МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

 АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

 **Кафедра водоснабжения**

 **и водоотведения**

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
 КАНАЛИЗАЦИИ**

 **Часть 5. Расчет нитрификатора-денитрификатора.**

Методические указания

к курсовому и дипломному проектам

для студентов специальности 290800

«Водоснабжение и водоотведение»

 всех форм обучения.

Новосибирск – 2005 г.

 Методические указания разработаны к.т.н. профессором Г.Т. Амбросовой, доцентом О.П. Цветковой, к.т.н. О.В.Ксенофонтовой, ассистентом Н.М. Гребенниковой., ассистентом Т.А. Бойко.

 Утверждено методической комиссией инженерно-экологического факультета

 « 15 » марта 2005

Рецензенты:

О.Г. Гириков к.т.н., доцент (НГАСУ)

Е.Л. Войтов к.т.н., доцент (НГАСУ)

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин).

**Содержание.**

Введение.

1.Механизм процесса нитрификации-денитрификации.

2. Возможные варианты удаления азота из сточной жидкости.

3. Пример расчета нитрификатора-денитрификатора по схеме «а»

4. Пример расчета нитрификатора-денитрификатора по схеме «в»

Список использованной литературы.

Приложение 1

Приложение 2

Приложение 3

**Введение**

Поступление в водоем со сточными водами биогенных веществ вызывает в нем нарушение естественного равновесия, в частности, их эвтрофикацию.

Биологический метод очистки сточных вод от соединений азота основан на процессах нитрификации и денитрификации. Процесс нитрификации представляет собой совокупность реакций биологического окисления аммонийного азота до нитритов и далее до нитратов. В ходе денитрификации происходит окисление органических веществ при восстановлении азота нитратов до свободного азота.

Данные методические указания являются 5 частью проекта «Очистные сооружения канализации» и включают рекомендации по расчету сооружений удаления азота и подбору необходимого оборудования. Указания состоят из трех разделов, в которых рассмотрен механизм изъятия азота, приведены технологические схемы очистки, алгоритмы и примеры расчетов.

Методические указания рекомендуются для выполнения курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения.

**1.Механизм процесса нитрификации-денитрификации.**

Процесс трансформации органического азота, поступающего с физиологическими выделениями человека и животных, начинается в канализационной сети. В результате аммонификации, протекающей под воздействием уробактерий, мочевина -CO(NH2)2 - основная составляющая мочи, гидролизуется с образованием углекислого аммония.

CO(NH2)2 + 2H2O = (NH4)2CO3

Углекислый аммоний диссоциирует на аммиак, углекислый газ и воду

(NH4)2CO3 = 2NH3 ↑+ CO2↑ + H2O

В водном растворе аммиак присутствует в виде гидроксида аммония

NH3 + H2O = NH4 OH

После полной аммонификации азот присутствует в сточной жидкости, в зависимости от значений рН, в виде аммиака (NH3) или иона аммония (NH+). При увеличении рН концентрация аммония (NH+) снижается, а NH3 увеличивается.

Сточная жидкость, поступающая на очистные сооружения канализации, содержит растворимые и нерастворимые вещества органического и минерального происхождения. Нерастворимые оседающие частицы органического и минерального происхождения задерживаются в песколовках и первичных отстойниках. В первичных отстойниках также происходит снижение азота органического, остаток которого в дальнейшем аммонифицируется в аэротенках. С осветленной сточной жидкостью в аэротенк направляются легко окисляемый органический субстрат, а также соединения азота, фосфора, серы и др.

В аэротенках облигатные аэробы и факультативные анаэробы окисляют легко окисляемый питательный субстрат до угольной кислоты, неустойчивого соединения, диссоциирующего на СО2  и H2O, при этом значения БПКполн снижается до 15 мг/л. Если фактическая продолжительность нахождения сточной жидкости в аэротенке превышает расчетную, необходимую для снижения БПКполн до 15мг/л, в сооружении начинает развиваться процесс нитрификации, т.е. окисления азотсодержащих соединений.

Окисление азота осуществляется автотрофными облигатными аэробами, использующими для синтеза клетки неорганический углерод, присутствующий в сточной жидкости в виде СО2 , HCO и CO. Наиболее легкоусвояемой формой является бикарбонат. Окисление азота протекает в две стадии. На первой стадии образуются нитриты

2NH3 + 3О2 = 2HNO2 + 2H2O + 158ккал/моль

В окислении азота аммонийного до NO принимают участие нитрозные бактерии (Nitrosomonas), имеющие грамотрицательный заряд. Нитриты относятся к неустойчивому соединению: при недостатке кислорода (0,5-1мг/л) они восстанавливаются до NO, N2O, N2 или NH, а при его избытке (3-4мг/л) нитриты окисляются нитратными бактериями (Nitrobacter) до нитратов

2HNO2 +О2 = 2HNO3 +48 ккал/моль

В любой биологической системе в ходе изъятия загрязнений образуется избыточная биомасса. К сожалению, мнения по приросту активного ила в нитрификаторе расходятся. Одни исследователи считают, что прирост ила в нитрификаторе настолько мал, что им можно пренебречь. Другие исследователи настоятельно рекомендуют определять прирост из расчета 0,15мг ила на 1мг окисленного азота аммонийного. В рассматриваемых далее примерах прирост ила в нитрификаторе принят равным нулю.

На процесс нитрификации существенное влияние оказывает температура сточной жидкости, начальная концентрация азота аммонийного, растворенный кислород, доза ила и его зольность. Расчет нитрификатора, как и аэротенка, производится на самый неблагоприятный холодный период года. Концентрацию растворенного кислорода можно принимать равной 3-4мг/л. Зольность ила в нитрификаторе по сравнению с денитрификатором и аэротенком может быть выше на 5-10%.

В денитрификаторе при наличии питательного субстрата и циркулирующего активного ила, обогащенного нитратами, развивается процесс денитрификации, т.е. восстановление нитратов до элементарного азота.

NO3 → NO2 → NO → N2O → N2

В условиях острого дефицита кислорода (0,1-0,2мг/л) факультативные анаэробы способны использовать для дыхания связанный кислород нитратов. Поддержание активного ила во взвешенном состоянии производится мешалками. Не допускается перемешивание воздухом, так как микроорганизмы активного ила очень быстро перестраиваются на использование свободного кислорода. В денитрификаторе необходимо поддерживать требуемое соотношение углерод- и азотсодержащих соединений. Это соотношение должно быть БПКполн: N-NO3 = 3…6:1, оптимальным является соотношение БПКполн: N-NO3 = 4:1. Процесс восстановления азота нитратного осуществляется факультативными анаэробами. При денитрификации в результате расщепления легко окисляемого субстрата сточная жидкость обогащается компонентами угольной кислоты (СО2, НСО, СО). В качестве питательного субстрата в денитрификаторе могут использоваться сточная жидкость, метанол (СН3ОН), этанол (С2Н5ОН), уксусная кислота (СН3СООН) и другие карбоновые кислоты. При использовании метанола он окисляется до элементарных соединений, а нитраты восстанавливаются до N2.

5СН3ОН + 6 NО=5 НСО+3 N2 + ОН+7Н2О

Прирост активного ила в денитрификаторе некоторые исследователи рекомендуют определять из расчета 0,5 мг активного ила на 1 мг восстановленного азота нитратов. На наш взгляд, это ошибочные рекомендации, так как количество образующейся биомассы зависит от БПКполн сточной жидкости, поступающей в денитрификатор.

В рассматриваемых далее примерах прирост ила в денитрификаторе (Пi)ден определяется в зависимости от вида органического субстрата:

- в случае использования метанола, уксусной кислоты, спиртов и др. прирост ила принят равным БПКполн поступающей сточной жидкости - (Пi)ден ≈ (Len)ден

- при использовании сточной воды - он определяется по формуле определения прироста ила в аэротенках.

Если денитрификатор устанавливается на последней стадии очистки, то после него предусматривается постаэратор с продолжительностью пребывания сточной жидкости в течение 0,5 -1 часа для отдувки азота (N2), который, попав во вторичный отстойник, затруднит осаждение активного ила. Отдувка производится воздухом, удельный расход которого составляет 0,5 м3/м3 в час. В постаэраторе одновременно с отдувкой азота происходит частичное доокисление органических веществ, поступивших из денитрификатора в случае передозировки питательного субстрата.

**2. Возможные варианты удаления азота из сточной жидкости.**

Удаление азота методом нитрификации-денитрификации (по Людзак-Эттингеру) может осуществляться по трем схемам (рис.1).

При удалении из сточной жидкости азота *по схеме «а»* денитрификатор устанавливается в начале. Причем в качестве питательного субстрата используются загрязнения поступающей на очистку сточной жидкости. В случае недостатка питательного субстрата вводится искусственный субстрат. Если количество питательного субстрата сточной жидкости превышает количество, необходимое для восстановления поступающего в денитрификатор азота нитратного, то после денитрификации желательно предусмотреть аэротенк, в котором БПКполн. сточной жидкости будет снижаться до 15 мг/л. Устройство нитрификатора на последней стадии очистки стоков не позволяет удалить из сточной жидкости азот, как *в схеме «б»*, а может лишь обеспечить полное окисление азота аммонийного до азота нитратного. Концентрация N-NO3 в очищенной сточной жидкости зависит от степени рециркуляции активного ила: чем она выше, тем ниже концентрация азота нитратного.

Применяя технологическую *схему «б»*, в которой денитрификатор расположен в конце и применяется искусственный органический субстрат, из сточной жидкости можно удалить практически весь азот.

*Схема «в»* отличается от *схемы «б»* тем, что поступающая из первичных отстойников сточная жидкость делится на два потока: один направляется в аэротенк, другой – в денитрификатор. При высоких значениях БПКполн. осветленной сточной жидкости исключается применение искусственного питательного субстрата. Недостатком этой схемы является присутствие в очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водоем, азота аммонийного, поступившего в денитрификатор с осветленной водой. Его концентрация также зависит от степени рециркуляции.

В состав сооружений по удалению азота методом нитрификации-денитрификации входят: аэротенки, нитрификаторы, денитрификаторы, постаэраторы.

Расчет сооружений по удалению из сточной жидкости азота сводится к определению:

 -объемов аэротенка, нитрификатора, денитрификатора, постаэратора;

 -требуемого объема воздуха для аэротенка, нитрификатора и постаэратора;

 -требуемого количества питательного субстрата для восстановления окисленной формы азота (NO) до элементарного (N2);

 -сухого вещества и объема избыточного ила, образующегося в аэротенках, нитрификаторах, денитрификторах в результате изъятия из сточной жидкости органических загрязнений и азота.

Ниже приводятся алгоритмы расчета нитрификаторов-денитрификаторов по двум схемам («а» и «в»).

Расшифровка буквенных обозначений, использованных в расчетных формулах, приведена в алгоритме расчета по схеме «а».

При выполнении курсового проекта в полном объеме подбор воздуходувок производится с учетом расхода воздуха на все технологические нужды.



Рис.1. Возможные схемы удаления из сточной жидкости азота методом нитрификации-денитрификации.

1-первичный отстойник; 2-аэротенк; 3-нитрификатор;

4-денитрификатор; 5-постаэратор; 6-вторичный отстойник;

7-насосная станция циркулирующего активного ила;

8-циркулирующий активный ил.

**3. Пример расчета нитрификатора-денитрификатора по *схеме «а».***

Исходные данные.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Qсут*=50 тыс. м3 | *С N-NН*=34мг/л | *рН*=8 |
| *Kgen max*=1,51 | *С N-Nорг*=4мг/л | *Эосв*=50% |
| *q max*=3150м3/ч | *Т*=130С | *С*=0,4мг/л |
| *Сen*=250мг/л | *ТлW*=210С | *С*=9мг/л |
| *Len*=270мг/л | Водоем рыбохозяйственного назначенияКатегория водоема - Ι |

3.1.Концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей в денитрификатор из первичных отстойников, работающих с *Эосв*=50%.

*Ссdp*==

3.2.Значение *БПКполн* сточной жидкости, поступающей в денитрификатор из первичных отстойников, работающих с *Эосв*=50%.

*Lcdp=Len –*0,01 *Cen Эосв (1-s)*

где s – зольность частиц, поступающих со сточной жидкостью в денитрификатор, принимается равной 0,25-0,3.

*Lcdp*=270-0,01×250×50(1-0,3)=183мг/л

3.3.Прирост активного ила в денитрификаторе и аэротенке.

*Пi =* 0,8·*Ссdp+*0,3·*Lcdp*

*Пi* = 0,8 ·125+0,3 ·183=155мг/л

3.4.Количество азота, пошедшее на синтез клеток микроорганизмов в денитрификаторе и аэротенке

*(∆N)* = *Пi* *Мm(1- s)*

где *Мден,аэр* – доля микроорганизмов в активном иле, принимается равной 0,2-0,3;

*m* – доля азота в клетках микроорганизмов в пересчете на сухое вещество, принимается равной 0,05-0,15

*(∆N)ден, аэр*=1550,30,1(1-0,3)=3,3мг/л

3.5.Концентрация азота органического, поступающего в денитрификатор из первичного отстойника.

*(С N-Nорг) cdp* = == 2мг/л

3.6.Требуемая степень рециркуляции активного ила в системе «вторичный отстойник – аэротенк - вторичный отстойник», обеспечивающая снижение N-NO3 в очищенной сточной жидкости до значений, соответствующих ПДК (9мг/л), определяется из уравнения материального баланса по азоту.

*С+∆Nден, аэр+*=

9 + 3,3 + 0,4 = ; Ri=1,84

3.7.Количество азота нитратов, поступивших в денитрификатор из вторичного отстойника с рециркуляционным потоком.

*AN-NO=*

*AN-NO*==0,83т/сут.

3.8.Значение азота нитратного в сточной жидкости, поступающей в денитрификатор с учетом рециркуляционного потока.

где *(СN-NO3)en* и *(СN-NO3)ц* – концентрация азота нитратного соответственно в исходной сточной жидкости и в циркулирующем иле, составляет: *(СN-NO3)en*=0 мг/л, *(СN-NO3)ц* = 9 мг/л;

*Qсут, Qц* – расход сточной жидкости и циркулирующего ила.

Qц = Qсут х Ri

3.9.Количество загрязнений по БПКпол., затраченных в денитрификаторе на восстановление азота нитратного.

*(АL)вос.=К AN-NO*=40,83=3,32т/сут.

где *К*- коэффициент, принимаемый равным 4 для обеспечения полного восстановления нитратов до элементарного азота (*БПКпол: СN-NO*= 4:1)

3.10.Количество загрязнений по БПКпол, поступающих в денитрификатор.

*(АL)ден* == = 9,15 т/сут.

3.11.Количество загрязнений по БПКпол, поступающих в аэротенк.

*(АL)atp= (АL)ден -(АL)вос* =9,15-3,32=5,83т/сут.

3.12.Значение БПКпол в сточной жидкости, поступающей в аэротенк.

*(Len)аэр*.==

3.13.Продолжительность обработки сточной жидкости в денитрификаторе.

*tден* =,

где *(С)en* и *(С)ex*– концентрация нитратов соответственно на входе и выходе из него;

 *ai*–доза ила в денитрификаторе принимается равной 1-5г/л, рекомендуется принимать 2г/л (оптимальная концентрация);

–скорость восстановления нитратов, принимается в зависимости от начального значения нитратов [2] табл. на стр. 303

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *(С N-NO) en,* мг/л | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| , мг/(г·ч) | 7,5 | 11,5 | 13,5 | 15 | 17 | 17,5 | 18,5 | 19 |

 S-зольность активного ила, принимается 0,25-0,3;

 *Т*-температура сточной жидкости для самого неблагоприятного холодного времени года, 0С.

 ч ≈ 0,9 ч

3.14.Объем денитрификатора

*Wден=qmtден(1+ Ri )*

где *qm*-средний расход сточной жидкости, поступающей на сооружения биологической очистки, при *tден*=0,9ч

*qm = qmах*=3150 м3/ч

*Wден*=3150х0,9(1+1,84)=80541 м3

3.15. Продолжительность обработки сточной жидкости в аэротенке

где φ – коэффициент ингибирования процесса биохимического окисления органических веществ продуктами распада активного ила, принимается равным 0,07л/г (табл.40[1]);

*ρmах*-максимальная скорость окисления органических веществ в аэротенке, принимается по табл.40[1] равной 85 мг БПКпол /(г.ч);

*С0*-концетрация растворенного кислорода в аэротенке, принимается по СНиП [1] равной 2мг/л;

 *ai*–доза ила в аэротенке, принимается такой же, как и в денитрификаторе 1-5г/л;

S-зольность активного ила в аэротенке примерно равна зольности ила в денитрификаторе;

 *К0*-константа, характеризующая влияние кислорода, принимается по табл.40[1;

*Lmix* -БПКпол сточной жидкости с учетом разбавления рециркуляционным расходом

*Lmix* ===51мг/л;

*Кl* – константа, характеризующая свойства органических загрязнений по БПКпол, принимается по табл.40 [1];

*Kp* – коэффициент, учитывающий влияние продольного перемешивания, принимается согласно рекомендациям [1] п.6.144.

 3.16.Требуемый объем аэротенка

*Wat=qm tat* =3150×1,35 = 4253м3

м3/ч

3.17.Требуемая продолжительность нахождения сточной жидкости в нитрификаторе.

*tнит* =,

где *ai*–доза ила в нитрификаторе равна дозе ила в аэротенке и денитрификаторе, г/л;

  s-зольность ила в нитрификаторе принимается выше, чем в аэротенке и денитрификаторе, поскольку процесс денитрификации сопровождается минерализацией органических веществ, однако, s для академического проекта можно принять равной 0,3;

 *ρнит* – скорость окисления азота аммонийного, принимается согласно рекомендациям [2], табл. на стр. 302;

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *СN-NН,* мг/л | 90 | 70 | 50 | 30 | 20 | 5 |
| *ρнит*, мг/(г·ч) | 22,5 | 19,5 | 15,6 | 11 | 4 | 2,5 |

 – коэффициент, учитывающий влияние рН

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *рН* | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 |
|  | 0,14 | 0,28 | 0,48 | 0,73 | 0,95 | 1,0 | 0,87 | 0,68 |

*tнит* == 3ч

3.18.Требуемый объем нитрификатора

*Wнит = qm tнит*=3150 х 3=9450 м3

3.19.Требуемый объем денитрификатора, аэротенка, нитрификатора

*∑W*= 8051+4253+9450=21754 м3

3.21.Подбираем аэротенк-нитрификатор-денитрификатор.

Принимается 3 секции четырех коридорного аэротенка

(А-4-6-4,4) [2], табл.66.18

|  |  |
| --- | --- |
| Ширина коридора -6 м | Длина секции – 72 м |
| Ширина секции - 24 м | Объем секции – 7600 м3 |
| Глубина секции -4,4 м | Общий объем – 22800 м3 |

3.22. Размеры денитрификатора, аэротенка и нитрификатора

*L=Lобщ· Pn*;

где *Lобщ* – общая длина коридоров в секции, м.

*Lобщ* = 72х4 = 288м.

*Lден*= 288х0,37=107 м

*Lat*=288х0,2=57м

*Lнит* = 288х0,43=124м

Распределение объемов сооружений приведено на рис.2

Ил.см

нитрификатор

24м



аэротенк

Ввод ЦАИ

 денитрификатор

ст. ж

72м

 Рис.2. Распределение объемов сооружения между денитрификатором, аэротенком и нитрификатором.

3.23.Требуемый удельный расход воздуха в аэротенке и нитрификаторе

*qair*=

где *К1*- коэффициент, учитывающий тип аэратора; для мелкопузырчатой аэрации *К1*=1,34 при соотношении =0,05, табл.42 [1];

*К2*– коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора, при *Наir*=4,4-0,2=4,2м *К2*=2,6, где 4,4м-глубина аэротенка; 0,2м-высота расположения аэратора над дном аэротенка;

*К3* – коэффициент, учитывающий температуру сточной жидкости *К3*=1+0,02(*Т*-20)=1+0,02(21-20)=1,02;

*К4* – коэффициент качества воды, принимается равным 0,85 для хозяйственно-фекальных стоков;

- количество кислорода, необходимое для полного окисления азота

 = (*СN-NН +С N-Nорг – ΔNден,аэр*) · 3,43

=(34+2-3,3) 3,43=112мг/л

 - количество кислорода, необходимое для окисления оставшегося азота

 = С3,43=0,43,43=1,4мг/л;

*Са*- растворимость кислорода в сточной жидкости при заданной температуре

*Са= Ст*(1*+*)

 где *Ст*- растворимость кислорода воздуха в дистиллированной воде при самой неблагоприятной температуре (летний период), принимается по табл 2. [4]( приложение1).

 *Ратм*.- расчетное атмосферное давление района проектирования, принимается равным минимальному значению, например, для г.Новосибирска можно принять 720 мм рт. ст.;

*Рнорм*.- нормальное атмосферное давление равно 760 мм рт.ст.

 Са = 8,84(1+)=10,1мг/л

*qair* ==9,7м3/м3ч

3.24.Общий расход воздуха, подаваемый в аэротенк и нитрификатор

*Qair= qair qm* = 9,73150 = 30555 м3/ч

3.25.Подбор воздуходувок. Количество воздуходувок с учетом их параллельной работы

*Nв=*

где Qв – производительность воздуходувки, м3/ч;

k- коэффициент, вводимый при работе двух и более воздуходувок, принимается равным 0,8

Принимаем воздуходувки марки ТВ-175-1,6 (табл.V.28[3])

со следующими характеристиками: производительность – 10000 м3/ч, давление - 1,6 атм, мощность на валу электродвигателя – 250 кВт, число оборотов - 3290 об/мин

 *Nв*=возд.

3.26.Количество избыточного активного ила, удаляемого из биологической системы

*∆Пi = Пi - аt*= 155 -10=145мг/л

где *аt*- вынос частиц активного ила из вторичных отстойников.

3.27.Суточное количество избыточного ила по сухому веществу

*Аi =*7,25 т/сут

3.28.Объем избыточного активного ила

*Qi* =

*Рi* =100

*аил.кам* = *аi* =2=3,1г/л

*Рi* =100=99,69%

*Qi* = м3/сут

3.29.Подбор насосов циркулирующего активного ила[5],

Принимаем насос марки СД-800/32, мощностью 105 кВт, с числом оборотов 960 об/мин.

 *Nнас*=

 - коэффициент, учитывающий совместную работу нескольких насосов на один трубопровод, =0,8…0,9.

*Nнас*=1,8450000**/**240,8800=6 нас.

3.30.Подбираем мешалки для денитрификатора.

После построения балансовой схемы (рис.3, приложение 2) производится уточнение расчетных параметров.

**4. Пример расчета аэротенка, нитрификатора и денитрификатора по *схеме «в».***

Исходные данные.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Qсут*=50 тыс. м3 | *Сen*=200мг/л | *Т*=120С |
| *q ср*=2083м3/ч | *Len*=235мг/л | *Т*=230С |
| *q ср s*=579 л/с | *рН*=7 | *Эосв*=60% |
| *Kgen max*=1,51 | *С N-NН=*20мг/л | *С*=2мг/л |
| *q max*=3150м3/ч | *С N-Nорг*=2мг/л | *С*=0мг/л |

 4.1.Концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей в аэротенк

*Ссdp*==

4.2.Значение БПКполн  сточной жидкости, поступающей в аэротенк

*Lcdp=Len* –0,01*Cen* *Эосв* (1-*s*) =235-0,01·200·60 (1-0,3) =151мг/л

4.3.Концентрация азота органического в сточной жидкости, поступающей в аэротенк.

*(С N-Nорг) cdp*= = мг/л

4.4.Прирост активного ила в аэротенке.

*(Пi)at* = 0,8 *Ссdp*+0,3 *Lcdp* = 0,8 80+0,3 151=109 мг/л

4.5.Количество азота, пошедшее на синтез клеток микроорганизмов в аэротенке.

*(∆N) at = (Пi) at Мm*(1- *s*)

*(∆N) at*=1090,250,105(1-0,3)=2мг/л

4.6.Общее количество азота, поступающего в нитрификатор

*(СN-Nобщ)нит=(СN-Nорг)cdp + С N-NН - (∆N) at*

 *(СN-Nобщ)нит*=0,8 + 20 – 2 = 18,8 мг/л

4.7.Концентрация азота нитратного, поступающего в денитрификатор

 *=(СN-Nобщ)нит* = 18,8 мг/л

4.8.Требуемое количество органических веществ (органический субстрат), направляемых в денитрификатор для полного восстановления NО3- до азота элементарного

 *(Len)ден*= 4·

 *(Len)ден*=418,8=75 мг/л

4.9.Количество осветленной сточной жидкости, направляемой в денитрификатор, определяется из уравнения материального баланса загрязнений

*(Len)ден Qсут= LcdpQден*

*Qден= Qсут (Len)ден*/ *Lcdp*

*Qден*=5000075/151=24834 м3/сут

Тогда в аэротенк будет направляться:

*Q at= Qсут - Qден*=50000-24834=25166 м3/сут

4.10.Распределение сточной жидкости между аэротенком и денитрификатором в долях единицы:

*G ден*=24834/50000=0,0,497

*G at*=25166/50000=0,503

4.11.Прирост ила в денитрификаторе

(*Пi)ден* = 0,8 *Ссdp*+0,3 *(Len)ден*

*(Пi)ден* = 0,880+0,375=87 мг/л

4.12.Количество азота, пошедшего на синтез клеток микроорганизмов в денитрификаторе

*(∆N) ден* = *(Пi) ден* *Мm*(1- *s*)

*(∆N) ден*=870,250,1(1-0,3)=1,5 мг/л

4.13.Концентрация общего азота в денитрификаторе без учета рециркуляционного расхода

(*С N-NН*)*ден*= *С N-NН* + *(СN-Nорг)cdp - (∆N) ден*

 (*С N-NН*)*ден* =20 + 0,8 – 1,5 = 19,3 мг/л

4.14.Требуемая степень рециркуляции, обеспечивающая на выходе из денитрификатора концентрацию азота аммонийного равную 2 мг/л, что соответствует заданному *С* на сброс в водоем, определяется из уравнения материального баланса загрязнений

(*С N-NН*)*денQден*= *С* *Qсут*(1+ *Ri*)

*Ri*=

*Ri*=

4.15.Общая продолжительность обработки загрязнений в аэротенке с регенератором при БПКпол=151мг/л.

*t0* =

 г/л

 мг/(гч)

*t0* =ч

4.16. Продолжительность нахождения сточной жидкости в аэротенке

ч.

Принимаем *tat*=2 ч (п.6.143, приложение 2 [1]).

4.17. Продолжительность нахождения загрязнений в регенераторе

*tr = to- tat*

*tr* = 2,5 – 2 = 0,5 ч

4.18.Продолжительность нахождения сточной жидкости в нитрификаторе

*tнит* =,

*tнит* = ч

4.19.Продолжительность обработки сточной жидкости в денитрификаторе.

*tден* =,

 ч

4.20.Расчетный расход сточной жидкости, проходящий через денитрификатор

*(qm)ден* =

*Р1,Р2,…Рn –* принимаются аналогично расчету аэротенка в примере 4.

(qm)ден = м3/ч

4.21.Расчетный расход сточной жидкости, направляемой в аэротенк

*(qm) at = G at  (qm)ден*,

*(qm) at* = 0,503 3150 = 1585м3/ч

4.22.Расчетный расход осветленной сточной жидкости, направляемой в денитрификатор

*(qmосв)ден =(qm)ден -(qm) at*

(*qmосв)ден* = 3150-1585=1565м3/ч

4.23.Требуемый объем регенератора

*Wr=(qm) at tr  Ri*

*Wr*= 1585 0,5 3,8 = 30112 м3

4.24.Требуемый объем аэротенка

*Wat=(qm) at tat* (1+ *Ri* )

*Wat*=15852(1+3,8) = 15216м3

4.25.Требуемый объем нитрификатора

*Wнит = (qm)нит tнит*

*(qm)нит = (qm) at*

*Wнит* =1585 12=19020 м3

4.26.Требуемый объем денитрификатора

*Wден=(qm)ден tден*

где *(qm)ден= (qm) at,*  т.к. концентрация азота нитратного в расчетной формуле принята без учета его количества в органическом субстрате.

*Wден*=15852=3170 м3

4.27.Требуемый объем постаэратора

*Wпост=(qm)постtпост*

*Wпост*=31501=3150м3

4.28.Общий объем регенератора, аэротенка, нитрификатора, денитрификатора, постаэратора

*W= Wr +Wat + Wнит + Wден + Wпост*

*W*= 3012+15216+19020+3170+3150=43568 м3

4.29.Доля каждого сооружения от общего объема

*Рa*t=15216/43568=0,35; *Рr*=3012/43568=0,07; *Рнит*=19020/43568=0,44; *Рден*=3170/43568=0,07; *Рпост*=3150/43568=0,07

4.30.Подбираются размеры сооружения.

Принимается 5 секций трех коридорного аэротенка А-3-9-4,4

Объем секции - 9270м3

Общий объем – 46350 м3

Длина сооружения – 78 м

 4.31.Размеры каждого сооружения

|  |  |
| --- | --- |
| *Lобщ* = 783=234м  | *Lнит* = 234 0,44=103м |
| *Lat*= 234 0,35=82м | *Lден*= 234 0,07=16м |
| *L r*= 234 0,07=16м | *Lпост* = 234 0,07=17м |

4.32.Распределение объема сооружения между регенератором, аэротенком, нитрификатором, денитрификатором и постаэратором приведено на рис.4

**Денитри**

**фикатор**

**Постаэ**

**ратор**

 нитрификатор

 Аэротенк

Р**еге**

**нера**

**тор**

 78м

27м

Ввод ЦАИ

ст. ж.

Ил.см.

Рис.4. Распределение объема сооружения между аэротенком с регенератором, нитрификатором, денитрификатором и постаэратором.

4.33.Требуемый удельный расход воздуха в аэротенке и нитрификаторе

*qair*=

*Lэквen = (СN-Nобщ)нит*3,43

*Lэквen* = 18,83,43=64,5мг/л

= (*С N-NН*)*ех*3,43=0 мг/л;

*К3*=1+0,02(Тw-20)

*К3*=1+0,02(23-20)=1,06

*Са= Ст*

*Са* = 8,5 =9,7 мг/л

*qair* ==9,1м3/м3ч

4.34.Требуемый расход воздуха в аэротенке и нитрификаторе

*Qair= qair(qm) at*

*Qair* = 9,11585 = 14424 м3/ч

4.35.Требуемый расход воздуха в постаэраторе

(*Qair)пост= qair пост(qm) пост*

*(Qair)пост*=0,53150=1575 м3/ч

4.36. Общий расход воздуха, подаваемый в аэротенки, нитрификаторы и постаэраторы

*(Qair)общ= Qair + (Qair)пост*

*(Qair)общ*= 14424+1575=15999 м3/ч

4.37.Требуемое количество воздуходувок

Принимаем воздуходувки марки ТВ-175-1.6 со следующими характеристиками:

производительность – 10000 м3/час, давление – 1,6 атм, мощность на валу эл/двигателя – 250 кВт, число оборотов – 3290 об/мин

 *Nв*=

*Nв*=15999/(0,8 10000)≈2возд.

4.38.Количество избыточного активного ила, образующегося в аэротенке

*(Аi)at* =

*(Аi)at* =т/сут

4.39.Количество избыточного активного ила по сухому веществу, образующегося в денитрификаторе

*(Аi)ден* =

*(Аi)ден* = т/сут

4.40.Общее количество избыточного активного ила, выгружаемого из биологической системы

*(Аi)общ =(Аi)at +(Аi)ден*

*(Аi)общ* =2,74+3,85=6,59 т/сут

4.41.Объем избыточного активного ила

*(Qi )общ*=

*Рi* =100

*аил.кам.= аi*=2=2,5 г/л

*Рi* =100=99,75%

*(Qi )общ*= м3/сут

4.42.Объем циркулирующего активного ила

*Qцаи = Qсут х Ri*

*Qцаи* = 50000х3,8 = 190000 м3/сут

4.43.Подбор насоса циркулирующего активного ила [5]

Принимаем насос марки СД-2400/75, мощностью 737,5кВт, с числом оборотов 750 об/мин, КПД = 66,5%

*Nнас*=

*Nнас*=190000/240,92400=4 нас.

4.44.Подбираем мешалки для денитрификатора.

После построения балансовой схемы (рис.5, приложение 3) производится уточнение расчетных параметров.

Список использованной литературы

1. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1986

2. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1981

3. Справочник монтажника. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 1979

4. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. М.: Стройиздат, 1977

5. Балыгин В.В., Крыжановский А.Н., Похил Ю.Н. Насосы. Каталог-справочник. Новосибирск, 2000.

6. Яковлев С.В. и др. Канализация. Москва: Стройиздат, 1976.

Приложение 1

Таблица

растворимости кислорода воздуха в дистиллированной воде при давлении 760мм рт.ст.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Темп-ра ст. жидкости, 0С | Растворенный кислород, мг/л | Тем-ра ст. жидкости, 0С | Растворенный кислород, мг/л |
| 0 | 14,65 | 16 | 9,82 |
| 1 | 14,25 | 17 | 9,61 |
| 2 | 13,86 | 18 | 9,4 |
| 3 | 13,49 | 19 | 9,21 |
| 4 | 13,13 | 20 | 9,02 |
| 5 | 12,79 | 21 | 8,84 |
| 6 | 12,46 | 22 | 8,67 |
| 7 | 12,14 | 23 | 8,5 |
| 8 | 11,84 | 24 | 8,33 |
| 9 | 11,55 | 25 | 8,18 |
| 10 | 11,27 | 26 | 8,02 |
| 11 | 11 | 27 | 7,87 |
| 12 | 10,75 | 28 | 7,72 |
| 13 | 10,5 | 29 | 7,58 |
| 14 | 10,26 | 30 | 7,44 |
| 15 | 10,03 |  |  |

Qсут=50 тыс.м3

qm=3150 м3/ч

Cen=200 мг/л

Len=235 мг/л

CN-Nорг=2 мг/л

CN-NH4=20 мг/л

рH=7

Qсут=25166м3/сут

qm=1585м3/ч

Cen=80 мг/л

Len=151 мг/л

CN-Nорг=0,8 мг/л

CN-NH4=20 мг/л

рH=7

Ri=3,8

Qцаи=190 тыс.м3/сут

аил.к=2,5г/л

Pi=99,75 %

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=2 мг/л

CN-NО3=0 мг/л

Len=15 мг/л

Qсут=50 тыс.м3

qm=3150 м3/ч

Ceх=10 мг/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=2 мг/л

CN-NО3=0мг/л

Qсут=25166 м3

qm=1585 м3/ч

Qцаи=190 тыс.м3/сут

аi=2 г/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=18,8 мг/л

рН=7

Qсут=25166 м3

qm=1585 м3/ч

Qцаи=190 тыс.м3/сут

аi=2 г/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=0 мг/л

CN-NО3=18,8 мг/л

Qсут=24834м3

qm=1565 м3/ч

Сen=80мг/л

Len=151 мг/л

CN-Nорг=0,8 мг/л

CN-NH4=20 мг/л

рН=7

Qсут=50 тыс.м3

qm=3150 м3/ч

Qцаи=190 тыс.м3/сут

аi=2 г/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=2 мг/л

CN-NО3=0 мг/л

НН

Н

Д

А

Р

П

ПО

# Р

ΔN = 2

ВО

ΔN = 0

ΔN = 1,5

Рис.7. Балансовая схема к примеру расчета по схеме «в»

Приложение 3

Рис.3. Балансовая схема к примеру расчета по схеме «а»

Приложение 2

ПО

денитрификатор

ВО

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Cen=250 мг/л

Len=270 мг/л

CN-Nорг=4 мг/л

CN-NH4=34 мг/л

рH=8

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Cen=125 мг/л

Len=183 мг/л

CN-Nорг=2 мг/л

CN-NH4=34 мг/л

рH=8

Ri=1,84

Qцаи=92000 м3/сут

аил.к=3,1г/л

Pi=99,69 %

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=0,4 мг/л

CN-NО3=9 мг/л

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Ceх=10 мг/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=0,4 мг/л

CN-NО3=9мг/л

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Qцаи=92000м3/сут

аi=2 г/л

Leх=117 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

рН=8

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Qцаи=92000м3/сут

аi=2 г/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=32,7 мг/л

рН=8

Qсут=50000 м3

qm=3150 м3/ч

Qцаи=92000м3/сут

аi=2 г/л

Leх=15 мг/л

CN-Nорг=0 мг/л

CN-NH4=0,4 мг/л

CN-NО3=9 мг/л

аэротенк

нитрификатор