

Оглавление

Предисловие	5
1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
1.1. Предпроектные изыскания	5
1.2. Проектирование и расчет очистных сооружений	5
1.3. Проектирование и расчет блока обработки осадков сточных вод	6
1.4. Планировочные решения и высотное проектирование очистных сооружений	6
2. УКАЗАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ И ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	6
2.1. Предпроектные изыскания	6
2.2. Проектирование и расчет очистных сооружений	7
2.3. Планировочное и высотное проектирование очистных сооружений	23
3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ СООРУЖЕНИЙ И УПРАЖНЕНИЯ	30
3.1. Сооружения механической очистки	30
3.2. Сооружения биологической очистки	34
3.3. Сооружения обеззараживания	38
3.4. Сооружения блока обработки осадков	38
Библиографический список	43
Приложения	44

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель выполнения курсового проектирования и практических занятий — закрепление теоретического материала, развитие способности самостоятельно и творчески разрабатывать проекты специализированных блоков и станций очистки сточных вод населенных мест, приобретение обучающимися практических навыков получения и систематизации сведений о процессах очистки сточных вод, осадках и шламах, образующихся при этих процессах, а также выбора рациональных технических решений.

Целевые задачи курсового проектирования включают: определение количества сточных вод, поступающих от населенного места; определение основных показателей загрязненности сточных вод; сопоставление и анализ с заданными величинами показателей очищенной воды; определение и оценку условий формирования отходов при очистке сточных вод (осадков, шламов); обоснование процессов их обработки и принятие технически обоснованных решений по применению сооружений и оборудования при проектировании станции очистки сточных вод.

1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из *пояснительно-расчетной записки* (ПРЗ) и графических материалов в форме чертежей.

ПРЗ должна включать *задание* на курсовое проектирование, содержащее необходимые данные для его выполнения, *аннотацию проекта* и *содержательную часть*, отражающую решение целевых задач курсового проекта. В заключительной части ПРЗ приводят библиографический список источников информации, использованных в процессе выполнения проекта.

Содержательная часть ПРЗ излагается по следующему примерному плану.

1.1. Предпроектные изыскания

Определение расчетных расходов сточных вод.

Определение показателей хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

Расчет показателей объединенных потоков (городских) сточных вод населенного места.

Оценка показателей поступающих сточных вод населенного места и сопоставление их с заданными значениями для очищенных вод.

Обоснование принципиальной схемы станции очистки сточных вод.

1.2. Проектирование и расчет очистных сооружений

Блок механической очистки сточных вод:

- схема блока механической очистки сточных вод;
- приемная камера;
- решетки (процеживатели);
- песколовки;
- первичные отстойники;
- расчет баланса загрязняющих веществ по блоку механической очистки сточных вод.

Блок биологической очистки сточных вод:

- схема блока биологической очистки сточных вод;
- аэротенки (биофильтры);
- вторичные отстойники.

Блок обеззараживания сточных вод:

- схема блока обеззараживания сточных вод;
- сооружения для обеззараживания сточных вод.

1.3. Проектирование и расчет блока обработки осадков сточных вод

Источники формирования осадков сточных вод на очистных сооружениях.

Принципиальная схема формирования и обработки осадков сточных вод.

Процесс обработки осадков сточных вод.

Сооружения и оборудование блока обработки осадков сточных вод.

По указанию руководителя проектирования в состав работы могут быть включены дополнительные разделы.

1.4. Планировочные решения и высотное проектирование очистных сооружений

В состав работ входят:

- выбор площадки для строительства очистных сооружений;
- мероприятия по улучшению экологической обстановки в районе очистной станции;
- расположение основных зданий и сооружений на площадке очистных сооружений;
- определение гидравлических потерь в сооружениях и коммуникациях;
- проектирование высотного расположения очистных сооружений.

В графической части курсового проекта представляют следующие обязательные чертежи:

- схему водоотведения населенного пункта с указанием места расположения очистных сооружений, санитарно-защитных зон и рельефа местности (в записке формат А4);
- генплан станции очистки сточных вод (Лист 1, формат А1–А2);
- схему высотного расположения очистных сооружений (Лист 2, формат А1–А2);
- ориентированный граф гидравлических потоков (там же);
- схему формирования осадков сточных вод (в записке формат А4);
- принципиальную схему процесса обработки осадков (Лист 2, формат А1–А2);
- схему процесса обработки осадков сточных вод с данными материального баланса по «твердой фазе» или генплан блока обработки осадков (там же).

По согласованию с руководителем проектирования графический материал может быть дополнен другими чертежами. Достаточный объем графического материала — 2–3 листа чертежей форматом А1–А2.

2. УКАЗАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ И ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задание по курсовому проекту (далее — Задание), утвержденное руководителем проектирования, является единственным основанием для выполнения обучающимся курсового проекта (прил. 1).

По согласованию с руководителем в качестве исходных данных по очистным сооружениям могут быть взяты данные, полученные при прохождении производственной практики на существующих очистных сооружениях.

2.1. Предпроектные изыскания

В этом разделе курсового проекта обучающиеся приводят: краткое описание населенного пункта (города), включая предприятия, находящиеся в нем и подключенные к централизованной системе водоотведения; расположение населенного пункта относительно водоема.

Определение расчетных расходов сточных вод включает определение среднесуточного количества стоков, поступающих на очистные сооружения. Используя сведения о численности населения и норме водоотведения, необходимо выполнить расчет количества сточных вод от жилищно-коммунальной части города и производственного предприятия.

Определение показателей хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод выполняют по норме водоотведения и удельным количествам загрязняющих веществ [1].

Показатели сточных вод предприятия принимают по заданию или литературным источникам. Особое внимание должно быть уделено наличию в них специфических загрязняющих веществ, которые могут оказывать отрицательное влияние на работу очистных сооружений. Хозяйственно-бытовые сточные воды предприятия при раздельной системе водоотведения в курсовом проекте не учитывают.

Расчет показателей объединенных потоков (городских) сточных вод населенного места выполняют по сумме массовых расходов по аналогичным показателям коммунальных и производственных потоков сточных вод, отнесенной к сумме объемных расходов.

Оценка показателей поступающих сточных вод населенного места и сопоставление их с заданными значениями для очищенных вод включают анализ критериальных соотношений санитарно-химических показателей и сопоставление их с требованиями к очищенным водам, приведенными в задании на проектирование. Расчет необходимой степени очистки сточных вод проводят по двум показателям качества воды — взвешенным веществам и биохимическому потреблению кислорода (БПК).

Обоснование принципиальной схемы станции очистки сточных вод выполняют на основании анализа полученных результатов. При этом обосновываются система очистки сточных вод и принципиальная схема проектируемых очистных сооружений.

Несмотря на то, что на ближайшие годы биологическая очистка сточных вод, содержащих органические загрязняющие вещества, сохраняется как основной метод, следует уделять внимание и процессам физико-химической очистки сточных вод, в том числе и городских, что становится особенно перспективно с увеличением выпуска полиэлектролитов.

Основными направлениями проектирования сооружений биологической очистки сточных вод являются интенсификация их работы, расширение технологических задач в направлении извлечения биогенных элементов и внедрение более усовершенствованных конструктивных решений.

2.2. Проектирование и расчет очистных сооружений

Общие указания по проектированию очистных сооружений

До начала расчетов каждого блока очистных сооружений необходимо указать, решение каких функциональных задач обеспечивает данный блок. Далее следует обосновать конкретные типы сооружений, принимаемых к проектированию.

Расчеты очистных сооружений следует выполнять в точном соответствии с рекомендациями нормативных документов. В отдельных случаях допускаются отклонения от принятых методик применения нестандартных методов расчета, однако такие отступления от норм проектирования требуют обоснования. Расчеты решеток, песколовков, отстойников и контактных резервуаров производятся по максимальному часовому притоку сточных вод. Расчет аэротенков производится по среднечасовому поступлению воды за период аэрации в часы максимального притока.

Принимать к проектированию следует типовые сооружения (см. приложения). Лишь в тех случаях, когда применение типовых сооружений ведет к слишком большому превышению расчетного объема, возможно при соответствующем обосновании использование сооружений нестандартных размеров.

Количество однотипных сооружений и оборудования должно быть принято в соответствии с установленными правилами, однако следует избегать принятия числа сооружений менее двух, а также большого числа сооружений (более 6–8) относительно малых размеров.

После выбора каждого типового сооружения необходимо произвести проверочный расчет, если принятый объем сооружения отличается от требуемого по расчету более чем на 10 %.

В изложении материала о конкретных сооружениях в пояснительной записке необходимо привести их расчетные схемы и результаты расчета на ЭВМ.

Блок механической очистки сточных вод

Расчет решеток

Размер решеток определяется из условия обеспечения в прозорах скорости движения сточной воды $V_p = 0,8-1,0$ м/с при максимальном притоке на очистные сооружения.

Для решеток с прозорами шириной b , м, справедливо соотношение

$$q = \omega_p V_p = b h n V_p,$$

где q — максимальный расход сточных вод, м³/с; ω_p — площадь живого сечения прозоров всей решетки, м²; h — глубина воды перед решеткой, м; n — число прозоров.

Количество прозоров в решетках, необходимое для пропуска поступающих сточных вод, составит

$$n = q K_{ст} / b h V_p,$$

где $K_{ст}$ — коэффициент, учитывающий стеснение потока механическими граблями, $K_{ст} = 1,05-1,1$.

Общая ширина решеток B , м:

$$B = S(n-1) + b n,$$

где S — толщина стержней, м.

Исходя из общей ширины решеток, подбирают необходимое количество рабочих решеток. Дополнительно устанавливают 1-2 резервные решетки и предусматривают устройство обводной линии для пропуска воды в случае аварийного засора решеток.

Расчет песколовков

Расчет горизонтальных и аэрируемых песколовков заключается в определении размеров их поперечного сечения и длины. Площадь живого сечения одного отделения песколовков F , м²:

$$F = \frac{q_{\max}}{v n},$$

где q_{\max} — максимальный расход сточных вод, м³/с; v — продольная скорость движения воды, принимаемая в зависимости от расчетного диаметра улавливаемых частиц песка, м/с (табл. 1); n — количество отделений песколовков.

Таблица 1

Расчетные параметры песколовков

Диаметр частиц песка d , мм	Гидравлическая крупность u_0 , мм/с	Продольная скорость движения воды в песколовках, м/с	
		в горизонтальных	в аэрируемых
0,05	2,0	0,1–0,15	0,02–0,05
0,10	5,9	0,1–0,15	0,02–0,05
0,15	13,2	0,15–0,2	0,05–0,1
0,20	18,7	0,15–0,2	0,05–0,1

Длину песколовков, м, определяют по формуле

$$L = K h_{\max} v / u_0,$$

где K — коэффициент, учитывающий влияние турбулентного потока; h_{\max} — максимальная глубина проточной части песколовки, м; u_0 — гидравлическая крупность песка расчетного диаметра, м/с; v — продольная скорость движения воды в песколовках, м/с.

Величина K определяется по формуле

$$K = u_0 / (u_0^2 - \omega^2)^{0,5},$$

где ω — вертикальная турбулентная составляющая продольной скорости, $\omega = 0,05v$.

Расчет вертикальных и тангенциальных песколовков производится из условия задержания частиц с расчетной гидравлической крупностью $v < u_0$. Площадь зеркала песколовки в плане, м²:

$$F_{\text{план}} = q_{\max} / u_0 n,$$

где n — количество песколовков.

Высота цилиндрической части песколовки, м:

$$h_{ц} = tv,$$

где t — продолжительность пребывания воды в песколовке, $t = 120-180$ с; $v = u_0$.

Расчет отстойников

Метод расчета первичных отстойников заключается в выборе типа и необходимого числа типовых сооружений, обеспечивающих требуемый эффект осветления. Требуемая эффективность снижения концентрации взвешенных веществ при первичном осветлении воды в отстойнике $\mathcal{E}_{тр}$, %, рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{тр} = \frac{(C_{en} - C_t)}{C_{en}} 100 \%,$$

где C_{en} — концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку, мг/л; C_t — концентрация взвешенных веществ в воде после первичного отстаивания, мг/л, принимаемая равной 100–150 мг/л.

Для достижения требуемого эффекта осветления при ближайшей соответствующей начальной концентрации взвешенных веществ определяется необходимая продолжительность отстаивания воды в покое t_{set} путем интерполяции данных:

$$t_{set} = t_{set(n)} + (t_{set(n+1)} - t_{set(n)} / \mathcal{E}_{n+1} - \mathcal{E}_n)(\mathcal{E}_{тр} - \mathcal{E}_n),$$

где $t_{set(n)}$ и $t_{set(n+1)}$ — продолжительность отстаивания, соответствующая эффективности осветления \mathcal{E}_n и \mathcal{E}_{n+1} , в интервале которых находится $\mathcal{E}_{тр}$, при условии, что $\mathcal{E}_n < \mathcal{E}_{тр} < \mathcal{E}_{n+1}$.

Условная гидравлическая крупность u_0 , мм/с, взвешенных веществ, которую необходимо обеспечить при отстаивании в покое при высоте осветления, равной глубине проточной части отстойника, рассчитывается по формуле, рекомендуемой действующим СП:

$$u_0 = \frac{1000H_{set}}{t_{set} (H_{set} / h_{set})^n},$$

где H_{set} — глубина проточной части отстойника, м, принимаемая предварительно на основе возможных глубин типовых отстойников в зависимости от их выбранного типа; h_{set} — глубина при отстаивании в покое, равная 0,5 м; n — показатель степени согласно рис. 1.

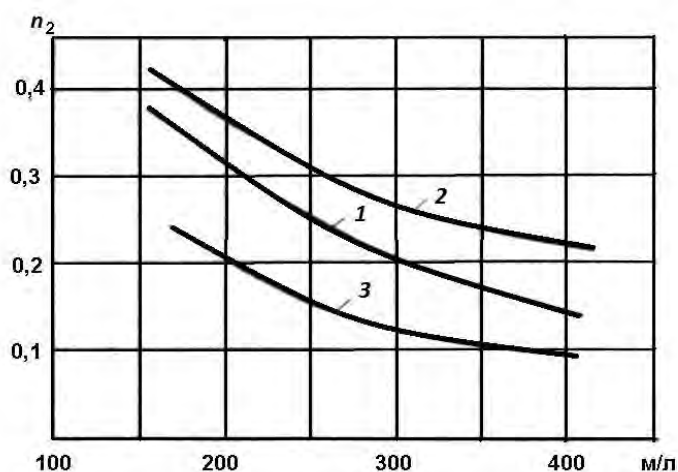


Рис. 1. Зависимость показателя n от начальной концентрации взвешенных веществ для различного эффекта отстаивания:
1 — $\mathcal{E} = 50$ %; 2 — $\mathcal{E} = 60$ %; 3 — $\mathcal{E} = 70$ %

Необходимая продолжительность осветления воды в отстойнике $t_{отс}$ рассчитывается по формуле

$$t_{отс} = \frac{1000H_{set}}{K_{set}u_0},$$

где K_{set} — коэффициент использования объема в зависимости от выбранного типа первичных отстойников.

Расчетный объем первичных отстойников $W_{\text{расч}}$, м³, определяется по формуле

$$W_{\text{расч}} = q_{\text{max}} t_{\text{отс}} / 3600.$$

Исходя из выбранного типа отстойников и их возможной компоновки, в схеме очистной станции принимаются необходимое число проектируемых отстойников $K_{\text{отс}}$ и их размеры, которые наиболее близко соответствуют величине $W_{\text{расч}}$, а также определяется фактический расход воды $q_{\text{факт}}$, м³/ч, на один отстойник:

$$q_{\text{факт}} = q_{\text{max}} / K_{\text{отс}}.$$

Фактическая средняя скорость потока $v_{\text{ср}}$, мм/с, в горизонтальном отстойнике шириной B :

$$v_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{факт}} \cdot 1000}{BH_{\text{факт}} \cdot 3600}.$$

Для радиального или вертикального отстойника средняя скорость потока $v_{\text{ср}}$, мм/с, определяется на половине радиуса отстойника для $D_{\text{ср}} = d_{\text{факт}} / 2$:

$$v_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{факт}} \cdot 1000}{\pi D_{\text{ср}} H_{\text{факт}} \cdot 3600}.$$

Вертикальная составляющая турбулентной пульсации ω , мм/с, в отстойнике:

$$\omega = 0,05 v_{\text{ср}}.$$

Фактическая продолжительность отстаивания воды $t_{\text{факт}}$, ч, в первичном отстойнике:

$$t_{\text{факт}} = W_{\text{факт}} / q_{\text{max}}.$$

Гидравлическая крупность взвешенных веществ $u_{\text{отс}}$, мм/с, задерживаемых в отстойнике принятых размеров и типа:

$$u_{\text{отс}} = \frac{1000 H_{\text{факт}}}{K_{\text{сет}} t_{\text{факт}} \cdot 3600}.$$

С учетом поправок на вертикальную составляющую турбулентной пульсации ω и увеличение вязкости воды μ при ее температуре в производственных условиях в зимний период, отличной от лабораторной ($T_{\text{лаб}} = 20$ °С), определяется фактическая гидравлическая крупность задерживаемых взвешенных веществ $u_{\text{факт}}$, мм/с:

$$u_{\text{факт}} = \mu_{\text{пр}} u_{\text{отс}} / \mu_{\text{лаб}} + \omega,$$

где $\mu_{\text{пр}}$ — динамическая вязкость сточной воды, г/(см·с), $\mu_{\text{пр}} = 1 + 0,0337T$.

Лабораторная продолжительность отстаивания в покое $t_{\text{лаб}}$, с, соответствующая фактической условной гидравлической крупности $u_{\text{факт}}$ и фактической глубине отстаивания $H_{\text{факт}}$:

$$t_{\text{лаб}} = 1000 H_{\text{факт}} / u_{\text{факт}} (H_{\text{факт}} / h_{\text{сет}})^n.$$

Путем интерполяции определяется фактический эффект осветления $\mathcal{E}_{\text{факт}}$, %, соответствующий продолжительности отстаивания $t_{\text{лаб}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{факт}} = \mathcal{E}_n + (\mathcal{E}_{n+1} - \mathcal{E}_n)(t_{\text{лаб}} - t_n) / (t_{\text{сет}(n+1)} - t_{\text{сет}(n)}),$$

где $t_{\text{сет}(n)} < t_{\text{лаб}} < t_{\text{сет}(n+1)}$.

Концентрация взвешенных веществ C_t , мг/л, в осветленной воде:

$$C_t = C_{\text{en}} (1 - 0,01 \mathcal{E}_{\text{факт}}).$$

Эффективность снижения БПК в первичных отстойниках составляет $\mathcal{E}_{\text{БПК}} = 0,6 \mathcal{E}_{\text{факт}}$ и в осветленной воде равна

$$L_t = L_0 (1 - 0,01 \mathcal{E}_{\text{БПК}}),$$

где L_t — концентрация загрязнений по БПК в сточной воде после первичного отстаивания, мг·О₂/л; L_0 — концентрация загрязнений по БПК в сточной воде, поступающей на очистку, мг·О₂/л.

Расчет аэротенков

Выбор типа аэрационного сооружения и режима его работы производится исходя из состава очищенных сточных вод и требуемой глубины их очистки.

Расчетное время аэрации t_{atm} в аэротенках-смесителях рекомендуется определять по следующей формуле:

$$t_{atm} = \frac{(L_{en} - L_{ex})}{a_i(1-S)\rho},$$

где L_{en} , L_{ex} — БПК_{полн} поступающей в аэротенк и очищенной сточной воды соответственно, мг/л; a_i — доза ила, г/л; S — зольность ила, которая принимается либо по экспериментальным данным, либо по данным работающих в аналогичных условиях очистных сооружений; ρ — удельная скорость окисления, мг БПК_{полн} на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч (мг/г·ч).

Иловый индекс I_i , характеризующий седиментационную способность ила, зависит от нагрузки на ил q_i , а следовательно, от нагрузки на ил будет зависеть и доза ила a_i в аэрационном сооружении. Практика показывает, что a_i может находиться в пределах 3–5 г/л — при продолженной аэрации; 3–4 г/л — при низкой нагрузке; 2,5–3,5 г/л — при средней и 2–3 г/л — при высокой нагрузке.

Удельная скорость окисления:

$$\rho = \rho_{max} \frac{L_{ex} C_O}{L_{ex} C_O + K_l C_O + K_O L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \phi a_i},$$

где ρ_{max} — максимальная удельная скорость окисления тех или иных видов загрязнений, мг/(г·ч); C_O — концентрация растворенного кислорода в аэрационном сооружении, мг/л; K_l — константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг БПК_{полн}/л; K_O — константа, характеризующая влияние кислорода, мг·О₂/л; ϕ — коэффициент ингибирования биологических процессов продуктами распада активного ила, л/ч.

Значения ρ_{max} , K_l , K_O , ϕ , S определяются экспериментальным путем для различных загрязнений.

Период аэрации t_{atv} в аэротенках-вытеснителях:

$$t_{atv} = \frac{1 + \phi a_i}{\rho_{max} C_O a_i (1 - S)} \left((C_O + K_O)(L_{mix} - L_{ex}) + K_l C_O \ln \frac{L_{mix}}{L_{ex}} \right) K_p,$$

где K_p — коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания (принимается равным 1,5 при биологической очистке до $L_{ex} \approx 15$ мг/л и 1,25 при $L_{ex} > 30$ мг/л); L_{mix} — БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной жидкости с учетом разбавления ее циркуляционным активным илом, мг/л:

$$L_{mix} = \frac{(L_{en} - L_{ex} R_i)}{1 + R_i},$$

где R_i — степень рециркуляции активного ила, определяется как

$$R_i = \frac{a_i}{1000 / I_i} - a_i,$$

где I_i — иловый индекс, см³/г.

При применении аэротенков с регенерацией активного ила вначале определяется необходимая продолжительность окисления загрязнений t_O по формуле

$$t_O = \frac{(L_{en} - L_{ex})}{R_i a_r (1 - S) \rho},$$

где a_r — доза ила в регенераторе, г/л, $a_r = a_i((1/2R_i) + 1)$; ρ — величина, рассчитываемая по приведенным выше формулам при дозе ила, равной a_r .

Продолжительность обработки воды собственно в аэротенке t_{at} , ч:

$$t_{at} = (2,5 / \sqrt{a_i}) \lg(L_{en} / L_{ex}).$$

Продолжительность регенерации ила для окисления загрязнений t_r определяется как

$$t_r = t_O - t_{at}.$$

Вместимость аэротенков без регенераторов:

$$W_{at} = t_{at} q_w,$$

где q_w — расчетный расход сточных вод, м³/ч.

Вместимость аэротенков при наличии регенераторов ила:

$$W_{at} = t_{at} (1 + R_i) q_w.$$

Вместимость регенераторов:

$$W_r = t_r R_i q_w.$$

Отношение объема регенераторов к суммарному объему аэротенков и регенераторов, взятое в процентах, в суммарном объеме аэротенков и регенераторов вычисляется как

$$r = \frac{W_r}{W_{at} + W_r} 100 \text{ \%}.$$

Прирост активного ила P_i , мг/л, в аэротенках рекомендуется определять по формуле

$$P_i = 0,8 C_{cdp} + K_g \alpha_{en},$$

где C_{cdp} — концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л; K_g — коэффициент прироста, для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод $K_g = 0,3$, при очистке сточных вод в окситенках величина K_g снижается до 0,25.

Расчет пневматической системы аэрации

Чтобы определить необходимое количество воздуха для подачи в аэротенки, производится расчет удельного расхода воздуха q_{air} на 1 м³ очищаемой воды, м³/м³:

$$q_{air} = \frac{q_o (L_{en} - L_{ex} R_i)}{K_1 K_2 K_m K_3 (C_a - C_o)},$$

где q_o — удельный расход кислорода, мг на 1 мг снятой БПК_{полн}, принимаемый при очистке до БПК_{полн} = 15–20 мг/л равным 1,1, а до БПК_{полн} > 20 мг/л — 0,9;

K_1 — коэффициент, учитывающий тип аэратора, т.е. размер пузырьков воздуха, образующихся при выходе из аэратора. Для среднепузырчатой и низконапорной аэрации $K_1 = 0,75$. При мелкопузырчатой аэрации этот коэффициент будет зависеть от плотности расположения аэраторов, выражаемой через отношение суммарной площади аэраторов f_{ar} к площади днища аэротенков f_{at} ;

K_2 — коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора, h_a . Значение коэффициента K_2 возрастает с 0,4 при $h_a = 0,5$ м до 3,3 при $h_a = 6$ м;

K_m — коэффициент, учитывающий температуру сточных вод и равный 1,0 при $t_w = 20$ °С. Для температуры воды, отличной от 20 °С:

$$K_m = 1 + 0,02 (t_w - 20),$$

где t_w — среднемесячная температура воды за летний период, °С;

K_3 — коэффициент качества воды, принимаемый для городских сточных вод 0,85; для других видов сточных вод определяется экспериментальным путем. При наличии в сточных водах синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) коэффициент K_3 в значительной степени зависит от отношения f_{ar}/f_{at} и изменяется от 0,59 при $f_{ar}/f_{at} = 0,05$ до 0,99 при $f_{ar}/f_{at} = 1,0$;

C_a — растворимость кислорода в воде, мг/л, рассчитывается как

$$C_a = (1 + h_a / 20,6) C_T,$$

здесь C_T — растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры T и атмосферного давления:

$T, \text{ }^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30
C_T	11,3	10,0	9,0	8,2	7,4

C_o — средняя концентрация растворенного кислорода в иловой смеси в аэротенке, мг/л; может приниматься от 0,5 в головной части аэротенка до 2 мг/л в хвостовой части.

Определив удельный расход воздуха, м³ на 1 м³ очищаемой жидкости, вычислим общую потребность воздуха, м³/ч:

$$Q_{air} = q_{air} q_w.$$

По пропускной способности аэратора определяются число и площадь пневматических аэраторов:

$$f_{ar} = 2n_a f_{ap},$$

где n_a — число аэраторов; f_{ap} — площадь одного аэратора.

В площадь аэраторов включаются и просветы между ними, если они не превышают площади аэратора, поэтому вводится коэффициент 2.

По полученному значению f_{ar} вычисляется отношение f_{ar}/f_{at} и уточняется значение всех коэффициентов, входящих в формулу определения удельного расхода воздуха (и зависящих от этого отношения), а также уточняется удельный расход воздуха. Если принятая в первом приближении величина f_{ar}/f_{at} совпадает с расчетной, то далее определяется интенсивность аэрации J_a , под которой понимается количество воздуха, подаваемое на 1 м² площади аэротенка в 1 ч (м²·ч):

$$J_a = q_{air} H_{at} / t_{at},$$

где H_{at} — глубина аэротенка.

Если же принятая в первом приближении величина f_{ar}/f_{at} отличается от величины, получаемой в результате проведенного расчета, то принимается новое значение f_{ar}/f_{at} и соответствующее ему значение коэффициента K_1 , и процедура удельного расхода воздуха повторяется до тех пор, пока значение K_1 не будет равным получающемуся в результате расчета.

Максимальные значения интенсивности зависят от отношения площади аэраторов к площади днища аэротенка, т.е. от f_{ar}/f_{at} , и изменяются от 5 м³/(м²·ч) при $f_{ar}/f_{at} = 0,05$ до 100 м³/(м²·ч) при $f_{ar}/f_{at} = 1$.

Если расчетное значение J_a превышает максимально допустимое для данных условий, то необходимо увеличить площадь аэрируемой зоны, т.е. увеличить число аэраторов. Если J_a меньше минимально допустимого ее значения, то следует увеличить расход воздуха.

Расчет воздухопроводов состоит в подборе диаметров трубопроводов и определении потерь напора в них. Скорость движения воздуха в общем и распределительном воздухопроводах обычно принимают равной 10–15 м/с; в воздухопроводах небольшого диаметра, подающих воздух в лотки под фильтры, — 4–5 м/с.

Общие гидравлические потери напора в воздуховоде h , м, складываются из потерь на трение по длине и местных сопротивлений:

$$h = h_{тр} + h_m = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} \gamma + \frac{\zeta v^2}{2g} \gamma = \left(\frac{\lambda}{D} + \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \gamma,$$

где $h_{тр}$ — потери напора в воздуховоде на трение по длине, м; h_m — местные потери напора, м; λ — коэффициент сопротивления; l , D — длина и диаметр трубопровода, м; v — скорость движения воздуха в трубопроводе, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с²; γ — плотность воздуха, кг/м³; ζ — суммарный коэффициент местных сопротивлений.

Суммарное значение местных сопротивлений и сопротивлений на трение в воздухопроводах не должно превышать 0,3–0,35 м. Сопротивление фильтровых пластин быстро возрастает по мере эксплуатации, поэтому при определении общего напора воздухоудовки сопротивление проходу воздуха через фильтровые пластины следует принимать 500–800 мм. Требуемый общий напор $H_{общ}$, м, при распределении воздуха через пористые диффузоры составит

$$H_{общ} = h_{тр} + h_m + h_{ф} + h_a,$$

где $h_{ф}$ — высота фильтровых пластин, h_a — глубина воды в аэротенке (от поверхности воды до поверхности диффузора).

На воздухоудовной станции следует устанавливать не менее двух воздухоудовок — рабочую и запасную. Для обеспечения маневренности во время эксплуатации лучше устанавливать не менее двух рабочих воздухоудовок. Воздухоудовки подбирают по каталогу, исходя из общих потерь напора и расчетного расхода воздуха.

При благоприятных условиях допускается установка воздухоудовок в непосредственной близости к аэротенкам.

Расчет биофильтров

При расчете *высоконагружаемых биофильтров* необходимый объем материала загрузки определяется по уравнению

$$W = L_{en}Q / OM,$$

где L_{en} — БПК поступающих сточных вод, г/м³; Q — расход сточных вод, м³/сут; OM — окислительная мощность биофильтра, г/(м³·сут).

Предложен графоаналитический способ расчета высоконагружаемых биофильтров, в основу которого положена функциональная зависимость БПК₅ (БПК за пять суток инкубации) выходящей после очистки на биофильтре воды от ряда факторов:

$$L_{ex} = f(L_{en}, A, q, T, H, B),$$

где L_{ex} , L_{en} — БПК сточных вод выходящих и поступающих соответственно, г/м³; A — концентрация взвешенных загрязнений в сточных водах, поступающих на биофильтр, г/м³; q — гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут); T — температура сточной воды, °С; H — высота биофильтра, м; B — расход воздуха, необходимый для аэрации 1 м³ сточной воды, м³.

Критериальная зависимость:

$$\Theta = f(\Phi);$$

$$\Theta = L_{ex} \cdot 100 \% / q^{0.4};$$

$$\Phi = 10HK_T / q^{0.4},$$

где Φ — критериальный комплекс; K_T — температурная константа.

Зависимость для определения параметров биофильтров:

$$\lg(L_{en} / L_{ex}) = \alpha HB^{0.6} K_T / q^{0.4} + \beta,$$

где α и β — постоянные коэффициенты; K_T — температурная константа потребления кислорода, вычисляемая по формуле

$$K_T = 0,2 \cdot 1,047^{T-20}.$$

Метод расчета по критериальному комплексу может применяться при гидравлической нагрузке от 1 до 30 м/(м²·сут) и высоте биофильтра до 4 м. Эффективность работы биофильтров напрямую связана с крупностью фракций загрузочного материала и его пористостью.

При расчете *биофильтров с плоскостной загрузкой* величина L_{ex} является функцией следующих величин:

$$L_{ex} = f(L_{en}, q_{pf}, S_{уд}, T, B, H, P),$$

где q_{pf} — гидравлическая нагрузка, м³/(м²·сут); $S_{уд}$ — удельная поверхность загрузочного материала, м²/м³; T — температура сточной воды, °С; B — расход воздуха, м³ на 1 м³ сточной воды; H — высота биофильтра, м; P — пористость загрузочного материала, %.

В биофильтрах с плоскостной загрузкой аэрация осуществляется естественным путем, поэтому можно считать, что воздуха вполне достаточно, и функциональную зависимость для L_{ex} можно записать в виде

$$L_{ex} = f(F, T, H, P),$$

где F — масса органических загрязнений по БПК₅, поступающих в сутки на единицу площади поверхности загрузочного материала биофильтра, г/(м²·сут),

$$F = L_{en} q_n S_{уд}.$$

Для биофильтров с плоскостной загрузкой критериальная зависимость может быть представлена в следующем виде:

$$\eta = PHK_t / F.$$

В табл. 2 приведены значения критериального комплекса η в зависимости от БПК₅ очищенной сточной воды. Полученная зависимость может быть выражена аналитически.

Таблица 2

Значения критериального комплекса η

L_{ex} , мг/л	η	L_{ex} , мг/л	η
10	3,30	35	1,60
15	2,60	40	1,45
20	2,25	45	1,30
25	2,00	50	1,20
30	1,75		

При расчете *капельных биофильтров* сначала вычисляется коэффициент K : $K = L_{en}/L_{ex}$, где L_{en} , L_{ex} — БПК_{полн} сточных вод поступающих и очищенных соответственно. Затем по среднезимней температуре сточной воды T и значению K в табл. 3 определяются высота биофильтра H и гидравлическая нагрузка q . Если полученное значение K превышает значения, приведенные в табл. 3, то необходимо вводить рециркуляцию и высчитывать по методике расчета высоконагружаемых биофильтров с рециркуляцией.

Таблица 3

Параметры для расчета капельных биофильтров

Гидравлическая нагрузка, м ³ /(м ² ·сут)	Значения K при температуре сточной воды T , °С			
	8	10	12	14
1	8,0*/11,6**	9,8/12,6	10,7/13,8	11,4/15,1 10,0/12,8 8,0/11,5
1,5	5,9/10,2	7,0/10,9	6,6/10,7	6,7/10,7
2	4,9/8,2	7,0/10,0	5,6/10,1	5,9/10,2
2,5	4,3/6,9	4,9/8,3	5,0/8,6	11,4/15,1 10,0/12,8 8,0/11,5
3	3,8/6,0	4,4/7,1	8,2/11,7	6,7/10,7

* первое число — для высоты $H = 1,5$ м; ** второе число — для высоты $H = 2$ м

По расходу очищаемых сточных вод Q , м³/сут, и гидравлической нагрузке q , м³/(м²·сут), вычисляется общая площадь биофильтров S , м²: $S = Q/q$.

Биофильтры устраивают в виде отдельных секций. Число и размеры секций зависят от способов распределения сточной воды по поверхности, условий их эксплуатации и пр. Число секций должно быть не менее двух и не более 6–8, все секции должны быть рабочими.

При расчете *высоконагружаемых биофильтров* их высоту назначают в зависимости от БПК_{полн} очищенной сточной воды, а гидравлическую нагрузку — в пределах 10–30 м³/м²·сут. Допустимое значение БПК поступающих на биофильтр сточных вод — 300 мг/л.

Расчет высоконагружаемых биофильтров производится в следующей последовательности: 1) определяется коэффициент K ; 2) по среднезимней температуре сточной воды T и найденному значению K определяют высоту биофильтра H , гидравлическую нагрузку q и расход воздуха $V_{уд}$ по табл. 4; для очистки без циркуляции значения H , q и $V_{уд}$ следует принимать по ближайшему большему значению K , для очистки с рециркуляцией — по меньшему значению K .

Таблица 4

Параметры для расчета высоконагружаемых биофильтров

Высота биофильтра H , м	Значение K при среднезимней температуре сточной воды T , °С							
	8		10		12		14	
	и гидравлической нагрузке q , м ³ /(м ² ·сут)							
	10	20	10	20	10	20	10	20
При $V_{уд} = 8$ м ³ на 1 м ³ воды								
2	3,02	2,32	3,38	2,5	3,76	2,74	4,3	3,02
3	5,25	3,53	6,2	3,96	7,32	4,64	8,95	5,25
4	9,05	5,37	10,4	6,25	11,2	7,54	12,1	9,05
При $V_{уд} = 10$ м ³ на 1 м ³ воды								
2	3,69	2,89	4,08	3,11	4,5	3,36	5,09	3,67
3	6,1	4,24	7,08	4,74	8,23	5,31	9,9	6,04
4	10,1	6,23	12,3	7,18	15,1	8,45	16,4	10,0
При $V_{уд} = 12$ м ³ на 1 м ³ воды								
2	4,32	3,38	4,76	3,72	5,31	3,98	5,97	4,31
3	7,25	5,01	8,35	5,55	9,9	6,35	11,7	7,2
4	12,0	7,35	14,8	8,5	18,4	10,4	23,1	12,0

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru