

## Исходные данные

### Вариант 4

Технологическая схема: Биологическая очистка по схеме ААО.

#### Данные:

$$Q_w = 54\,000 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$C_{en} = 150 \text{ мг/л};$$

$$L_{en} = 240 \text{ мг/л};$$

$$t = 15^\circ\text{C}.$$

					Пояснительная записка	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

## Введение

Охрана окружающей среды и, особенно, водных объектов от загрязнения и истощения является одной из важнейших задач в современном мире.

В окружающей нас природной среде практически не осталось источников пресной воды, не загрязненных продуктами жизнедеятельности человека. Существующие коммунальные очистные сооружения не отвечают современным требованиям и во многих случаях служат причиной попадания в природные водоемы органических загрязнений и особенно биогенных элементов (азота и фосфора), тем самым вызывая их вторичное загрязнение. В последние годы ученые многих стран мира придают большое значение проблемам глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и биогенных элементов.

В данной курсовой работе необходимо рассчитать и запроектировать блок биологической очистки очистной станции по удалению из сточных вод биогенных элементов (азота и фосфора) по технологической схеме ААО.

					Пояснительная записка	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

## Технологическая схема АА/О

Процесс АА/О или А2/О (Anaerobic/Anoxic/Oxic) предназначен для удаления азота и фосфора в процессе биологической очистки в аэротенках. Данный процесс представляет собой последовательность анаэробной, аноксидной и аэробной зон.

Процесс А2/О имеет существенные недостатки:

- 1) В первую анаэробную зону подается возвратный ил, в котором содержится нитратный азот, то есть, по существу, в начале зоны создаются не анаэробные, а аноксидные условия, что уменьшает эффективность удаления фосфора.
- 2) Обогащенная нитратами жидкость рециркулирует из конца аэробной зоны в «голову» аноксидной зоны. Недостаток 3-х стадийного процесса в том, что нитраты будут присутствовать в рецикле активного ила, делая процесс удаления фосфора недостаточно надежным.
- 3) В данной схеме, как и во всех объединенных системах биологического удаления азота и фосфора, продолжительность пребывания ила в каждой зоне должна быть достаточной, чтобы позволить достичь полного выделения или поглощения фосфатов. Вторичный отстойник также должен эксплуатироваться с непрерывным удалением осадка, чтобы избежать выделения фосфатов при эндогенном дыхании ФАО.

Преимущества:

- 1) Хорошо удаляет как азот, так и фосфор.
- 2) Обеспечивает щелочность для нитрификации.
- 3) Продуцирует хорошо осаждающийся ил.
- 4) Относительно простая эксплуатация.
- 5) Экономия энергии.
- 6) Наиболее проверенная технология.
- 7) Низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

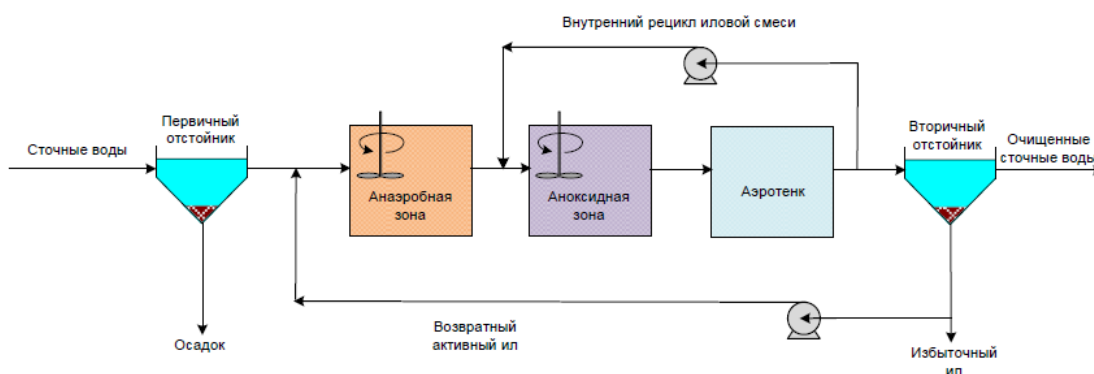


Рисунок 1. Технологическая схема АА/О

## 1. Расчет аэротенка

В качестве аэротенка выбираем аэротенк-вытеснитель.

1.1. Так как требуется глубокая очистка сточных вод от биогенных элементов, принимаем возраст ила  $\Theta = 7$  суток.

Тогда прирост активного ила составит:

$$P_i = \frac{(0,8C_{cdp} + K_q L_{en}) \cdot 1,1}{\Theta^{1/6}}, \text{ г / м}^3 \quad (1)$$

где  $C_{cdp}$  – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенки, мг/л;

$K_q$  – коэффициент прироста; для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод  $K_q = 0,3$ ;

$\Theta$  – возраст активного ила, сут.

$$P_i = \frac{(0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 240) \cdot 1,1}{7^{1/6}} = 152,7 \text{ г / м}^3 \approx 0,153 \text{ кг / м}^3$$

1.2. Удельный прирост активного ила:

$$P_{y\partial} = \frac{P_i}{L_{en}}, \text{ кг / кг} \quad (2)$$

$$P_{y\partial} = \frac{0,153}{0,24} = 0,638 \text{ кг / кг}$$

1.3. Нагрузка на ил:

$$N_i = \frac{1}{\Theta \cdot P_{y\partial}}, \text{ кг / сут} \quad (3)$$

$$N_i = \frac{1}{7 \cdot 0,638} = 0,224 \text{ кг / сут}$$

1.4. Общий объем аэротенка:

$$W_{at}^{gen} = \frac{Q_w \cdot L_{en}}{N_i \cdot a_{mid}}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где  $Q_w$  – суточный расход сточной вод, поступающий на очистные сооружения, м<sup>3</sup>/сут;

$a_{mid}$  – средняя доза активного ила, принимаемая 2,5-3,5 кг/м<sup>3</sup>;

					Пояснительная записка	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$W_{at}^{gen} = \frac{54000 \cdot 0,24}{0,224 \cdot 3} = 19286 \text{ м}^3$$

1.5. Согласно технологической схеме, аэротенк включает в себя следующие зоны: анаэробную, аноксидную и аэробную. Соотношение зон принимаем по среднестатистическим данным:

Анаэробная = 0,3-0,4;

Аноксидная = 0,1-0,2;

Аэробная = 0,6-0,4.

Объем каждой зоны аэротенка составит:

$$W_{at}^{AHA} = 0,3 \cdot 19286 = 5785,8 \text{ м}^3$$

$$W_{at}^{AHO} = 0,2 \cdot 19286 = 3857,2 \text{ м}^3$$

$$W_{at}^{AЭР} = 0,5 \cdot 19286 = 9643 \text{ м}^3$$

Принимаем к установке типовой аэротенк. Номер типового проекта 902-2-179.

Число секций  $n_s = 3$ ;

Число коридоров  $n_c = 4$ ;

Глубина аэротенка  $H_{at} = 4,4 \text{ м}$ ;

Ширина коридора  $B_c = 6 \text{ м}$ ;

Длина аэротенка  $L_{at} = 60 \text{ м}$ ;

Объем одной типовой секции аэротенка  $W_{at}^{тип} = 6336 \text{ м}^3$ .

Общий объем  $W_{at}^{gen тип} = 19008 \text{ м}^3$ .

В данном случае 1 секция будет задействована под анаэробную зону, куда подается сточная вода и циркулирующий активный ил с коэффициентом рециркуляции  $R_i = 1$ . 2 коридора 2ой секции будут выполнять функцию аноксидной зоны, куда кроме сточной воды, прошедшей анаэробную зону, будут подаваться рециркулирующие нитраты из зоны нитрификации с коэффициентом рециркуляции  $RN = 3$ . 3я секция и 2 коридора 2ой секции будут работать в аэробном режиме с подачей сжатого воздуха.

Исходя из объема типового аэротенка, объем каждой зоны составит:

$$W_{at}^{AHA} = W_{at}^{mun} = 6336 \text{ м}^3$$

$$W_{at}^{AHO} = \frac{1}{2} W_{at}^{mun} = 3168 \text{ м}^3$$

$$W_{at}^{AЭР} = 1,5 W_{at}^{mun} = 9504 \text{ м}^3$$

В таком случае соотношение между зонами аэротенка составит:

Анаэробная : Аноксидная : Аэробная = 0,33 : 0,17 : 0,50

					Пояснительная записка	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

1.6. Время нахождения сточной воды в каждой зоне составит:

$$t^{AHA} = \frac{W_{at}^{AHA} \cdot 24}{Q_w} = \frac{6336 \cdot 24}{54000} = 2,82 \text{ ч}$$

$$t^{AHO} = \frac{W_{at}^{AHO} \cdot 24}{Q_w} = \frac{3168 \cdot 24}{54000} = 1,41 \text{ ч}$$

$$t^{AЭП} = \frac{W_{at}^{AЭП} \cdot 24}{Q_w} = \frac{9504 \cdot 24}{54000} = 4,22 \text{ ч}$$

1.7. Удельный расход воздуха:

$$q_{air} = \frac{q_0 (L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 (C_a - C_0)}, \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (5)$$

где  $q_0$  – удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК<sub>полн</sub>, принимаемый при очистке до БПК<sub>полн</sub> 15-20 мг/л – 1,1;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации по **табл. 42 [1]**;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов, принимается по **табл. 43 [1]**;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, определяется по формуле (6):

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20) \quad (6)$$

где  $T_w$  – среднемесячная температура воды за летний период, °С;

$$K_T = 1 + 0,02(15 - 20) = 0,9$$

$K_3$  – коэффициент качества воды, принимаемый для городских сточных вод 0,85;

$C_a$  – растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л, определяется по формуле (7):

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) C_T, \text{ мг / л} \quad (7)$$

где  $C_T$  – растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, принимаемая по справочным данным;

$h_a$  – глубина погружения аэратора, м;

$$C_a = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 10,37 = 12,59 \text{ мг / л}$$

$C_0$  – средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л; в первом приближении  $C_0$  допускается принимать 2 мг/л;

					Пояснительная записка	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$q_{air} = \frac{1,1(240-10)}{1,47 \cdot 2,68 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot (12,59-2)} = 7,93 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

1.8. Интенсивность аэрации:

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{at}}, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (8)$$

где  $H_{at}$  – рабочая глубина аэротенка, м;  
 $t_{at}$  – период аэрации, ч.

$$J_a = \frac{7,93 \cdot 4,4}{4,22} = 8,27 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

$J_{min} = 3,3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ; по табл. 43 [1];

$J_{max} = 10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ; по табл. 42 [1];

$$J_{min} \leq J_a \leq J_{max}$$

$$3,3 \leq 8,27 \leq 10$$

1.9. Количество подаваемого воздуха:

$$Q_{air} = \frac{q_{air} \cdot Q_w}{24}, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (9)$$

$$Q_{air} = \frac{7,93 \cdot 54000}{24} = 17843 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Принимаем к установке воздухоудовки марки ТВ-80-1,8 числом 3 рабочих и 1 резервная.

Объем всасываемого воздуха – 6000 м<sup>3</sup>/ч.

1.10. Количество циркулирующего активного ила:

$$Q_i = R_i \cdot Q_w, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (10)$$

где  $R_i$  – степень рециркуляции активного ила в аэротенке; принимаем  $R_i = 1$ .

$$Q_i = 1 \cdot 54000 = 54000 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

1.11. Количество циркулирующих нитратов:

$$Q_N = R_N \cdot Q_w, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (11)$$

где  $R_N$  – степень рециркуляции нитратов в аэротенке; принимаем  $R_N = 3$ .

$$Q_N = 3 \cdot 54000 = 162000 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

					Пояснительная записка	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

## 2. Расчет вторичных отстойников

2.1. Гидравлическая нагрузка на активный ил  $q_i$ , мг БПК<sub>полн</sub> на 1 г беззольного вещества ила в сутки, определяется по формуле (12):

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{mid} \cdot (1 - s) \cdot t_{AЭР}}, \text{ мг} / (\text{г} \cdot \text{сут}) \quad (12)$$

где  $s$  – зольность ила, принимаемая по **табл. 40** [1].

$$q_i = \frac{24 \cdot (240 - 10)}{3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4,22} = 623 \text{ мг} / (\text{г} \cdot \text{сут})$$

2.2. Иловый индекс (принимается по **табл. 41** [1]):

$$J_i = 130 \text{ см}^3 / \text{г}$$

Так как расход сточных вод свыше 50 000 м<sup>3</sup>/сут, то принимаем в качестве вторичных отстойников радиальные отстойники.

2.3. Гидравлическая нагрузка на вторичные отстойники:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot a_i \cdot J_i)^{0,5-0,01 \cdot a_i}}, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (13)$$

где  $K_{ss}$  – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников  $K_{ss} = 0,4$ ;

$a_i$  – концентрация активного ила в осветленной воде, мг/л.

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,4^{0,8}}{(0,1 \cdot 3 \cdot 130)^{0,5-0,01 \cdot 12}} = 1,195 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

2.4. Требуемая площадь отстаивания:

$$F_{ss} = \frac{Q_w}{24 \cdot q_{ssa}} = \frac{54000}{24 \cdot 1,195} = 1883 \text{ м}^2$$

2.5. Число отстойников  $3 \leq n_{ss} \leq 8$ . Принимаем число вторичных отстойников – 5, тогда требуемая площадь одного отстойника составит:

$$F'_{ss} = \frac{F_{ss}}{n_{ss}} = \frac{1883}{5} = 376,6 \text{ м}^2$$

2.6. Диаметр каждого отстойника составит:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot F'_{ss}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 376,6}{3,14}} = 21,9 \text{ м}$$

Принимаем типовой диаметр отстойника – 24 м.

					Пояснительная записка	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		10



### 3. Гидравлический расчет каналов и трубопроводов

Гидравлический расчет «по воде» состоит из двух частей:

- 1) расчет движения воды;
- 2) построение профиля движения воды.

При расчете необходимо придерживаться следующих принципов:

- движение воды должно быть самотечным;
- наполнение в лотках и трубах должно быть постоянным или должно постоянно увеличиваться;
- скорость движения в лотках и трубах перед сооружениями может меняться, но при этом придерживаются таких правил: скорость движения воды для механической очистки должна быть более 0,7 м/с, а для биологической очистки – более 0,4 м/с.

Скорость движения воды в лотках и трубопроводах зависит от уклона, который принимается по таблицам [3].

Для достижения этих задач расчет производится: для сооружений – по максимальному секундному расходу; для лотков и трубопроводов – по максимальному секундному расходу, умноженному на коэффициент запаса (=1,4).

Напорные трубопроводы рассчитываются по таблицам [6] при этом скорость принимается согласно таблице 1.

Таблица 1

#### Рекомендуемые скорости движения бытовых сточных вод во внутристанционных и наружных трубопроводах

Диаметр трубы, мм	Скорость сточных вод в трубопроводах, м/с		
	всасывающих	напорных	
		внутристанционных	наружных
До 250	1,0	1,0 – 2,0	1,0 – 1,5
300-800	1,0 – 1,5	1,0 – 3,0	1,0 – 2,0
900-1200	1,15 – 2,0	1,15 – 4,0	1,15 – 3,0

Для выполнения гидравлического расчета все движение воды разбивается на расчетные точки.

Гидравлический расчет производится в табличной форме (таблица 2).

## Заключение

В данной курсовой работе рассчитан и запроектирован блок биологической очистки сточных вод от азота и фосфора по схеме ААО. В качестве основного сооружения по очистке сточных вод выбраны аэротенки-вытеснители числом секций – 3, числом коридоров – 4, длина аэротенка – 60 м, ширина коридора – 6 м, глубина – 4,4 м. Вторичные отстойники – радиальные, число отстойников – 5, диаметр каждого отстойника – 24 м. Для перекачивания осадка из вторичных отстойников, а также для перекачивания сточных вод из разных секций аэротенка предусмотрена насосная станция, в которой установлены различные группы насосных агрегатов. Для подачи воздуха в аэробную зону аэротенка предусмотрено здание воздуходувок. В аноксидной и анаэробной зонах установлены механические мешалки.

					Пояснительная записка	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

## Литература

1. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения (с Изменением N 1);
2. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1, 2);
3. Таблицы для гидравлического расчета Лукиных А.А., Лукиных Н.А.;
4. Воронов Ю. В./ Водоотведение и очистка сточных вод/Учебное издание: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009 – 760 с.;
5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с;
6. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. / Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие. - -е изд., доп. и перераб. М: Стройиздат, 1984. – 116 с.

					Пояснительная записка	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		13