


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по проведению практических (семинарских) занятий
по дисциплине (модулю)
«Технология удаления биогенных элементов из сточных вод»
основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с профилем
"Водоснабжение и водоотведение"

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-01-22

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Бурдова М.Г., доцент, к.т.н., доцент
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Расчет денитрификатора по методике Санкт –Петербурга.

Расчет базируется исходя из возврата активного ила средний возраст которого составляет 9-10 суток.

Расчетные формулы аналогичны, как при расчете нитрификатора, т.е. расчет базируется на параметрах: нагрузка на ил, возраст ила, удельный прирост активного ила при средней концентрации активного ила 3 кг/м³.

К тому же в этой методике предусматривается, что соотношения $W_{Дн}$ и $N_{Дол}$ должно составлять $D/N=0.4/1$

1. Расчет денитрификатора.

- 1.1. Задаемся возрастом активного ила 10 суток.

- 1.2. Принимаем технологическую схему N2.

2. Прирост активного ила определяется по формуле

$$P_i = \frac{(0,5C_{cdp} + K_g L_{sn})^{1,1}}{\theta^{0,6}} * 1,01; \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

3. Удельный прирост активного ила

4. Нагрузка на ил

5. Объем сооружения

$$W_{at} = \frac{Q_w L_{sn}}{N_i a_i}$$

a_i – доза ила принимаемая 2,5 – 3,5 .

6. Объем денитрификатора

$$W_{H} = W_{at} * 2,5$$

7. Продолжительность пребывания

$$t_{at} = \frac{W_{at}}{Q_w}$$

$$t_H = \frac{W_H}{Q_w}$$

8. Принимаем типовой аэротенк вытеснитель по справочнику проектировщика под редакцией Самохина

9. Определяем удельный расход воздуха

$$q_{air} = \frac{q_0 (L_{sn} - L_{sx})}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_0)}$$

$K_1 K_2$ – принимаются по таблице 42, 43 СНиП .

K_3 – для городских сточных вод 0,85 .

$$K_T = 1 + 0.02(T_W - 20)$$

$$C_a = \left(1 - \frac{h_{at}}{20.6}\right) C_T$$

10. Интенсивность аэрации

$$I = \frac{q_{air} h_{at}}{t_{at}}$$

11. Расход воздуха

$$Q_{air} = q_{air} Q_w$$

12. Подбираем воздухоудувку вытеснитель по справочнику проектировщика под редакцией Самохина

Расчёт денитрификатора по методике приложения к СНиП.

Денитрификатор согласно приложению: аэротенк – вытеснитель или аэротенк – смеситель. Сам процесс – восстановительный процесс, требующий дополнительного внешнего источника энергии. Установлено, что для восстановления 1 часа азота нитратного требуется от 4 до 6 часов лёгкоокисляемых веществ BPK_5 . К числу этих веществ относятся органические вещества такие, как метанол и этанол.

Расчёт производится на определении скорости реакций восстановления:

$$p_{dn} = p_{dn, \max} \cdot ((L_{ex} / (L_{ex} + K_{dn})) \cdot (1 / (1 + \varphi_{dn} \cdot a_i)))$$

В зависимости от скорости окисления вычисляется продолжительность пребывания процесса в сооружении для аэротенка – вытеснителя и аэротенка – смесителя соответственно.

$$t_{atm} = \frac{L_{en}^{dn} - L_{ex}^{dn}}{p_{dn} \cdot a_i \cdot (1 - S)};$$

$$t_{at} = \left((L_{en}^{dn} - L_{ex}^{dn}) + 2,3 \cdot K_{dn} \cdot \frac{L_{en}^{dn}}{L_{ex}^{dn}} \right) \cdot \frac{1 + \varphi_{dn} \cdot a_i}{p_{max} \cdot a_i}$$

Расчёт предусматривает наличие после аэротенка резервуар по отдувки молекулярного азота в течение 0,5 – 1 часа. Этот резервуар устанавливается перед отстойниками, работающими в замкнутом цикле в денитрификаторе.

После расчёта находим объём и подбираем типовой аэротенк. Также подбирается воздуходувка для отдувки.

Расчет нитрификатора по методике Санкт –Петербурга.

Расчет нитрификатора базируется на взаимоувязывании основных технологических параметров, таких как: нагрузка на ил, возраст ила, удельный прирост ила. Взаимоувязывание выражается в том, что произведение этих показателей должно быть равно 1.

1. Нагрузка на ил:

$$N_i = \frac{Q_w L_{en}}{W_{at} a_{mid}}$$

2. Возраст ила:

$$\Theta = \frac{W_{at} Q_{mid}}{Q_w P_i}$$

3. Удельный прирост ила:

$$P_y = \frac{P_i}{L_{en}}$$

Где Q_w -суточный расход сточных вод.

L_{en} -концентрация БПК в воде, поступающей на очистку.

W_{at} -объем аэротенка.

a_{mid} - концентрация активного ила.

P_i -прирост активного ила.

$$N_i \Theta P_y = \frac{Q_w L_{en}}{W_{at} a_{mid}} \frac{W_{at} Q_{mid}}{Q_w P_i} \frac{P_i}{L_{en}} = 1$$

Следует отметить, что такое предположение о произведении таких показателей равно единице не учитывает таких показателей, как:

-концентрации БПК на выходе в очищенной воде;

-значение концентрации активного ила принято без учета его зольности.

Основным фактором среди принятых подразумевают возраст активного ила, то есть показатель Θ .

Так как бактерии нитрификаторы являются медленно растущими, то минимальная продолжительность возраста активного ила 5-6 суток. В среднем этот показатель составляет 7-8 суток. Возраст нитрификации зависит от температуры.

Таблица 1-Зависимость процесса нитрификации от температуры.

Темпера тура, °C	11	13	15	17
Возраст ила, сут	7	6	5	4

Процесс нитрификации сопровождается образованием нитрифицирующего активного ила, то есть нитрификатора. Максимальный уровень скорости роста составляет $1,77 \text{ сут}^{-1}$. Такую скорость обеспечивают оптимальные параметры процесса, в том числе температура, pH-среды, насыщение кислородом воздуха, отсутствие токсичных веществ и другое. Протекание процесса исходя из этих условий должно производиться в аэротенке-смесителе.

При отсутствии органических веществ для протекания реакции нитрификации рекомендуется добавка неорганического углерода в виде HCO_3^- , исходя из дозы 2 мг/ 1 мг азота аммонийного NH_4^+ . Продолжительность процесса нитрификации в зависимости от условий протекания от 5 до 70 суток.

Исходя из возраста и удельной скорости нитрификации определяется скорость окисления веществ, продолжительность окисления в аэротенке-смесителе и его объем.

Алгоритм расчета нитрификатора.

1. Определение удельной скорости роста нитрификатора по формуле:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot k_{\text{pH}} \cdot k_t \cdot k_{\text{oc}} \cdot k_c \cdot N / (N + k_n)$$

где μ_{\max} – максимальная удельная скорость, составляющая $1,77 \text{ сут}^{-1}$;

k_{pH} – коэффициент, учитывающий влияние pH-среды и определяющийся по таблице 1;

k_t – коэффициент, учитывающий температуру сточной воды и определяющийся по таблице 2;

k_{oc} – коэффициент, учитывающий влияние концентрации раствора кислорода и определяющийся по формуле

k_c – коэффициент, учитывающий влияние токсичных веществ;

N – концентрация аммонийного азота в очищенной жидкости;

k_n – константа полу насыщения азотом аммонийным.

Таблица 1.

pH	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,4	9,0
k_{pH}	0,15	0,31	0,5	0,6	0,87	1,0	1,23

Таблица 2.

t	10	15	20	25	30
k_t	0,32	0,56	1,0	1,79	3,2

$$k_{\text{oc}} = \frac{C_o}{C_o + k'_o}$$

где C_o – концентрация растворенного кислорода в иловой смеси;

k'_o – константа насыщения.

2. Возраст активного ила определяется по формуле:

$$\theta = \frac{1}{\mu}, \text{ сут}$$

3. Скорость окисления органических веществ определяется по формуле:

$$\rho = k_3 + 0,0417 * \frac{k_p}{\theta}, \text{ мг/(ч*час)};$$

где k_3 – коэффициент энергетический, составляющий 3,7 мг;

k_p – коэффициент роста микроорганизмов активного ила, составляющий 864 мгБПК/(г*час).

4. Доза активного ила определяется исходя из скорости окисления и составляет:

$$\rho = \frac{\rho_{\max} * (L_{ex} * C_O)}{L_{ex} * C_O + k_O * C_O + k_O * L_{ex}} * \frac{1}{1 + a_i * \varphi};$$

где ρ_{\max} – максимальная скорость окисления, определяющаяся по табл. 40, СНиП 2.04.03-85;

C_O – концентрация растворенного кислорода;

k_O – константа, характеризующая влияние кислорода и определяющаяся по таблице 40, СНиП 2.04.03-85;

φ – коэффициент ингибирования, определяющийся по таблице 40, СНиП 2.04.03-85;

a_i – доза активного ила.

5. Продолжительность окислителя в аэротенке-смесителе определяется по формуле:

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

6. Объем аэротенка определяется по формуле:

$$W_{atmix} = t_{atm} * Q_w, \text{ м}^3.$$

Расчет аэротенка направлен на определение удельного расхода подаваемого воздуха, количества воздуха, требуемой воздуходувки и расчета вторичных отстойников по стандартной методике.

7. Помимо всего перечисленного определяется прирост избыточного активного ила по формуле:

$$k_g = 41,7 * t_{atm} * \frac{a_i}{L_{en} - L_{ex}} * \theta.$$

Определяется объем всего ила исходя из удельного прироста активного ила по формуле:

$$Q_i = \frac{k_g * Q_w * (L_{en} - L_{ex})}{10^6}, \text{ т/сут.}$$