

ЧАСТЬ 2.

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Расчет сооружений обработки осадка.

Обработка осадка включает процесс анаэробной стабилизации. Технологическая схема процесса анаэробной стабилизации включает: подачу в метантенк осадка из первичных отстойников и уплотненного активного ила, после илоуплотнителя.

Обезвоживание стабилизированного осадка на фильтропрессе и возвращении фильтрата в приёмную камеру очистных сооружений.

Расчёт илоуплотнителя

Для уплотнения избыточного активного ила на очистных сооружениях используют илоуплотнители гравитационного типа. Конструкции гравитационных илоуплотнителей аналогичны конструкциям первичных отстойников.

Расчет илоуплотнителей ведем на максимальный часовой приток избыточного активного ила:

$$q_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot Q}{24 \cdot a_{\text{mid}} \cdot 1000} = 43,4 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

где: Q – суточный расход сточных вод в $\text{м}^3 / \text{сут}$

a_{mid} – концентрация уплотняемого ила принимаем $8 \text{ г} / \text{м}^3$.

$P_{\max}$ – максимальный прирост избыточного активного ила, в $\text{г} / \text{м}^3$;

$K_{\text{gen max}}$ – коэффициент неравномерности;

$$P_{\max} = K_{\text{gen max}} \times P_i = 180,4 \text{ мг/л.}$$

$$P_i = 0,8 C_{\text{cdp}} + K_q \alpha_{\text{en}} = 121,5 \text{ мг} / \text{л.}$$

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 $K_g = 0,3$

Общий объем гравитационного илоуплотнителя определяем по формуле:

$$W_{\text{упл}} = q_{\text{max}} \times t_{\text{упл}} = 434,00 \text{ м}^3.$$

$t_{\text{упл}}$ - продолжительность уплотнения принимаем по СНиПУ 2.04.03-85 табл. 58. принимаем 10 часов.

Влажность активного ила до уплотнения 99,2%.

В качестве уплотнителей принимаем 2 вертикальных отстойника диаметром 9м. Влажность уплотнённого активного ила составит 98%.

Объем иловой части уплотнителя рассчитываем из расчета 10-ти часового пребывания в нем активного ила:

$$W_{\text{ил}} = \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \cdot q_{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{упл}}}{n} = 86,8 \text{ м}^3$$

Иловая вода после илоуплотнителя перекачивается насосами в приёмную камеру очистных сооружений.

Расчёт метантенков.

Для сбраживания принимаем термофильный режим ($T = 53^\circ\text{C}$). Это обусловлено невысокой влажностью осадка, поступающего в метантенк (96,2 %) и, следовательно, невысоким расходом тепла, идущим на подогрев осадка, по сравнению с осадком, имеющим высокую влажность.

Термофильный процесс обеспечивает обеззараживание сброженного осадка, что также является его преимуществом, термофильный режим в 2 раза производительней мезофильного.

Расчет метантенков заключается в определении необходимого их объема в зависимости от количества поступающего в них сырого осадка и избыточного ила.

Расчет количества образующегося осадка.

Количество сухого вещества осадка рассчитывают по следующей формуле:

$$O_{\text{нод}} = \frac{\tilde{N} \times \tilde{Y} \times k}{1000 \times 1000} \times Q = 6,1 \text{ т} / \text{нод}.$$

где $C_{\text{ен}}$ - концентрация взвешенных веществ, в поступающей на очистку сточной воде 260 мг/л.

Ξ - эффект изъятия взвешенных веществ в первичных отстойниках в долях единицы 0,42.

k - коэффициент, учитывающий увеличение объёма осадка за счёт крупных фракций взвешенных веществ 1,2.

Количество беззольного вещества осадка $O_{\text{без}}$ вычисляем по формуле:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \times (100 - B_z) \times (100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} = 4,06 \text{ т / сут.}$$

Где: B_z - гигроскопическая влажность сырого осадка 5%;

$Z_{\text{ос}}$ – зольность сухого вещества осадка 30 .

Количество сухого вещества активного ила определяют:

$$I_{\text{сух}} = \frac{0,8 \cdot C_{\text{en}} \cdot (1 - \Xi) + a \cdot L_{\text{en}} - b}{1000 \cdot 1000} \cdot Q = 5,08 \text{ т / сут.}$$

где a - величина прироста активного ила 0,1;

b - вынос активного ила из аэротенков 10 мг/л.

Количество беззольного вещества активного ила $I_{\text{без}}$, т в 1 сут, вычисляют по формуле:

$$I_{\text{без}} = \frac{I_{\text{сух}} (100 - B_z^1) (100 - Z_{\text{ил}})}{100 \cdot 100} = 3,14 \text{ т / сут.}$$

где B_z – гигроскопическая влажность активного ила 5%;

$Z_{\text{ил}}$ – зольность сухого вещества активного ила 35%.

Расход осадка и избыточного ила определяется по следующим формулам:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \times O_{\text{ос}}}{(100 - W_{\text{ос}}) \rho_{\text{ос}}} = 121,9 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Где $W_{\text{ос}}$ - влажность сырого осадка 95 %.

$$V_{\text{ил}} = \frac{100 I_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ил}}) \rho_{\text{ил}}} = 508,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Где $W_{\text{ил}}$ – влажность избыточного активного ила 99%.

Годовое количество избыточного ила составит 185493,0 м³/год.

Общее количество сырого осадка и активного ила составит:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{ил}} = 630,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

или 230011,3 м³/год.

Определения объёма метантенков и газгольдеров

Необходимый объем метантенков определяется в зависимости от объема фактической влажности сырого осадка и активного ила:

$$W = \frac{V_{\text{общ}} \cdot 100}{D_{ml}} = 3706,9 \text{ м}^3$$

Принимаем дозу загрузки по СНиП 2.04.03-85 табл. 59, принимаем $D_{ml} = 17\%$.

Принимаем 2 метантенка $d = 16,6 \text{ м}$, полезный объем одного метантенка 2500 м³.

Определим процент распада беззольного вещества:

$$R_r = R_{lim} - K_r \times D_{ml} = 45,0 \%$$

где R_{lim} - максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, %;

K_r - коэффициент зависящий от влажности осадка и принимаемый по табл. 61 СНиПа;

D_{ml} - доза загружаемого осадка, %;

R_{lim} - определяется по следующей формуле:

$$R_{lim} = \frac{53 \cdot Q_{\text{бз}} + 44 I_{\text{бз}}}{Q_{\text{бз}} + I_{\text{бз}}} = 49,1\%$$

$R_{lim} = 53\%$ – для осадков из первичных отстойников;

$R_{lim} = 44\%$ – для избыточного активного ила;

$K_r = 0,407$ – коэффициент зависящий от влажности осадка (табл. 61)

Определим весовое количество газа, выделяющееся при сбраживании:

$$Г = \frac{(Q_{\text{бз}} + I_{\text{бз}}) \cdot R_r}{100} = 3,24 \text{ г}$$

Общий объем выхода газа составит: $W_2 = 3237 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для выравнивания давления газа в газовой сети предусматриваем мокрые газгольдеры, вместимость которых рассчитывается на 2-4 ч выхода газа.

$$V = \frac{W_2 \cdot 3}{24} = 404,6 \text{ м}^3$$

Принимаем $n = 2$ газгольдера объемом 300 м^3 каждый.

Определим массу беззольного вещества в сброженной смеси:

$$M_{\text{бз}}^I = \frac{M_{\text{бз}} \cdot (100 - R_r)}{100} = 3,96 \text{ т / сут}$$

Масса сухого вещества сброженной части составит:

$$M_{\text{сух}} = (M_{\text{сух}} - M_{\text{бз}}) + M_{\text{бз}}^I = 7,944 \text{ т / сут}.$$

Определим зольность этой сброженной массы:

$$S_{\text{сб}} = 100 - \frac{M_{\text{бз}}^I \cdot 100 \cdot 100}{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{сб}}^{\text{сб}})} = 62,7\%$$

Влажность сброженной смеси будет равна:

$$P_{\text{сб}} = 100 - \frac{M_{\text{сух}} \cdot 100}{M_{\text{общ}}} = 98,2\%.$$

Задача 5. В двух метантенках, объемом 1000 м^3 каждый, в мезофильном режиме сбраживаются осадок (метантенк 1) и активный ил (метантенк 2). Условия сбраживания приведены в табл. 13.

Таблица 13

Показатель	Метантенк 1	Метантенк 2
Объем, $\text{м}^3/\text{сут}$	70	100
Влажность, %	93	97
Зольность, %	30	25

Подсчитайте дозы загрузки по объему и по беззольному веществу, продолжительность сбраживания, выход газа. Сравните полученные результаты и дайте им оценку.

Решение задачи. Из условия задачи очевидно, что при равенстве объемов метантенков объемная доза загрузки второго метантенка окажется примерно в 1,4 раза больше. Подсчитаем объемные дозы для каждого метантенка : $70 \cdot 100 / 1000 = 7\%$ -метантенк 1, $100 \cdot 100 / 1000 = 10\%$ - метантенк 2. Отметим, что их значения точно совпадают для субстратов такой влажности со значениями табл. 59 СНиП.

Время пребывания осадков в метантенках также будет различным и составит: $100/7=14,3$ сут и 10 сут для первого и второго метантенков, соответственно.

Подсчитаем величины доз загрузки метантенков по беззольному веществу. Объемная масса осадка и активного ила принимается равной 1. При влажности 93% содержание сухого вещества в осадке составляет 70 кг/м^3 , а беззольного вещества - 70% от массы сухого, т.е. 49 кг/м^3 . При объемной дозе загрузки 7% в метантенк в сутки подается $0,07 \text{ м}^3$ осадка на единицу объема метантенка. Следовательно, в сутки в метантенк будет поступать беззольного вещества $0,07 \cdot 49 = 3,43 \text{ кг}$ на 1 м^3 объема. Аналогичные рассуждения для второго метантенка дают значение дозы загрузки по беззольному веществу - $2,215 \text{ кг/(м}^3 \text{ сут)}$.

Выполненные расчеты показывают, что метантенки работают в различных режимах как по времени пребывания в них сбраживаемого субстрата, так и по нагрузкам по беззольному веществу на единицу объема метантенка. Чтобы оценить, какие результаты можно ожидать при таком различии условий сбраживания и разном составе исходного осадка и активного ила, обратимся к СНиП и выполним ряд расчетов.

В соответствии с СП 32, примем предел сбраживания осадка равным 53%, а активного ила - 44%. По формуле (111) СНиП подсчитаем ожидаемый распад беззольного вещества и выход газа:

$$\text{метантенк 1 } R_r = 53 - 1,05 \cdot 7 = 45,6\% \text{ или } 0,456 \text{ кг/кг};$$

$$\text{метантенк 2 } R_r = 44 - 0,40 \cdot 10 = 40\% \text{ или } 0,4 \text{ кг/кг}.$$

Выход газа выражается в кг на кг загруженного беззольного вещества. Так как в сутки в метантенк 1 загружается $3,43 \cdot 1000 = 3430 \text{ кг}$ беззольного вещества, выход газа составит 1564 кг или при плотности газа $1,05 \text{ кг/м}^3$ - $1490 \text{ м}^3/\text{сут}$. Для метантенка 2 выход газа составит $900 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Эффективность сбраживания в % от максимально возможной величины для метантенков 1 и 2 составит соответственно $45,6 \cdot 100/53 = 86\%$ и $40 \cdot 100/44 = 91\%$.

Оценивая полученные результаты, следует отметить, что в расчете метантенков по СНиП заложено увеличение продолжительности сбраживания при возрастании дозы загрузки по беззольному веществу. Сбраживание осадка сопровождается образованием большего количества газа, что является следствием более высоких, чем в иле, концентраций жиров и углеводов, дающих при сбраживании много газа. Можно предполагать, что газ метантенка 2 будет содержать больше метана, чем газ метантенка 1, так как ил содержит много белков, сбраживание которых позволяет получить газ, содержащий около 70% метана.

Таким образом, результаты работы метантенков, сбраживающих только осадок или только ил, будут различны по глубине распада беззольного вещества, а, следовательно, и по выходу газа.

Сооружения для механического обеззараживания

Сооружения для механического обеззараживания осадка путем фильтпрессования. Перед обезвоживанием сброженного осадка на вакуумфильтрах следует предусматривать его промывку сточной водой.

Количество промывной воды принимаем для сброженного в термофильных условиях осадка $4 \text{ м}^3/\text{м}^3$, продолжительность промывки принимаем 20 минут.

Отделение промывки состоит из расходомерной камеры, камеры смешения, промывной камеры. Все конструктивные размеры камер, за исключением промывной, подбираются конструктивно.

Определим объем камеры промывки осадка:

$$W_{np} = \frac{M_{общ} \cdot (q_{ww} + 1) \cdot t_{np}}{t_b \cdot 60} = 50 \text{ м}^3$$

где: q_{ww} – количество технической воды идущей на промывку (см [2] стр. 58 п. 6.369 СНиП), принимаем 4 м^3 ;

t_{np} – продолжительность промывки (см [2] п.6.370 СНиП) 20 минут;

t_b – продолжительность выгрузки осадка из метантенков, принимается по данным эксплуатации $t_b = 21 \text{ ч}$ в сутки.

Принимаем 4 камеры размером $2,68 \times 2,41 \times 2,65$ м.

Камеры оборудуются подводом воздуха и воды, и устройством для удаления всплывающих веществ.

Сжатый воздух подается в количестве $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 промываемой смеси, через дырчатые трубы уложенные на дне камеры.

$$Q_{\text{возд}} = 0,5 \times (M_{\text{общ}} \times 4) = 1260,3 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Уплотнение промытого осадка производится в уплотнителях со временем пребывания смеси по СНиП 20-24 ч. ([2] п. 6.371).

$$Q_{\text{см}} = M_{\text{общ}} \times (q_{\text{ww}} + 1) = 2520,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{час}} = \frac{Q_{\text{см}}}{t_{\text{с}}} = 105,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим объем уплотнителей:

$$W_{\text{упл}} = Q_{\text{чассм}} \times t_{\text{упл}} = 2205,6 \text{ м}^3$$

Принимаем 2 уплотнителя, тогда объем каждого составит:

$$W_{\text{упл}}^1 = W_{\text{упл}}/n_{\text{упл}} = 1102,794 \text{ м}^3$$

Принимаем для уплотнения радиальные отстойники диаметром 24 м.

Влажность уплотненного осадка принимаем 95% ([2] п. 6.371 СНиП 2.04.03-85).

Определим количество уплотненного осадка:

$$Q_{\text{упл}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot 100}{100 - 95} = 158,9 \text{ м}^3.$$

Количество загрязняющих веществ в иловой воде из илоуплотнителей примем следующее:

- по взвешенным веществам 1000 мг/л ;
- по БПК_{полн} 900 мг/л .

Вода сбрасывается в местную хозяйственно-фекальную канализацию и вместе с ней поступает в приёмную камеру очистных сооружений.

Обезвоживание осадка производится на фильтр-прессах. Производительность, которых принимается в соответствии с табл. 62 СНиПа.

Определим площадь фильтрпрессов:

$$F_{np} = \frac{M_{сyx} \cdot 1000}{P \cdot t_{\phi}} = 41,5 \text{ м}^2$$

где: P – производительность 1 м^2 поверхности фильтрпресса по сухому веществу, принимаем 10 кг/м^2 ;

t_{ϕ} – продолжительность работы фильтрпресса (принимается равной $t_{\phi} = 22$ ч) в течении суток.

Принимаем 3 фильтр-пресса ФПАКМ-25У, два рабочих и один резервный.

Площадь фильтрования 50 м^2

Определим количество обезвоженного осадка на фильтрпрессах за 1 сут.:

$$Q_{об} = \frac{Q_{упл} \cdot (100 - B_{упл})}{100 - B_{об}} = 39,7 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

где $B_{об}$ – влажность обезвоженного на вакуум-фильтре осадка 80% табл. 62 СНиПа.

Определим объем отделяющегося фильтрата:

$$Q_{\phi} = Q_{упл} - Q_{об} = 119,2 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Фильтрат направляется в уплотнитель промытого сброженного осадка см [2] стр. 58 п. 6.371 Поэтому количество фильтрата, отделяющейся при уплотнении, будет больше. Для увеличения влагоотдачи по осадкам перед подачей на фильтрпрессах дозируют флокулянт "Праестол" в концентрации $3,5 - 4,5 \text{ кг/т}$ сухого вещества осадка.

Суточный расход флокулянта составит:

$$G_{np} = M_{сyx} \times 0,04 = 0,032 \text{ т/сут}.$$

Расчет аварийных иловых площадок.

Существование цеха механического обезвоживания осадков позволяет предусматривать только аварийные иловые площадки, рассчитанные на объём равный 20% годового количества осадка.

Влажность уплотнённого осадка после аэробного минерализатора принимаем $96,5\%$.

Общее количество сброженного осадка и активного ила составит:

$$V_{общ} = \frac{100 \cdot (I_{сyx} + O_{сyx})}{(100 - W_{см}) \cdot \rho} = 319,44 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Соответственно за год количество сырого осадка и активного ила составит: 116595,6 $\text{м}^3/\text{год}$. Для аварийных иловых площадок 20%, что равно: 23319,1 $\text{м}^3/\text{год}$.

Годовая нагрузка на иловые площадки составит 2 $\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}$.

Необходимая площадь иловых площадок будет равна: 11659,6 м^2 .