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»

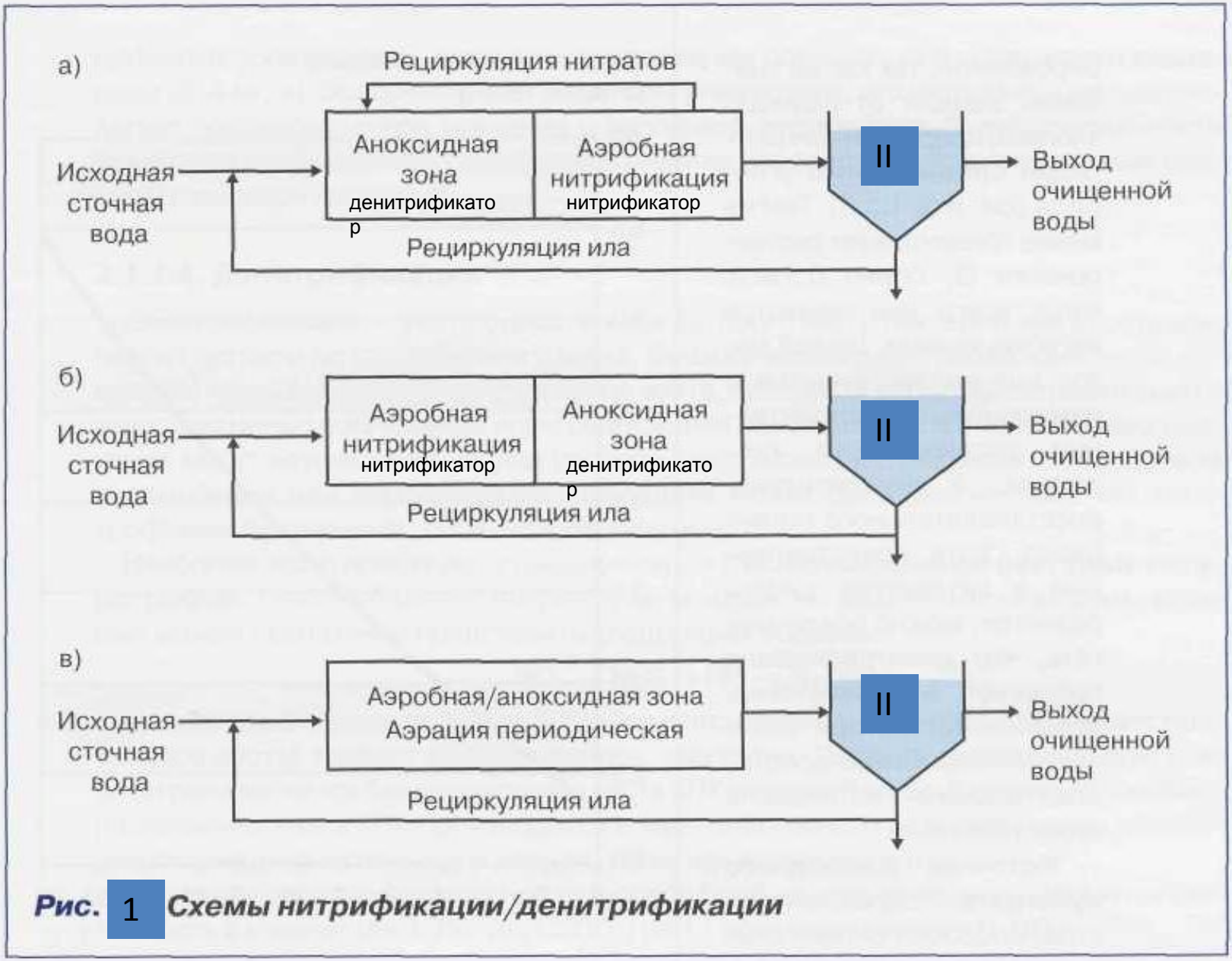

Рис. 1 ***Схемы нитрификации/денитрификации***

Нитрификация

- При соответствующих условиях (наличие кислорода при температуре воды более 4 ^{0}С и других) под воздействием <u>аэробных</u> микроорганизмов (*нитрифицирующих бактерий)* происходит окисление азота аммонийных солей, в результате чего сначала образуются соли азотистой кислоты <u>нитриты</u> (ион-нитрит NO_2) (1), а при дальнейшем окислении – соли азотной кислоты – <u>нитраты</u> (ион-нитрат NO_3) (2).
- $(NH_4)_2CO_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + CO_2 + 3H_2O$ (1)

Азот аммонийных солей нитриты

- $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$ (2)

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
- $2HNO_2 \rightarrow H_2O + N_2 + 3O$ (3)
- $2HNO_3 \rightarrow H_2O + N_2 + 5O$ (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 $N\text{-}NH_4$

Исходные данные

- Суточная производительность 4000 $м^3$/сут
- БПК сточных вод L_{en} = 400 мг/л
- Содержание аммонийного азота в исходной воде 100 мг/л
- В воде после нитрификации остаточное содержание аммонийного азота 3 мг/л
- Температура воды 20^0С, pH=8,4
- Концентрация растворенного кислорода 4мг/л
- Концентрация азота в очищенной воде 9,1 мг/л

Рассчитать нитрификатор - денитрификатор

1) Расчет зоны нитрификации

1.1 Удельная скорость роста нитрифицирующих бактерий μ_n, сут$^{-1}$

$\mu_n = К_{pH} \cdot К_т \cdot К_{ос} \cdot К_с \cdot \mu_{макс} \cdot N / (К_п + N)$,

где

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

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

- $К_т$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости
- $С^0$ … 10 15 20 25 30
- $К_т$ … 0,32 0,56 1,0 1,79 3,2
- $К_{ос}$ - коэффициент, учитывающий влияние концентрации растворенного кислорода, определяется по формуле:
- $К_{ос} = С_0 / (К_0 + С_0)$ где $С_0$ – концентрация кислорода в иловой смеси, мг/л; $К_0$=2 мг/л.
- $К_{ос}$=4/(2+4)=0,67
- $К_с$- коэффициент, учитывающий влияние токсичных компанентов, определяется по формуле:
- $К_с = J / (J + С_i)$ (при отсутствии данных можно принять =1),
- где $С_i$ – концентрация ингибитора, мг/л,
- J – константа полунасыщения, мг ингибитора/л

- $\mu_{макс}$ – максимальная скорость роста нитрифицирующих микроорганизмов, равная 1,77 сут $^{-1}$
- N – концентрация азота в очищенной воде, мг/л;
- $К_п$ – константа полунасыщения для азота =25мг $N\text{-}NH_4$/л
- Таким образом

$$\mu_n = К_{pH} \cdot К_т \cdot К_{ос} \cdot К_с \cdot \mu_{макс} \cdot N / (К_п + N) =$$

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

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

Прирост ила, мг/мг $N\text{-}NH_4$	Возраст ила, Т, сут.	Концентрация ила $a_{i,-}$, г/л	Удельная скорость окисления ρ_n
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:
- $C_{nen\ min}=0,02 \cdot a_T \cdot T/a_{is}$, где

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

$C_{nen\ min}$ 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}

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

1.6 Объем нитрификаторов

$W_n = Q \cdot t/24$ ($м_3$)

2) Расчет денитрификатора

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

100 – 3 = 97мг/л – количество аммонийного азота, переведенное в нитраты в процессе нитрификации.

97 мг/л x

$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2HNO_3$

$(14+1\cdot4)2+12+16\cdot3=96$ $2\cdot(1+14+16\cdot3)=126$ 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 P_{max}	К-нт, характеризу ю-щий свойства загрязнения , мг/л K_{dn}	К-нт ингибирования ила, л/г φ_{dn}
Метанол	58,8	40	0,19
Этанол	44,9	25	0,17

- 2.3. Предельная доза денитрифицирующего ила при иловом индексе Ji= 100 см^3/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

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

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

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

- б) в вытеснителе

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

- 2.6 Объем денитрификатора

$$Wdn = Q \cdot t_{atm}/24 \quad (м_3)$$