиц 3 и 4. Согласно этим таблицам разработана схема очистной станции, отраженная на рис. 1.

Сточные воды главной насосной станцией перекачиваются в приемный колодец *1* — круглый, железобетонный, диаметром 2 м. Решетки *2*: механические, с прозорами в 16 мм, системы к. т. н. М. В. Лещинского, помещаются в отдельно стоящем здании. В этом же здании располагается насосная станция *11* гидроэлеваторов, песколовок и дробилка для измельчения отбросов, снятых с решеток. Дробленые отбросы перекачиваются специальным насосом, установленным здесь же, в резервуар насосной станции метантенков *15*. Песколовки *3* горизонтальные. Удаление песка из них механизировано с помощью скребков и гидроэлеваторов. Для измерения расхода сточных вод, поступающих на очистную станцию, применен лоток Паршала *4*. Первичные отстойники *5* — радиальные.

Биологическая очистка осуществляется в аэротенке *6* с пневматической аэрацией. Вторичные отстойники *7* радиальные, с илососами. Смеситель *8* — ершовый, железобетонный. Контактные бассейны *9* — горизонтальные, железобетонные. Хлораторная *14* оборудована вакуумными хлораторами. Совмещенная насосная станция *24* предназначена для перекачки ила из контактных бассейнов в иловую насосную станцию метантенков, дренажной воды резервных иловых площадок в приемный колодец и промывной воды в смеситель цеха механического обезвоживания.

Активный ил из вторичных отстойников подается иловой насосной станцией 12[а] частично в аэротенк (циркулирующий

активный ил), частично — на илоуплотнители *13* — избыточный активный ил. Иловая насосная станция 12^a совмещена с воздуходувной станцией *12*. Осадок из первичных отстойников и уплотненный избыточный активный ил поступают самотеком в иловую насосную станцию *15* метантенков. Из нее осадок подается в метантенки *16*. Между метантенками расположена камера управления *23*. Сброженный осадок из метантенков поступает на механическое обезвоживание: сначала в смеситель *17*, где он смешивается с промывной водой, затем — в осадкоуплотнители *18* для уплотнения (в качестве осадкоуплотнителей применены радиальные отстойники) и, далее, в цех механического обезвоживания и термосушки осадков *19*.

Подсушенный осадок направляется автотранспортом на сельскохозяйственные поля в качестве удобрения или складируется на специальных площадках *22*.

Фильтрат вакуум-фильтров идет в илоуплотнители *13*. Сливная вода после уплотнения сброженных и промывных осадков насосной станцией *20* подается в приемный колодец *1*.

В случае выхода из строя цеха механического обезвоживания сброженный осадок поступает из метантенков самотеком на аварийные иловые площадки *21*, дренажная вода иловых площадок направляется в насосную станцию *24* и перекачивается в приемный колодец; газ, получаемый в метантенках, поступает в газгольдеры, затем — в котельную в качестве топлива.

Пескопульпа из песколовок обезвоживается на дренажных песковых площадках *10*. На территории очистной станции располагаются хлорохранилище, административный корпус с химической лабораторией, гараж, трансформаторная подстанция, проходная, ремонтная мастерская, котельная и другие подсобные помещения.

Выбранные сооружения отвечают местным грунтовым, климатическим и топографическим условиям.

3.7. Расчет сооружений, входящих в состав очистной станции

3.7.1. Расчет решеток на очистной станции

Расчет решеток, устанавливаемых на очистной станции, производится на максимальный приток сточных вод — 1032,3 л/с (см. табл. 10).

К установке принимаются одна рабочая и одна резервная решетки механизированной очистной конструкции к. т. н. М. В. Лещинокого. Схема установки решеток приведена на рис. 9.

Сточные воды к решеткам подводятся лотком, сечение которого рассчитано по [6]: $B_л = 1{,}0$ м; $h_л = 0{,}9$ м; $V_л = 1{,}15$ м/с, $I = 0.00126$. Лукинных (р.II.2)

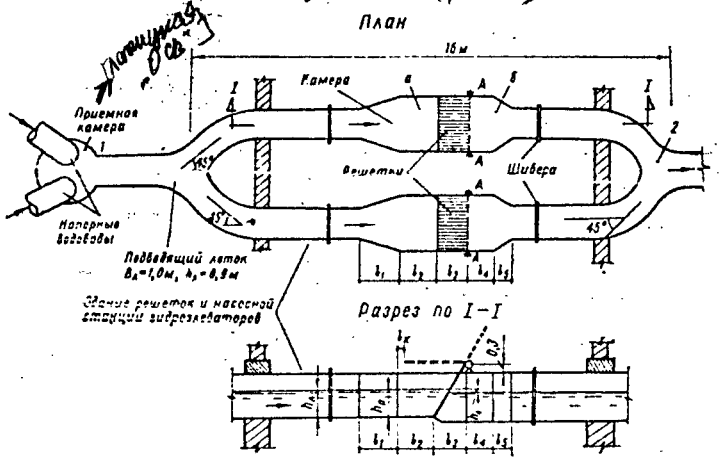


Рис. 9. Схема установки решеток

При подборе сечения лотков следует учитывать возможность интенсификации работы очистной станции. Учет производится путем введения коэффициента 1,4 [1] к расходу сточных вод. Таким образом, выбранный ранее лоток должен пропустить расход стоков, равный 1445 л/с (1032·1,4). В этом случае его наполнение составит 1,2 м при скорости движения воды 1,2 м/с.

Решетка устанавливается в расширенной части лотка (камере решетки). Ширину этой камеры, равную ширине решетки, можно вычислить по формуле

$$B_р = S(n-1) + bn', \qquad (34)$$

где $B_р$ — ширина решетки, м; S — толщина стержня решетки, м; n — число прозоров, шт; b_n' — ширина прозора, м;

$$n = \frac{q}{b' h_p \cdot V_p}, \text{ шт}, \qquad (35)$$

где $h_р$ — высота слоя воды перед решеткой, м; $v_р$ — скорость течения воды в прозорах решетки, м/с.

При расчете решетки было принято: $S=10$ мм, $b'=16$ мм, $v_р=1{,}0$ м/с, $h_р=h_д$.

Тогда число прозоров

$$n=\frac{1{,}032}{0{,}016\cdot 0{,}9\cdot 1{,}0}=71{,}7\approx 72 \text{ шт.}$$

Ширина решетки вычисляется по (34)

$$B_р=0{,}01\,(72-1)+0{,}016\cdot 72=1{,}86 \text{ м.}$$

Средняя скорость в камере перед решеткой

$$v_к=\frac{1{,}032}{1{,}86\cdot 0{,}9}=0{,}614 \text{ м/с.}$$

Ниже приводятся перечень местных сопротивлений, возникающих в узле решетки, ее коммуникациях и в самой решетке, а также формулы для их расчета (рис. 9).

1. Резкий поворот канала на 45° при разветвлении его к рабочей и резервной решеткам. Местное сопротивление (h) рассчитывается по формуле

$$h=\zeta\frac{V^2}{2g}, \text{ м,} \qquad (36)$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления; v — скорость течения воды в канале, м/с;

$$\zeta=a\zeta', \qquad (37)$$

где a — величина, определяемая по графику (рис. 19.8 — см. [21]); ζ' — коэффициент местного сопротивления для случая $R/B=0{,}5$ (R — радиус закругления по оси канала, B — ширина канала), определяется по графику (рис. 19.7 — см. [21]).

2. Плавный поворот на 45° при подходе канала к камере решеток при отношении $R/B=2$. Местное сопротивление рассчитывается по (36).

3. Расширение при входе в камеру решетки. Местное сопротивление рассчитывается по (36), где величина ζ определяется по формуле 19.3 [21].

4. Решетка.

Сопротивление, оказываемое потоку сточной жидкости решеткой со стержнями прямоугольного сечения, можно определить согласно [4] по (36), в которой величина V является

скоростью в камере перед решеткой, а коэффициент местного сопротивления определяется по формуле

$$\zeta = 2{,}42\left(\frac{S}{b}\right)^{4/3}. \qquad (38)$$

С учетом загрязнения решетки отбросами полученное по формуле (36) значение h следует утроить.

5. Сужение при выходе из камеры. Местное сопротивление определяется по (36), а величина ζ при угле $\alpha = 50°$ по табл. 19.4 — см. [21].

6. Плавный поворот на 45°. (Местное сопротивление определяется аналогично пункту 2).

7. Резкий поворот на 45°. (Местное сопротивление определяется аналогично пункту 1).

Расчет величин местных сопротивлений помещен в табл. 12.

Общая длина камеры определяется как сумма длин всех элементов камеры (рис. 9) и будет равна

$$L_к = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5; \qquad (39)$$

$$l_1 = \frac{B_р - B_п}{\operatorname{tg}\varphi}, \qquad (40)$$

где l_1 — длина уширения при входе лотка в камеру, м; φ — угол уширения ($\varphi = 20°$);

$$l_3 = \frac{h_р + h_б}{\operatorname{tg}\alpha}, \qquad (41)$$

где l_3 — горизонтальная проекция решетки, м; $h_б$ — высота борта камеры (0,5 м); α — угол наклона решетки ($\alpha = 60°$).

Величина l_2 определяется из условия возможности поворота решетки в горизонтальное положение вокруг шарнира в точке А, которая находится на 300 мм выше пола (это необходимо предусмотреть на случай ремонта решетки),

$$l_2 = \frac{h_р + h_б + 0{,}3}{\sin\alpha} + l_к - l_3 - \frac{0{,}3}{\operatorname{tg}\alpha}, \qquad (42)$$

где l_2 — длина камеры перед решеткой, м; $l_к$ — запас на конструктивные габариты самой решетки (0,2—0,3 м); $h_б$ — высота борта, м; l_4 — длина камеры за решеткой, принимается конструктивно равной 1,0 м;

$$l_5 = 0{,}5\, l_1, \qquad (43)$$

где l_5 — длина сужения за решеткой.

Таким образом, $l_1 = \frac{1,86 - 1,0}{2 \operatorname{tg} 20^\circ} = 1,18$ м; $l_3 = \frac{0,9 + 0,5}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 0,81$ м;

$$l_2 = \frac{0,9 + 0,5 + 0,3}{\sin 60^\circ} + 0,3 - 0,81 - \frac{0,3}{\operatorname{tg} 60^\circ} = 1,28 \text{ м};$$

$l_4 = 1,0$ (конструктивно), $l_5 = 0,5 \cdot 1,18 = 0,59$ м.

Общая длина камеры (см. 39)

$$L_к = 1,18 + 0,81 + 1,28 + 1,0 + 0,59 = 4,86 \text{ м}.$$

В месте установки решетки дно камеры делается уступом высотою, равной потерям в решетке (0,076 м — см. табл. 12).

Общая высота камеры решетки ($H_к$) определится как сумма величин: высоты слоя воды перед решеткой, суммы сопротивления во всем узле решетки и высоты бортов камеры ($h_б$), которая конструктивно принята равной 0,5 м.

Тогда

$$H_к = h_р + \Sigma h + h_б, \qquad (44)$$

$$H_к = 0,9 + 0,269 + 0,5 = 1,669 \text{ м}.$$

При расчете всего узла решеток глубина слоя воды в подводящем лотке, в камере перед и за решетками и в отводящем лотке принималась одинаковой — равной 0,9 м.

Для обеспечения этого условия дну лотков и камеры узла решеток придается уклон

$$I = \frac{\Sigma h - h_р}{L}, \qquad (45)$$

где L — длина всего узла решеток, равная 16 м (рис. 9), $h_р = h_4$ — величина местного сопротивления в решетке (табл. 12).

Тогда

$$I = \frac{0,269 - 0,076}{16} = 0,012.$$

Остальные размеры узла решеток определяются конструктивно.

С решетки с прозорами 16 мм при механизированной очистке снимается 8 л отбросов на 1 чел/год [1]. Поскольку на главной насосной станции установлена решетка с прозорами 125 мм, количество задержанных на ней отбросов в данном расчете во внимание не принимается.

Таблица 12

Расчет местных сопротивлений в узле решетки

№ местных сопротивлений	Расчетные параметры для определения коэффициента		Скорость, м/с	Величина местного сопротивления, м
	Обозначение и единица измерения	Абсолютное значение		
1	a ζ	0,7 1,2 0,84	1,15	0,057
2	a ζ	0,7 0,47 0,33	1,15	0,022
3	к W_1 (м²) W_2 (м²) ζ	0,9 0,9 1,67 1,66	0,614	0,014
4	β S (м) b (м) ζ	2,42 0,01 0,016 1,29	0,614	0,025×3= =0,076
5	α ζ	~50 0,31	1,15	0,021
6	a ζ	0,7 0,47 0,33	1,15	0,022
7	a ζ	0,7 1,2 0,84	1,15	0,057
ИТОГО в узле решетки				0,269

Объем снимаемых отбросов

$$W_{от} = \frac{8{,}0 \cdot 282\,160}{1000 \cdot 365} = 6{,}18 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где 282160 — приведенное число жителей по взвешенным веществам.

Вес отбросов $P_{от} = 6{,}18 \cdot 0{,}75 = 4{,}64$ т/сут; 0,75 — объемный вес отбросов.

Измельчение отбросов производится на молотковой дробилке Д-3 (одна рабочая и одна резервная); они собираются в бункер и насосом 5Ф-12 перекачиваются в резервуар иловой насосной станции метантенков. Для разбавления отбросов применяется уплотненный избыточный активный ил после илоуплотнителей.

Решетки устанавливаются в отдельно стоящем здании. Кроме того, в этом же здании размещаются дробилки с бункером, транспортеры для отбросов, бункер и 2 насоса 5Ф-12 (один рабочий и один резервный) для перекачки дробленых отбросов, 2 насоса 5Ф-6 для гидроэлеваторов песколовок, санитарный узел для персонала цеха механической очистки и небольшая слесарная мастерская площадью 15 м². В помещении решеток и насосов для ремонтных работ устраивается монорельс с тельфером, грузоподъемностью 1,0 т. Помещение решеток оборудуется приточно-вытяжной вентиляцией с пятикратным обменом воздуха. Работа решеток, транспортеров, дробилки насосов для перекачки дробленых отбросов автоматизирована. Грабельный аппарат решетки включается в работу с помощью реле времени периодически — 10 мин работает, затем 15 мин стоит. Одновременно с грабельным аппаратом включается в работу транспортер, который перемещает отбросы от решетки в бункер дробилки. Этот бункер укреплен на пружинах. По мере наполнения его отбросами пружины сжимаются, и в определенный момент происходит замыкание контактов, которые подают импульс на включение в работу дробилки. При опорожнении бункера дробилка автоматически выключается. Бункер для дробленых отбросов оборудован реле уровня, которое дает импульс на включение насосов для перекачки дробленых отбросов. Причем сначала включается устройство для взмучивания содержимого бункера, через 2 мин реле времени переключает насос на откачку дробленых отбросов. В случае неисправности решетки, дробилки или насосов происходит автоматическое выключение неисправного агрегата

и включение резервного. Одновременно подается световой или звуковой сигнал на диспетчерский пульт.

3.7.2. Расчет песколовок и песковых площадок

Песколовки рассчитываются на максимальный расход 1032,3 л/с и проверяются на пропуск минимального расхода 323 л/с (табл. 10).

Целесообразно принять к проектированию горизонтальные песколовки как наиболее эффективные по задержанию песка, схема их показана на рис. 10.

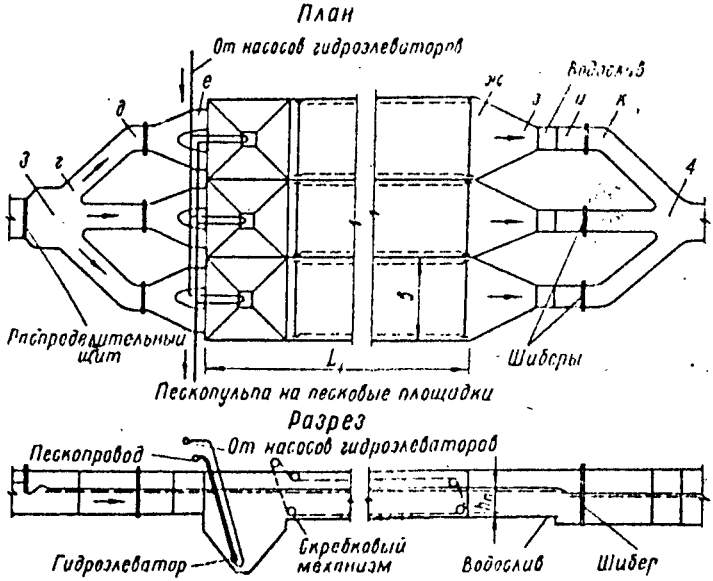


Рис. 10. Схема горизонтальных песколовок

Количество песка, задержанного песколовкой, определяется из расчета 0,02 л/чел. в сут [1],

$$W_n = \frac{0{,}02 \cdot 282\,160}{1000} = 5{,}64 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Согласно [1], при количестве задерживаемого песка, превышающем 0,1 м³/сут, необходимо предусматривать его механизированное удаление из песколовки. При механизиро-

ванном удалении песка одна секция или одно отделение должно быть резервным.

Принимаются 2 рабочих отделения песколовки и одно резервное. Отделения оборудуются механизированными скребками для сдвижки песка к бункерам. Удаление песка из бункеров предусмотрено при помощи гидроэлеваторов. Насосы гидроэлеваторов устанавливаются в здании решеток. Пескопульпа по трубопроводу направляется на песковые площадки. Расчетный расход на каждое отделение песколовки будет равен

$$q_р = \frac{1032{,}3}{2} = 516{,}1 \text{ л/с, или } 0{,}516 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Поскольку осадок первичных отстойников предусматривается обрабатывать в метантенках, песколовка должна задерживать песок с размерами зерен 0,2 мм и более. По [1] гидравлическая крупность (U_0), соответствующая этому размеру зерен, будет равна 18,7 мм/с.

Длина песколовки L определяется по формуле

$$L = K \frac{1000 H_л}{U_0} V_{макс} = 1{,}7 \frac{0{,}78}{0{,}0187} 0{,}3 \cong 21{,}0 \text{ м}, \qquad (46)$$

где $H_л$ — расчетная глубина песколовки, обычно принимается равной глубине протока воды в канале перед песколовкой, м; $V_{макс}$ — горизонтальная скорость движения воды в песколовке при максимальном расходе, принимается равной 0,3 м/с [1]; K — эмпирический коэффициент, равный 1,7 для горизонтальных песколовок при расчетной крупности задерживаемого песка 0,2 мм [1].

Канал перед песколовкой имеет такие же размеры, как и перед решеткой, то есть $B_л = 1{,}0$ м, $h_л = 0{,}9$ м. Непосредственно перед песколовкой канал разветвляется на 2 рабочих и 1 резервное отделения (рис. 10); расчетная глубина потока воды в разветвлении определится при подборе сечения канала на расчетный максимальный расход 516 л/с по [6]: $b_к = 0{,}6$ м, $h_к = 0{,}78$ м, $V_к = 1{,}10$ м/с, $I = 0{,}0018$.

Продолжительность протока (t) воды по песколовке при максимальном расходе

$$t = \frac{L}{V_{макс}} = \frac{21{,}0}{0{,}3} = 70 \text{ с}, \qquad (47)$$

что соответствует требованиям [1].

Площадь живого сечения ($W_п$) одного отделения песколовки $W_п = \frac{0,516}{0,3} = 1,72$ м², ширина отделения $b = \frac{1,72}{0,78} = 2,2$ м.

Поскольку глубина протока воды в подводящем канале меняется от 0,9 м до 0,78 м в разветвлениях, создается перепад уровней в 0.12 м. Энергия потока воды, возникающая вследствие перепада уровней, гасится при помощи полупогруженного щита, установленного перед разветвлением канала. Одновременно щит выполняет задачу перемешивания жидкости перед направлением ее на песколовки. Расчет гидравлического сопротивления при истечении воды из-под щита производится по [14].

На выходе из песколовки устраивается водослив с широким порогом, предназначенный для стабилизации скорости протока воды при колебаниях расхода. Перепад p между дном песколовки и порогом водослива вычисляется по формуле

$$p = \frac{h_{max} - K_q^{2/3} \cdot h_{min}}{K_q^{2/3} - 1}, \qquad (48)$$

где h_{max} и h_{min} — глубина протока воды при максимальном и минимальном притоках, м; $K_q = \frac{q_{max}}{q_{min}}$ отношения максимального и минимального расходов.

Величина h_{max} равна 0.78 м. Глубина протока воды при минимальном притоке может быть принята равной наполнению подводящего канала.

В часы минимального притока расход сточных вод составит 322 л/с или 161 л/с на каждое рабочее отделение. Глубина слоя воды в песколовках будет равна наполнению подводящего канала. При известных размерах ($b_к = 0,6$; $I = 0,0018$) его наполнение составит 0,32 м, а отношение максимального и минимального расходов — $3,2\left(\frac{516}{161}\right)$. Отсюда

$$p = \frac{0,78 - 3,2^{2/3} \cdot 0,32}{3,2^{2/3} - 1} = 0,08 \text{ м}.$$

Ширина b порога водослива

$$b = \frac{q_{max}}{m\sqrt{2g}\,(p + h_{max})^{2/3}}, \text{ м}, \qquad (49)$$

где m — коэффициент расхода, принимаемый равным 0,36.

Следовательно,

$$b = \frac{0{,}516}{0{,}36\sqrt{2 \cdot 9{,}81}\ \frac{(0{,}08 + 0{,}73)^{2/3}}{}} = 0{,}405 \text{ м}.$$

На с. 72 нашего пособия количество песка, задерживаемое песколовкой, было определено равным 5,64 м³ сут. Удаление песка производится один раз за двое суток. Тогда емкость бункера для песка в каждом отделении песколовки должна быть равна 5,64 м³. Бункер представляет собой параллелепипед с дном в виде усеченной пирамиды. Длина стороны основания параллелепипеда (и большего основания пирамиды) — 0,5 м. Угол наклона граней пирамиды к горизонту равен 60°. Тогда объем $W_{пир}$ усеченной пирамиды

$$W_{пир} = 1/3(S_1 + \sqrt{S_1 \cdot S_2} + S_2)\ h_{пир},$$

где S_1 — площадь большего основания пирамиды, м²; S_2 — то же, меньшего основания, м²; $h_{пир}$ — высота усеченной пирамиды, м;

$$W_{пир} = \frac{1}{3}(2{,}2^2 + \sqrt{2{,}2^2 \cdot 0{,}5^2} + 0{,}5^2) \cdot 1{,}48 = 3{,}06 \text{ м}^3,$$

где

$$h_{пир} = \frac{2{,}2 - 0{,}5}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} = 1{,}48 \text{ м}.$$

Объем $W_{пар}$ параллелепипеда

$$W_{пар} = 5{,}6 - 3{,}06 = 2{,}54 \text{ м}^3.$$

Высота его

$$h_{пар} = \frac{2{,}54}{2{,}2 \cdot 2{,}2} = 0{,}55 \text{ м}.$$

Общая высота бункера

$$h_б = h_{пар} + h_{пир} = 0{,}55 + 1{,}48 = 2{,}03 \text{ м}.$$

Дно песколовки делается горизонтальным.

Песковые площадки рассчитываются согласно [1] на напуск песка F слоем 3 м/год

$$F = \frac{5{,}64 \cdot 365}{3} = 686{,}2 \text{ м}^2.$$

В целях обеспечения очередности наполнения карт пескопульной и выгрузки обезвоженного песка количество карт должно быть не менее 2-х.

В данном случае целесообразно запроектировать 2 карты площадью по 343 м² каждая. Карта принимается квадратной в плане, и тогда длина ее стороны будет равна 18,52 м по дну. Высота ограждающего земляного валика — 2,0 м. Удаление подсушенного песка производится 3 раза в год.

3.7.3. Расчет первичных отстойников

Выбор типа отстойника производится на основании исходных данных и табл. 3. Приток сточных вод приближается к 65 тыс. м³/сут; концентрация взвешенных веществ в неосветленной жидкости — 282 мг/л; в качестве сооружения для биохимической очистки выбран аэротенк с полной очисткой сточных вод, на который допускается подавать стоки с содержанием взвесей, превышающим 150 мг/л.

При расчете первичных отстойников следует учитывать дополнительные загрязнения от иловой воды, образующейся при обезвоживании осадков. Количество дополнительных загрязнений определяется ориентировочно по приложениям 3 и 4. В данном случае дополнительное загрязнение по взвешенным веществам от осадка первичных отстойников составит 7,8 мг/л (влажность удаляемого осадка принята равной 93,5%) и 25,8 мг/л от избыточного активного ила (влажность ила после уплотнения принята равной 97,3%). Всего дополнительных загрязнений — 33,6 мг/л. Концентрация взвешенных веществ, поступающих на отстойник, составит 315,6 мг/л. Требуемый эффект очистки

$$Э = \frac{315{,}6 - 150}{315{,}6} = 52{,}5\%.$$

Пользуясь рекомендациями табл. 3 по выбору сооружений механической очистки, можем назначить горизонтальные либо радиальные — отстойники. Для унификации применяемых сооружений целесообразно принять к установке радиальные отстойники.

Расчет отстойников целесообразно вести на эффект осаждения, равный 55%, с тем, чтобы концентрация взвешенных веществ в очищенной воде была несколько ниже предельно допустимого значения 150 мг/л. До полного и детального расчета следует произвести прикидку размеров и числа отстойников. (Порядок проведения прикидок подробно изложен на с. 44 настоящего пособия.)

В соответствии с данными табл. 7 и по результатам их анализа принимаем 4 радиальных отстойника с глубиной проточной части 3,0 м.

Более детальный расчет производится по [1]. Радиус отстойника

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3{,}6\pi k U}}, \text{ м}, \qquad (50)$$

где Q — максимальный часовой расход, подаваемый на один отстойник, м³/ч; K — коэффициент, учитывающий влияние конструкции водораспределительных и водосборных устройств, равный 0,45 [1]; U — скорость осаждения частиц взвеси, мм/с.

Гидравлическая крупность частиц взвеси определяется экспериментально в сосудах высотой 500 мм и затем пересчитывается в соответствии с условиями осаждения взвеси в отстойниках по формуле

$$U = \frac{kH}{\alpha \cdot t\left(\frac{kH}{h}\right)^n} - W, \text{ мм/с}, \qquad (51)$$

где H и h — глубина слоя воды в отстойнике и опытном цилиндре для определения кинетики осаждения взвесей, мм; t — продолжительность отстаивания жидкости в цилиндре, соответствующая заданному эффекту осветления, с; α — коэффициент, учитывающий влияние температуры воды на ее вязкость; n — показатель степени, учитывающий агломерацию частиц взвеси при отстаивании, $n = 0{,}25$ для городских сточных вод; W — вертикальная составляющая скорости движения воды в отстойнике, мм/с.

Значение t определится по [1] равным 790 с (при эффекте осветления 55% и концентрации взвеси 316 мг/л), причем этому значению t соответствует величина h, равная 500 мм.

Температурная поправка α при среднемесячной зимней температуре 14,5° будет равна 1,14 [1]. Значение W зависит от скорости движения воды в отстойнике и приведено в [1].

Если значение скорости протока воды в отстойнике принять менее 5 мм/с, W можно приравнять нулю.

Высоту проточной части отстойников увеличим до 3,3 м (в прикидке — 3,1 м) с целью приближения диаметра отстойников к величине 12 м (в прикидке 12,6 м).

Таким образом, по (51)

$$w = \frac{0{,}45 \cdot 3{,}3 \cdot 1000}{1{,}14 \cdot 790 \cdot \left(\frac{0{,}45 \cdot 3300}{500}\right)^{0{,}25}} - 0 = 1{,}27 \text{ мм/с}.$$

Радиус отстойника R определится по формуле (50) при $Q = 929{,}1$ м³/ч $\left(\frac{3716{,}4}{4}\right)$, то есть

$$R = \sqrt{\frac{929{,}1}{3{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}27}} = 12{,}05 \text{ м}.$$

С небольшой погрешностью можно принять диаметр отстойника равным 24,0 м. Далее вычисляется приближенное значение скорости протока v в среднем сечении отстойника (значения R и H подставляются в метрах),

$$V = \frac{Q}{3{,}6\pi RH} = \frac{929{,}1}{3{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot 12 \cdot 3 \cdot 0} = 2{,}27 \text{ мм/с}.$$

Предположение, что величина скорости будет меньше 5 мм/с и $W = 0$, оправдалось, и вносить поправки в расчет нет необходимости (более точное вычисление средней скорости приведено в [14].)

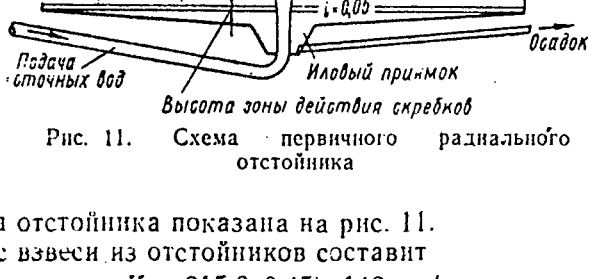


Рис. 11. Схема первичного радиального отстойника

Схема отстойника показана на рис. 11.

Вынос взвеси из отстойников составит

$$K_в = 315{,}6 \cdot 0{,}45 = 142 \text{ мг/л}.$$

Объем осадка, выпадающего в отстойнике,

$$W_{ос} = \frac{K_{вв} \cdot Э \cdot Q \cdot 100}{10^6 (100 - P_{ос})}, \text{ м}^3, \qquad (52)$$

где $K_{вв}$ — концентрация взвешенных веществ, г/м³; $Э$ — эффект осветления в долях единицы; Q — суточный расход сточных вод, м³; $P_{ос}$ — влажность осадка в %.

Удаление осадка из отстойников следует осуществить при помощи плунжерных насосов; при этом будет обеспечена влажность осадка 93,5% [1].

Объем осадка

$$W = \frac{315{,}6 \cdot 0{,}55 \cdot 64\,890{,}39 \cdot 100}{1000 \cdot 1000\,(100 - 93{,}5)} = 173{,}3 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Сгребание осадка к иловому приямку осуществляется при помощи скребков, установленных на механической подвижной ферме. В случае механизированного удаления осадка иловая часть отстойника должна вмещать 8-часовый объем осадка. Он распределяется на 4 отстойника по 14,44 м^3 в каждом $\left(\frac{173{,}63 \cdot 8}{4 \cdot 24}\right)$.

Осадок размещается в иловом приямке и частично — в зоне действия скребков. Объем илового приямка отстойника диаметром 24 м составляет 6 м^3 [21, (табл. 13.11)]; следовательно, 8,44 м^3 осадка разместится в зоне действия скребков.

Подвижная ферма снабжена полупогруженной доской, которая сгоняет плавающие вещества к сборной воронке. Отстойники оборудуются специальным трубопроводом для опорожнения и насосной станцией с плунжерными насосами для откачки осадка.

3.7.4. Расчет устройства для измерения расхода сточной жидкости

В качестве устройства для измерения расхода сточной жидкости применен лоток Паршаля, располагаемый между песколовкой и первичными отстойниками (рис. 1).

Схема измерительного лотка представлена на рис. 12.

К измерительному лотку сточная жидкость поступает по лотку, рассчитанному по [6]. Его размеры: $B_л = 1{,}20$ м, $h_л = 0{,}80$ м, $V_л = 1{,}08$ м/с, $I = 0{,}001$, $q = 1{,}032$ м^3/с.

Размеры измерительного лотка подбираются по данным, приведенным в [18], — см. табл. 74.

По этим данным для расхода жидкости от 0,004 до 1,15 м^3/с измерительный лоток будет иметь размеры: $B = 1{,}38$ м, $B_b = 1{,}22$ м, $l_1 = 1{,}575$ м, $l_2 = 0{,}6$ м, $l_3 = 1{,}40$ м, $= 0{,}75$ м.

Здесь — в отличие от табл. 74 [18] — величина B_b принята конструктивно равной 1,22 м, а величина l_3 — 1,40 м, соответственно углу расширения (9°28′).

Расход воды, проходящей через измерительный лоток, будет пропорционален изменению H — высоте слоя воды в сечении, расположенном на расстоянии 2/3 l_1 выше начала горла (см. рис. 12). Он может быть вычислен по формуле

$$Q = 0{,}372 \cdot b \left(\frac{H}{0{,}305}\right)^{1{,}5696^{0{,}026}} \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (53)$$

где Q — измеряемый расход, м³/с, b — ширина горла лотка, м.

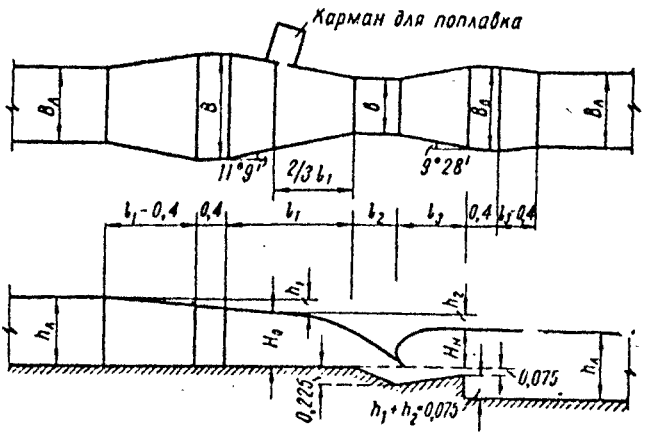


Рис. 12. Схема лотка Паршала

Величина H и потери напора h_1 в измерительном лотке определяются по графику [18] (рис. 98); $H = 0{,}695$ м, $h_1 = 0{,}20$ м.

Тогда высота слоя воды в нижнем бьефе $H_н$ (от отметки дна лотка) на границе размеров l_1 и l_2 составит

$$H_н = H - h_1 = 0{,}695 - 0{,}20 = 0{,}495 \text{ м}.$$

Согласно [18], $H_н$ должна быть не более 70% от H. В данном случае это требование удовлетворяется с точностью до 1,3%:

$$\left(\frac{0{,}695 \cdot 70}{100}\right) = 0{,}486, \quad \frac{0{,}495 - 0{,}486}{0{,}695} 100 = 1{,}3\%.$$

Величина h_2 будет равна разности

$$h_л - H = 0{,}8 - 0{,}695 = 0{,}105.$$

Общая потеря напора в измерительном лотке

$$h_w = h_1 + h_2 = 0{,}20 + 0{,}105 = 0{,}305 \text{ м}.$$

Практически измерительный лоток тарируют и составляют таблицу или график зависимости $Q = f(H)$. Замер величины H производится с помощью поплавка, который устанавливается в «кармане», соединенном отверстием с лотком в сечении на расстоянии $2/3\ l_1$ от начала горла (см. рис. 12). Поплавок обычно связывается соответствующей передачей с самопишущим прибором, на ленте которого в определенном масштабе фиксируется величина расхода Q, м³/с.

Участок подводящего лотка на расстоянии 20 м ниже и 15 м выше установки измерительного лотка должен быть прямолинейным, без притоков или ответвлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы и правила. Ч. II, гл. 32, М., 1978. 88 с.
2. Правила техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест/Минжилкомхоз РСФСР. М.: Стройиздат, 1979. 136 с.
3. Черкинский С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. М.: Госстройиздат, 1977. 224 с.
4. Яковлев С. В. и др. Канализация. М.: Стройиздат, 1975. 226 с.
5. Справочник по водоснабжению и канализации. Л.: Госстройиздат, 1960. 423 с.
6. Федоров Н. Ф., Волков Л. Е. Гидравлический расчет канализационных сетей (расчетные таблицы). М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1961. 254 с.
7. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами/Минмелводхоз, Минздрав, Минрыбхоз СССР. М., 1975. 38 с.
8. Шифрин С. М., Мишуков Б. Г., Феофанов Ю. А. Теория и практика расчета аэрационных сооружений канализации. Л.: ЛИСИ, 1976. 80 с.
9. Федоров Н. Ф., Шифрин С. М. и др. Канализационные сети и сооружения. Л.: Госстройиздат, 1961. 316 с.
10. Строительные нормы и правила. М., Ч. II, разд. Г, гл. 6, 1962. 70 с.
11. Климатический справочник. Л., 1931. 36 с.
12. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам. М.: Госэнергоиздат, 1961. 352 с.
13. Федоров Н. Ф., Шифрин С. М. Канализация. М.: Высшая школа, 1968. 592 с.
14. Иванов Г. В., Мишуков Б. Г. Очистка сточных вод города. Л.: ЛИСИ. 1969. 144 с.
15. Безобразов Ю. Б., Лапшев Н. Н. Введение в теорию и практику защиты природных вод от загрязненности. Л.: ЛИСИ, 1975. 51 с.
16. Лапшев Н. Н., Безобразов Ю. Б. Инженерные приложения теории диффузионных процессов. Л.: ЛИСИ, 1979. 52 с.
17. Туровский И. С. Обезвоживание осадков сточных вод на барабанных вакуум-фильтрах. М.: Госстройиздат, 1966. 180 с.
18. Максимовский Н. С. Очистка сточных вод. М.: Изд-во МКХ РСФСР. М., 1961. 352 с.
19. Шифрин С. М. Иловые площадки с механизированным удалением осадка: Межвуз. темат. сб. тр.-Л.: ЛИСИ, 1961, вып. 38, 108—117.
20. Иванов Г. В. Новый тип иловых площадок с механизированным удалением подсушенного осадка.— В кн.: Водоснабжение и канализация: Докл. XX науч.-техн. конф. ЛИСИ. Л., 1962, с. 88—98.
21. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1963, 456 с.
22. Идельчик И. Е. Гидравлические сопротивления. М.—Л., 1954. 316 с.
23. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981. 638 с.
24. Сидоров М. Д. Справочник по воздуходувным и газодувным машинам. М.— Л.: Машгиз, 1962. 260 с.

25. Строительные нормы и правила. 1978, ч. II, гл. 31. 150 с.
26. Лукиных Н. А., Липман Б. Л., Криштул В. П. Методы доочистки сточных вод. М.: Стройиздат, 1974. 96 с.
27. Шифрин С. М., Мишуков Б. Г., Феофанов Ю. А. Расчет сооружений биохимической очистки городских и промышленных сточных вод. Л.: ЛИСИ, 1977. 75 с.
28. Шифрин С. М. и др. Обработка осадков сточных вод. Л.: ЛИСИ, 1979. 82 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расходы бытовых сточных вод по часам суток (%)

Часы суток	Коэффициент неравномерности $K_{общ}$								
	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15
0—1	1,2	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
1—2	1,2	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
2—3	1,2	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
3—4	1,2	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
4—5	1,2	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
5—6	3,1	3,3	3,5	4,35	4,2	4,8	5,05	4,9	4,8
6—7	4,8	5	5,2	5,95	5,8	5	5,15	4,9	4,8
7—8	7,4	7,2	7	5,8	5,8	5	5,15	5	4,8
8—9	7,95	7,5	7,1	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
9—10	7,95	7,5	7,1	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
10—11	7,95	7,5	7,1	6,7	5,85	5,65	5,2	5	4,8
11—12	6,3	6,4	6,5	4,8	5,05	5,25	5,1	4,9	4,8
12—13	3,6	3,7	3,8	3,95	4,2	5	5	4,7	4,7
13—14	3,6	3,7	3,8	5,55	5,8	5,25	5,1	5	4,8
14—15	3,8	4	4,2	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
15—16	5,6	5,7	5,8	6,05	5,8	5,65	5,2	5	4,8
16—17	6,2	6,3	6,4	5,6	5,8	5,65	5,2	5	4,8
17—18	6,2	6,3	6,4	5,6	5,75	4,85	5,15	5	4,7
18—19	6,2	6,3	6,4	4,3	5,2	4,85	5,1	5	4,8
19—20	5,25	5,25	5,3	4,35	4,75	4,85	5,1	5	4,8
20—21	3,4	3,4	3,4	4,35	4,1	4,85	5,1	5	4,8
21—22	2,2	2,2	2,2	2,35	2,85	3,45	3,8	4,5	4,8
22—23	1,25	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,4	3
23—24	0,25	1,25	1,25	1,55	1,65	1,85	2	2,25	2,6
ИТОГО:	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Распределение бытовых сточных вод с предприятий промзон по часам смены (% от сменного расхода)

Часы смены	Холодные цеха	Горячие цеха	Душевые стоки
1	12,5	12,5	100*
2	6,25	7,5	
3	6,25	7,5	
4	18,75	18,7	
5	6,25	7,5	
6	6,25	7,5	
7	6,25	7,5	
8	37,25	31,3	
1**	12,5	12,5	100

* Душевые расходы предыдущей смены (100%).
** Первый час следующей смены.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Дополнительные загрязнения от возврата иловой воды на очистку при обезвоживании осадка первичных отстойников на вакуум-фильтрах, мг/л

Концентрации взвешенных веществ в исходной жидкости, мг/л	Влажность осадка, удаляемого из отстойника, %			
	по взвешенным веществам		по БПК	
	95	93,5	95	93,5
200	6,8	5,2	4,1	3,1
300	10,9	8,3	6,5	5,0
400	17,6	13,6	10,6	8,2
500	24,4	18,9	14,7	11,3

Примечания: 1. Влажность осадка 95% получается при выгрузке его под гидростатическим напором; влажность 93,5% при откачке плунжерными насосами.

2. Дополнительные загрязнения при обезвоживании осадка на иловых площадках и центрифугах могут приниматься вдвое меньшими по сравнению с приведенными в графах при влажности осадка 95%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Дополнительные загрязнения от возврата иловой воды на очистку при обезвоживании уплотненного избыточного активного ила на вакуум-фильтрах, мг/л

БПК сточных вод, поступающих в аэротенки, мг/л	Влажность ила, удаляемого из илоуплотнителя, %			
	по взвешенным веществам		по БПК	
	98	97,3	98	97,3
100	19,8	12,7	11,9	7,7
150	25,2	17,8	15,1	10,7
200	32,5	23,0	19,5	13,8
300	37,8	26,7	22,7	16,6
400	43,3	30,5	25,9	18,3
500	48,5	34,3	29,0	20,5

Примечания: 1. Влажность избыточного ила получается равной 98% при уплотнении его в вертикальных илоуплотнителях, 97,3% — в радиальных.

2. Дополнительные загрязнения при обезвоживании уплотненного ила на центрифугах и иловых площадках могут приниматься вдвое меньшими по сравнению с приведенными в графе при влажности ила 98%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Дополнительные загрязнения от возврата иловой воды на очистку при обезвоживании осадка биофильтров на вакуум-фильтрах

Дополнительные загрязнения сточных вод, мг/л	БПК поступающих на очистку сточных вод, мг/л				
	100	200	300	400	500
По взвешенным веществам	4,3	8,5	12,7	17,2	21,0
По БПК	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5

Примечание. Дополнительные загрязнения при обезвоживании осадка на центрифугах и иловых площадках могут приниматься на 30% меньше указанных выше.

Глеб Валерианович Иванов, Борис Григорьевич Мишуков

ПРИМЕР РАСЧЕТА ОЧИСТНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ГОРОДА

Механическая очистка

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

Редактор *И. И. Крайнева*

Технический редактор *Т. Л. Корняну*

Корректор *Г. Е. Корпилова*

Темплан 1982 г., п. 1229

Сдано в набор 03.06.82. Подписано к печати 12.11.82. М-25877.
Формат бум. 60×84 1/16. Бум. тип. № 3. Литер. гарнитура. Печать высокая.
Объем 5,5 п. л., 5,0 уч.-изд. л. Тираж 1000 экз. Зак. 5572. Цена 18 к.

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

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