

# Пример расчета нитрификатора- денитрификатора

# Методика расчета

- **СНиП 2.04.03-85\***
- **СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ  
К СНиП 2.04.03-85**
- **«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД»**

а)



б)



в)

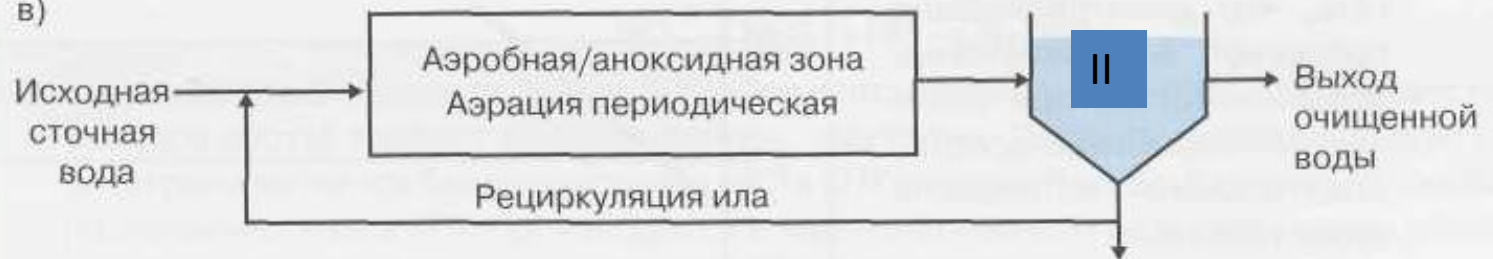
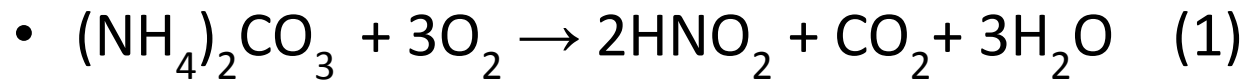


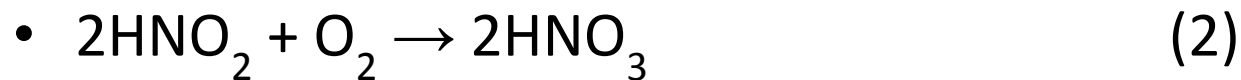
Рис. 1 Схемы нитрификации/денитрификации

# Нитрификация

- При соответствующих условиях (наличие кислорода при температуре воды более 4 °С и других) под воздействием аэробных микроорганизмов (*нитрифицирующих бактерий*) происходит окисление азота аммонийных солей, в результате чего сначала образуются соли азотистой кислоты нитриты (ион-нитрит  $\text{NO}_2^-$ ) (1), а при дальнейшем окислении – соли азотной кислоты – нитраты (ион-нитрат  $\text{NO}_3^-$ ) (2).



Азот аммонийных солей                      нитриты



нитраты

# ДЕНИТРИФИКАЦИЯ

- Связанный в процессе нитрификации кислород в дальнейшем отщепляется от нитритов и нитратов под действием денитрифицирующих бактерий и вторично расходуется для окисления органических веществ. Этот процесс называется **денитрификацией**. Он сопровождается выделением в атмосферу свободного азота в виде газа
- $2\text{HNO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 3\text{O}$  (3)
- $2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 5\text{O}$  (4)
- Для осуществления денитрификации в сточные воды добавляют углеродосодержащие органические вещества (метанол, этанол и другие) или исходные сточные воды из расчета 3-6 мг БПК на 1 мг  $\text{N-NH}_4$

# Исходные данные

- Суточная производительность  $4000 \text{ м}^3/\text{сут}$
- БПК сточных вод  $L_{en} = 400 \text{ мг/л}$
- Содержание аммонийного азота в исходной воде  $100 \text{ мг/л}$
- В воде после нитрификации остаточное содержание аммонийного азота  $3 \text{ мг/л}$
- Температура воды  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}=8,4$
- Концентрация растворенного кислорода  $4 \text{ мг/л}$
- Концентрация азота в очищенной воде  $9,1 \text{ мг/л}$

Рассчитать нитрификатор - денитрификатор

# 1) Расчет зоны нитрификации

1.1 Удельная скорость роста нитрифицирующих бактерий  $\mu_n$ , сут<sup>-1</sup>

$$\mu_n = K_{pH} \cdot K_T \cdot K_{O_2} \cdot K_S \cdot \mu_{\max} \cdot N / (K_N + N),$$

где

$K_{pH}$  - коэффициент, зависящий от pH

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

- $K_T$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости
- $C^0$  ... 10    15    20    25    30
- $K_T$  ... 0,32   0,56   1,0    1,79   3,2
- $K_{oc}$  - коэффициент, учитывающий влияние концентрации растворенного кислорода, определяется по формуле:
- $K_{oc} = C_0 / (K_0 + C_0)$  где  $C_0$  – концентрация кислорода в иловой смеси, мг/л;  $K_0 = 2$  мг/л.
- $K_{oc} = 4 / (2 + 4) = 0,67$
- $K_c$  - коэффициент, учитывающий влияние токсичных компонентов, определяется по формуле:
- $K_c = J / (J + C_i)$  (при отсутствии данных можно принять  $= 1$ ),
- где  $C_i$  – концентрация ингибитора, мг/л,
- $J$  – константа полунасыщения, мг ингибитора/л



- $\mu_{\text{макс}}$  – максимальная скорость роста нитрифицирующих микроорганизмов, равная **1,77 сут<sup>-1</sup>**
- N – концентрация азота в очищенной воде, мг/л;
- $K_p$  – константа полунасыщения для азота **=25мг N-NH<sub>4</sub>/л**
- Таким образом

$$\mu_n = K_{pH} \cdot K_T \cdot K_{oc} \cdot K_c \cdot \mu_{\text{макс}} \cdot N / (K_p + N) =$$

$$= \mathbf{1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 1,77 \cdot 3 / (25 + 3) =}$$

- 1.2 Минимальный возраст ила:
- $\Theta = 1 / \mu_n$
- 1.3. Данные по таблице 19 (пособия):

Прирост ила, мг/мг N-NH <sub>4</sub>	Возраст ила, T, сут.	Концентрация ила a <sub>н</sub> , г/л	Удельная скорость окисления ρ <sub>n</sub>
0,17	5	0,017	49,0
0,17	10	0,034	24,5
0,16	15	0,048	17,4
0,138	20	0,055	15,2
0,09	25	0,048	17,4
0,055	30	0,033	25,2
0,03	35	0,021	39,7
0,02	40	0,016	52,1
0,048	50	0,048	17,4
0,044	60	0,053	15,7
0,018	70	0,025	33,3

- 1.4 Минимальная допустимая концентрация аммонийного азота в поступающей жидкости составит:

- $C_{\text{nen min}} = 0,02 \cdot a_T \cdot T / a_{is}$ , где

$a_T$  – минимальный вынос ила из вторичного отстойника 10-20 мг/л.

$C_{\text{nen min}}$  сравнить с исходной концентрацией, должна быть меньше исходной!

Общая продолжительность обработки ила в нитрификаторе должна быть не менее  $t=10$  часов.

- 1.5 Доза нитрифицирующего ила  $a_{in}$

$$a_{in} = 1,2 \cdot a_{is} \cdot (N_{исх} - N) / t \text{ (г/л)}$$

1.6 Объем нитрификаторов

$$W_n = Q \cdot t / 24 \text{ (м}_3\text{)}$$

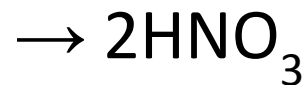
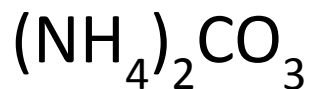
## 2) Расчет денитрификатора

- 2.1 Дополнительные данные
- Иловый индекс  $100 \text{ см}^3/\text{г}$
- Зольность ила  $0,3$
- Углеродный субстрат - метанол
- Концентрация нитратного азота

$100 - 3 = 97 \text{ мг/л}$  – количество аммонийного азота, переведенное в нитраты в процессе нитрификации.

$97 \text{ мг/л}$

$x$



$$(14+1\cdot 4)\cdot 2+12+16\cdot 3=96$$

$$2\cdot (1+14+16\cdot 3)=126 \text{ г/моль}$$

- Составляем пропорцию:

- 97 мг/л – 96 г/моль

- X мг/л - 126 г/моль

$x = 127,3$  мг/л (исходная концентрация нитратов в денитрификаторе)

2.2 Данные по таблице 20 (пособие):

Вид субстрата	Максимальная скорость окисления, мг/г·ч $R_{max}$	K-нт, характеризующий свойства загрязнения, мг/л $K_{dn}$	K-нт ингибирования ила, л/г $\varphi_{dn}$
Метанол	58,8	40	0,19
Этанол	44,9	25	0,17

- 2.3. Предельная доза денитрифицирующего ила при иловом индексе  $J_i = 100 \text{ см}^3/\text{г}$  и зольности ила  $s = 0,3$

$$a_i^{dn} = s \cdot 1000 / j_i$$

В качестве денитрификаторов  
может применяться и  
вытеснитель и смеситель

- 2.4 Удельная скорость денитрификации

$$\rho^{dn} = \rho_{max}^{dn} \left( \frac{L_{ex}^{dn}}{L_{ex}^{dn} + K_{dn}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \varphi_{dn} a_i^{dn}} \right)$$



- 2.5. Продолжительность пребывания в денитрификаторе, в часах
- а) в смесителе:

$$t_{atm} = \frac{L_{en}^{dn} - L_{ex}^{dn}}{a_i^{dn} \cdot (1 - s) \cdot \rho^{dn}}$$

- б) в вытеснителе

$$t_{atm} = \left[ (L_{en}^{dn} - L_{ex}^{dn}) + 2,3 \cdot K_{dn} \cdot \lg \frac{L_{en}^{dn}}{L_{ex}^{dn}} \right] \cdot \frac{1 + \varphi_{dn} \cdot a_i^{dn}}{\rho_{max}^{dn} \cdot a_i^{dn}}$$

- 2.6 Объем денитрификатора

$$W_{dn} = Q \cdot t_{atm} / 24 \quad (M_3)$$