

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»
(наименование)

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии
нефтехимии и биотехнологии»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов»
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА **(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Модернизация установки нитри-денитрификации для повышения качества
очистки промышленных стоков производства капролактама ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

Ю.Ю. Лифанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Тольятти 2021

Аннотация

Работу выполнил: Лифанов Юрий Юрьевич.

Тема бакалаврской работы: Разработка технологических решений по совершенствованию качества очистки сточных вод на предприятии ПАО «КуйбышевАзот».

Руководитель бакалаврской работы: Шевченко Ю. Н.

Целью работы является повышение окислительной способности стадии нитрификации ПАО «КуйбышевАзот» для улучшения качества сточных вод.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующую схему очистки сточных вод на предприятии;
- провести лабораторные исследования сточных вод;
- разработать технологическое решение для повышения качества очистки стоков.

В данной работе исследована существующая схема очистки сточных вод предприятия. В ходе работы проведен анализ методов снижения содержания загрязняющих веществ в сточных водах.

Для снижения содержания азота был выбран наиболее эффективный метод с учетом имеющегося оборудования, замена трубной аэрационной системы на дисковую.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемых источников и приложения.

В первом разделе проведен анализ технологической схемы биологической очистки сточных вод. Приведена общая характеристика объекта биологической очистки стоков, приведена характеристика очистных сооружений, а также количественные и качественные характеристики сточных вод, поступающих на биологическую очистку.

Во втором разделе представлены результаты лабораторных исследований сточных вод. Рассмотрен состав сточных вод, количества поступающих стоков. Проведен анализ влияния температуры, Ph и количества кислорода на очистку сточных вод.

В третьем разделе рассматривается разработка технического решения для улучшения очистки сточных вод, производится выбор оборудования и обоснование выбора. Также произведен расчет системы аэрации и материальный баланс нитрификатора и всего цеха №39, то есть, всех стадий биологической очистки в целом. Был произведен расчет теплового баланса стадии нитрификации, то есть расчет тепловых потерь при очистке стоков на стадии нитрификации. Также в данном разделе были рассмотрены технические мероприятия по модернизации вторичного отстойника стадии нитрификации для повышения качества очистки стоков от взвешенных веществ.

Вся бакалаврская работа изложена на 86 страницах, включает 21 таблицу, 8 рисунков, 49 литературных источников и 6 приложений.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ системы очистки промышленных сточных вод ПАО«КуйбышевАзот»	6
1.1 Общая характеристика объекта.....	6
1.2 Характеристика очистных сооружений цеха 39	8
1.3 Количественные и качественные характеристики сточных вод.....	14
1.4 Описание технологической схемы.....	15
2 Лабораторные анализы состава сточных вод.....	22
2.1 Анализ количества поступающих стоков.....	22
2.2 Анализ сырья поступающего на очистные сооружения	23
2.3 Анализ влияния температуры, рН и количества кислорода на очистку сточных вод.....	28
3 Разработка технического решения для улучшения очистки сточных вод.....	30
3.1 Выбор аэратора.....	32
3.2 Технические мероприятия по модернизации отстойника.....	53
3.3 Расчет материального баланса цеха 39.....	60
Заключение.....	65
Список используемой литературы и используемых источников.....	66
Приложение А Формирование стоков.....	72
Приложение Б Нитрификатор.....	73
Приложение В Дисковые аэротенки.....	74
Приложение Г Материальные потоки цеха № 39.....	76
Приложение Д Материальный баланс нитрификатора до замены аэрационной системы.....	77
Приложение Е Изменение качества стоков после замены аэрационной системы.....	85

Введение

На территории городского округа Тольятти находится множество промышленных химических предприятий. На химических предприятиях во всех производственных процессах используется вода, после чего выходит уже загрязненная различными веществами сточная вода. В процессе всего производства в воду поступает множество веществ различного происхождения, которые влияют на окружающую среду. Для того чтобы не допустить уничтожению экосистем необходимо производить очистку сточных вод. «На сегодняшний день качество водных ресурсов Куйбышевского водохранилища находится в большой опасности, также происходит большое водопотребление. Необходимо разрабатывать технологии по качественной очистке сточных вод, с использованием ресурсосберегающих технологий и привлечение технических решений наиболее доступных технологий.

Качество работы очистных во многом зависит от технического состояния объекта, состояния используемого оборудования, а также качества используемых реагентов» [1]. Поэтому строительство и эксплуатация очистных сооружений, отвечающих современным требованиям норм и стандартов, очень актуально.

Целью бакалаврской работы является снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет повышения качества очистки сточных вод на предприятии ПАО «КуйбышевАзот».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующей технологии очистки на примере 39 цеха;
- провести экспериментальные исследования;
- предложить технологические варианты модернизации, обосновав их расчетами.

нитриде-нитрификации промстоков производства капролактама (НДФ), по технологической схеме биологической очистки сточных вод методом нитри-денитрификации азотных соединений;

- год ввода в эксплуатацию – 1989;

- «проектная мощность установки нитри-денитрификации промстоков производства капролактама:

 - по аммонийным азотным загрязнениям – 527 т/год;

 - по нитратным азотным загрязнениям – 1329 т/год;

 - по количеству перерабатываемых промстоков – 2416,300 тм³/год или 7772 м³/сут» [35].

«Установка нитриденитрификации промстоков производства капролактама работает 365 дней в году» [6].

«Достигнутая производственная мощность на момент составления регламента (за 2012 год):

- по аммонийным азотным загрязнениям – 579 т/год;

- по нитратным азотным загрязнениям – 785 т/год;

- по количеству перерабатываемых промстоков – 2958,000 тм³/год» [35].

- «Установка нитри-денитрификации промстоков производства капролактама состоит из одной технологической нитки.

- Метод очистки промстоков основан на минерализации органических загрязнений при помощи биохимических процессов, на биологическом окислении аммонийного азота до нитратного и последующего биохимического восстановления нитратного азота до свободного за счет окисления органического вещества кислородом нитратов:

 - внутриплощадочная канализация;

 - реконструкция и расширение сооружений НДФ;

 - сооружения обработки осадка.

Производительность сооружений по проекту:

- химзагрязненная сточная вода – 7700 м³/сут, 1976,300 тм³/год;

- избыточный ил – 557 м³/сут.» [35].

Основные источники поступления сточных вод

«Поступающие химически загрязненные сточные воды представлены двумя потоками:

- КСП (конденсат сокового пара) – аммоний – содержащие сточные воды. Эти сточные воды имеют высокое содержание аммония и солей. Поступление равномерное (стабильно ±10 – 15%), в диапазоне ± 20 – 25% в кратковременном режиме. Направляются на усреднение в корпус 2021. В летний период имеют высокую температуру, до +60°С, охлаждение атмосферным воздухом, смешением с очищенными стоками до температуры +40°С (выход с корпус 2022). Зимняя температура до +25°С.

Производительность аммоний содержащих сточных вод:

- проектная – 110 м³/ч;

фактическая:

- средняя – около 150 м³/ч (120-170 м³/ч);

- максимальная – 200 м³/ч.

- ВСТ (вода сточная) – нитрат – содержащие сточные воды. Сильно загрязнены, имеются значительные колебания качественного состава. Направляются на усреднение в корпус 2021, где разбавляются очищенными сточными водами. Летняя температура около +40°С. Зимой подогревают пароконденсатом до +20°С.

Производительность нитрат содержащих сточных вод:

Проектная – 60 м³/ч;

фактическая:

- средняя – около 60 м³/ч (50-70 м³/ч);

- максимальная – 110 – 120 м³/ч» [35].

1.2 Характеристика очистных сооружений цеха 39

Корпуса с установками представлены следующими позициями:

- корпус 2021-2024 – усреднители и контрольные емкости аммоний и нитрат содержащих стоков;
- корпус 2025 – нитрификатор;
- корпус 2027 – денитрификатор;
- корпус 2040 – аэротенк доочистки;
- корпус 2026, 2028, 2041 – отстойники стадий нитрификации, денитрификации и доочистки;
- корпус 2029 – насосная станция (машзал №1 и №2);
- корпус 2030 – блок вспомогательных и производственных помещений (воздуходувная станция, реагентное отделение, хим. Лаборатория, мех. Мастерская и бытовые помещения);
- корпус 375 – канализационная насосная станция;
- корпус 2042 – биореакторы;
- корпус 2043 – станция УФ-дезинфекции сточных вод;
- корпус 2044 – камера опорожнения;
- корпус 2045 – камера рециркуляционного стока;
- корпус 2052 – напорные баки;
- корпус 2047 – флотаторы;
- корпус 2049 – иловая насосная станция;
- корпус 2048 – резервуар уплотненного ила;
- корпус 2053 – резервуар иловой воды;
- корпус 2050 – иловые площадки».

Описание технологического процесса

Сущность биологической очистки от азотных загрязнений заключается в «биологическом окислении аммонийного азота до нитратного нитрифицирующими бактериями (автотрофами), при наличии углерода и кислорода, и в дальнейшем биологическом восстановлении нитратного азота до свободного за счет окисления органического вещества кислородом нитратов денитрифицирующими бактериями (гетеротрофами). Органические вещества, содержащие азот, минерализуются при помощи биологических

процессов»[10].

На установке нитри-денитрификации предусмотрена «четырёх ступенчатая схема очистки сточных вод:

I ступень – нитрификация;

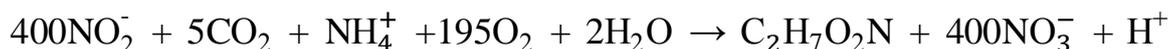
II ступень – денитрификация;

III ступень – доочистка;

IV ступень – глубокая доочистка, обеззараживание.

Процесс нитрификации представляет собой биологическое окисление нитрифицирующими бактериями азота аммонийного до азота нитратного. Азот, содержащийся в составе органических соединений, сначала проходит стадию аммонификации. Источником энергии нитрифицирующих бактерий служит углерод карбонатов и двуокиси углерода. Потребление кислорода в аэробном процессе аммонификации зависит от природы соединений и степени их окисления» [35].

Процесс нитрификации идет в две фазы по уравнениям:

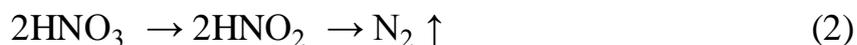


(1)

«Для проведения процесса нитрификации требуется определенная подготовка стоков по показателям рН, щелочности и содержание фосфора.

Процесс денитрификации представляет собой биологическое восстановление азота нитратного до свободного за счет окисления органического вещества кислородом нитратов» [9].

Общая схема денитрификации:



Денитрифицирующими «бактериями являются гетеротрофные

организмы, использующие нитраты в качестве акцептора водорода при окислении ими органического вещества. Параллельно с процессом денитрификации частично идет процесс нитрификации, а также возможна косвенная денитрификация, ведущая к восстановлению аммонийных и нитратных соединений до NH_3 и N_2 . Для ведения процесса денитрификации необходимо поддерживать определенное соотношение азота нитратного к содержанию органики (ХПК) и фосфора (Р). В процессе денитрификации потребляется аммонийный азот и фосфор в качестве биогенных элементов. В качестве дополнительного органического субстрата используется водно-щелочной сток, содержащий адипаты натрия (12 ÷ 21 % по объему).

Стадия доочистки включает очистку денитрифицированного стока от избыточной органики.

Стадия глубокой очистки денитрифицированного стока предусмотрена для доведения до требований, предъявляемых к качеству повторно используемых сточных вод в системе оборотного водоснабжения завода.

Процессы нитри-денитрификации происходят при помощи активного ила. Активный ил – это сложная экосистема, в состав которой входит большое количество бактерий в виде хлопьевидных скоплений – зоогелей. Состав активного ила строго специфичен для каждой стадии очистки.

Большое значение для оценки работы очистных сооружений имеет физиологическое состояние организмов активного ила. В зависимости от состава примесей сточной жидкости и их концентрации существенно меняется структура зооглей ила, что в свою очередь влияет на качество очистки» [23], [24].

На рисунке 2 представлена блок схема очистки сточных вод.

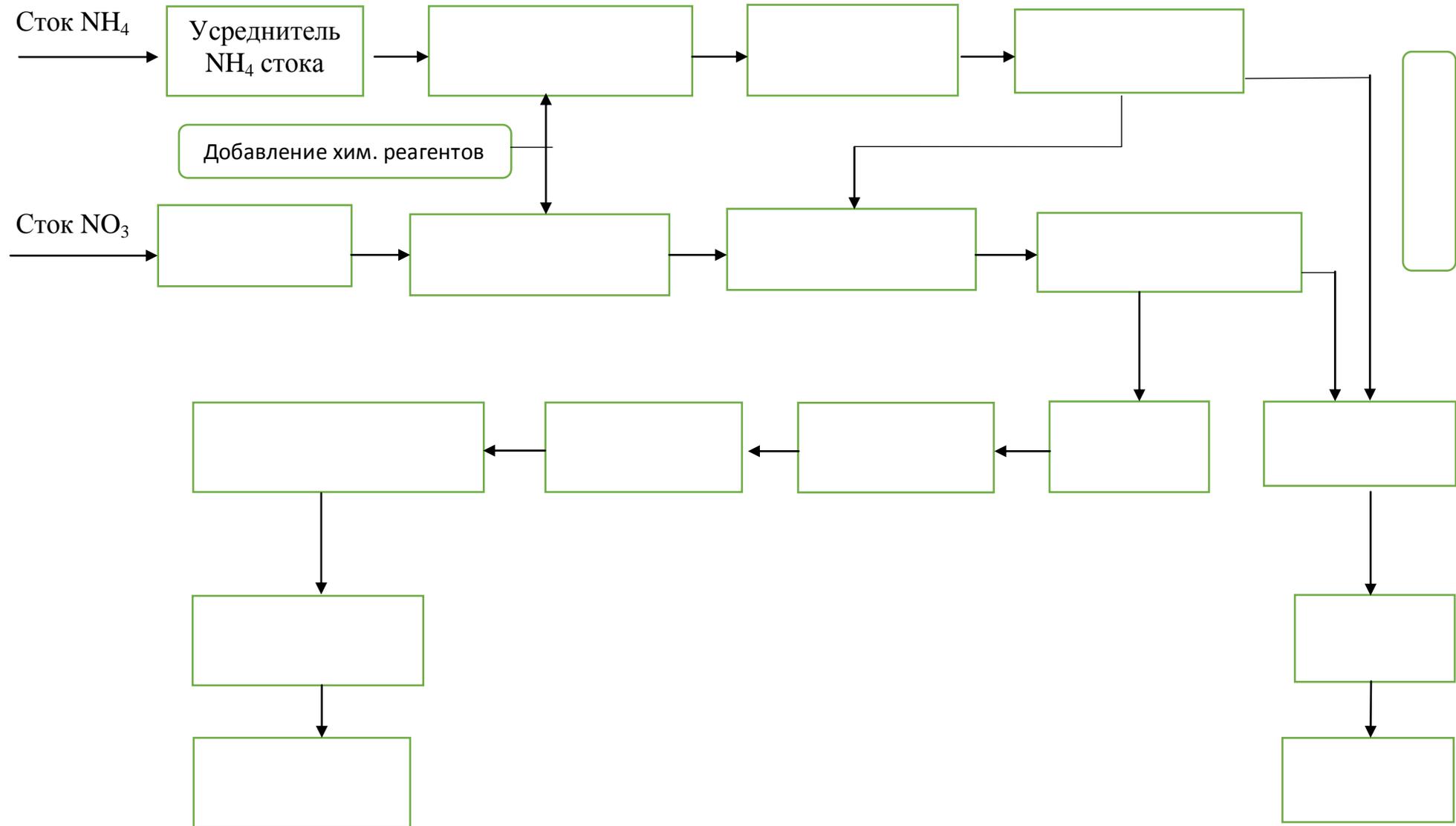


Рисунок 2 – Блок схема очистки стоков

1.3 Количественные и качественные характеристики сточных вод

«Расчетное количество и характеристики сточных вод, поступающих на очистные сооружения для потоков конденсат сокового пара – КСП, а также сточной воды – ВСТ» [11], [25], представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – «Расчетные количественные показатели аммоний содержащего стока (КСП)» [11]

Наименование	Единица измерения	Величина показателя
2	3	4
«Среднесуточный расход сточных вод» [11]	м ³ /сут	4100
«Среднечасовой расход» [11]	м ³ /час	170
«Макс. Суточный расход сточных вод » [11]	м ³ /сут	4800
«Макс. Месячный расход сточных вод » [11]	м ³ /год	130000
«Макс. Часовой расход » [11]	м ³ /час	200

Таблица 2 – «Расчетные количественные показатели нитрат содержащего стока (ВСТ)» [11]

Наименование	Единица измерения	Величина показателя
2	3	4
«Среднесуточный расход сточных вод» [11]	м ³ /сут	1900
«Среднечасовой расход» [11]	м ³ /час	80
«Макс. Суточный расход сточных вод » [11]	м ³ /сут	2500
«Макс. Месячный расход сточных вод » [11]	м ³ /год	70000
«Макс. Часовой расход » [11]	м ³ /час	110

«Продукцией цеха переработки органических и неорганических продуктов является химически загрязненная сточная вода производственных цехов предприятия для возврата в промышленное водоснабжение производства капролактама в количестве 6072 м³/сут» [8], [12].

Качество химически загрязненных сточных вод (концентрация нормируемых загрязнений) должно отвечать проекту данного очистного сооружения и удовлетворять нормам, которые указаны в таблице 3.

Таблица 3 – «Характеристика стоков после очистки» [14]

Наименование показателей	Концентрация загрязнений, мг/дм ³
2	3
pH	6,4÷8,6
«Азот аммонийный, не более» [11]	7,0
«Азот нитритный, не более» [11]	2,0
XПК, не более	200,0
Фосфор, не более	5,0
Сульфаты, не более	400,0
«Циклогексанол, не более» [11]	14,0
«Циклогексанон, не более» [11]	11,0
Капролактамы, не более	14,0
«Взвешенные вещества, не более» [11]	50,0
«БПК ₅ , не более» [11]	26,0

1.4 Описание технологической схемы

«Сточные воды поступают от «производства капролактама и цеха № 3 по трубопроводам, проложенным по эстакаде.

Через трубопровод К-7 аммоний содержащие сточные воды от корпусов 714, 909, 914 подходят к приемной камере корпуса 2021. Остальные стоки, поступающие из цеха № 3, так же проходят по трубопроводу К-7 в цех №39.

Если стоки, поступающие в цех № 39, имеют концентрацию загрязняющих веществ, превышающую допустимые нормы технологического режима по линии К-7, то эти стоки направляются в «аккумулирующую емкость 2032/2» [33].

Для добавления реагентов существуют трубопроводы, которые так же расположены на эстакадах И6-1, И6-3, И6-9:

- с цеха № 11 подведен трубопровод с углекислым газом, который подведен к корпусу 2029;

- от цеха № 35 идет трубопровод К-18 через, который в корпус 2029 поступает водно-щелочные стоки;

-по трубопроводу, проведенному от корпуса 916 цеха № 23 к корпусу 2030 (блок вспомогательных и производственных помещений) к специальным емкостям, поступает содовый раствор, который далее перекачивается насосом к корпусу 2029;

- от корпуса 2030 проходит трубопровод к корпусу 2029, от которого поступают стоки, содержащие ортофосфорную кислоту.

«При подаче химических реагентов через трубопроводы, используют специальный насос, осуществляющий гидравлическое перемешивание в корпусах 2024, 2022. Так же по эстакадам проложены трубопроводы, подающие воздух, воздух технологический сжатый, пар, теплофикационные воды и спутниковый обогрев» [14].

«Сточная вода, содержащая в своём составе соли аммония, проходит водоподготовку и очистку по следующей схеме:

- приемная камера корпус 2021;
- распределительный лоток;
- усреднитель;
- контрольные емкости корпус 2022;
- насосы в корпусе 2029;
- нитрификатор корпус 2025;
- вторичный отстойник 2026;

Сточные воды КСП поступают в приемную камеру корпус 2021. После чего перекачиваются в усреднитель корпуса 2021, каналы которого находятся ниже уровня приемных камер, они имеют одинаковую конструкцию. В усреднителе стоки перемешиваются. Таким образом, нивелируются высокие показатели ХПК, выравниваются значения рН и других показателей. Сброс осуществляется с верхнего лотка через выпускные отверстия» [34].

«Отверстия для спуска были специально рассчитаны на потоки поступающих стоков. Загрязнённые сточные воды протекают с различной скоростью через каналы и дальше поступают в нижний лоток» [34]. Этот лоток в своем основании имеет три окна для прохождения воды, после чего

сточная вода в контрольные емкости 2022.

«Вокруг усреднителя имеется аккумулирующий резервуар. Который соединяется трубопроводами со всеми окнами приемной камеры, перекрытие которых осуществляется арматурными задвижками из корпусов 2021.

В результате усреднительная камера с помощью различной скорости потока смешивает сточную воду, приводя к средним значениям загрязнения при аккумуляции их по расходу.

Сточная вода, которая прошла процесс усреднения, поступает с нижнего лотка 2021 через специальные выпуски в две контрольные емкости корпуса 2022. Там находится три контрольных емкости. Контрольные камеры предназначены для предварительной подготовки сточных вод к биохимической очистке в нитрификаторе 2025. По технологическому регламенту одна камера заполняется сточными водами. Во второй камере стоки проходят подготовку для подачи в корпус 2025» [36]. По результатам, проведенного анализа добавляются реагенты: сода, рН и фосфорная кислота, как биогенное вещество для питания бактерий активного ила. В камерах происходит постоянное перемешивание при помощи подачи воздуха, после чего сточные воды дальше перекачиваются для биологической очистки. «Сточная вода из третьей камеры, прошедшая подготовку с результатами регламентированных показателей откачивается в нитрификатор. Таким образом, в корпусе 2022 происходит следующий режим работы: в первой камере происходит заполнение стоками, во второй проводится процесс подготовки воды, а в третьей происходит заключительный процесс» [11].

«Чтобы подготовить стоки, содержащие соединения аммония, необходимо правильно скорректировать уровень рН, концентрацию щёлочности и фосфора. Для этого используется углекислый газ, раствор соды и ортофосфорной кислоты. Данные реагенты вводятся в стоки с помощью гидроперемешивающих устройств» [37].

Подготовленный сток, после получения удовлетворительных результатов аналитического контроля поступает Ду250 в нитрификатор

корпус 2025 который представляет собой 3-хсекционное, 3-хкоридорное сооружение с монолитным железобетонным днищем и стеновыми панелями. Рабочий объем – 6420 м³.

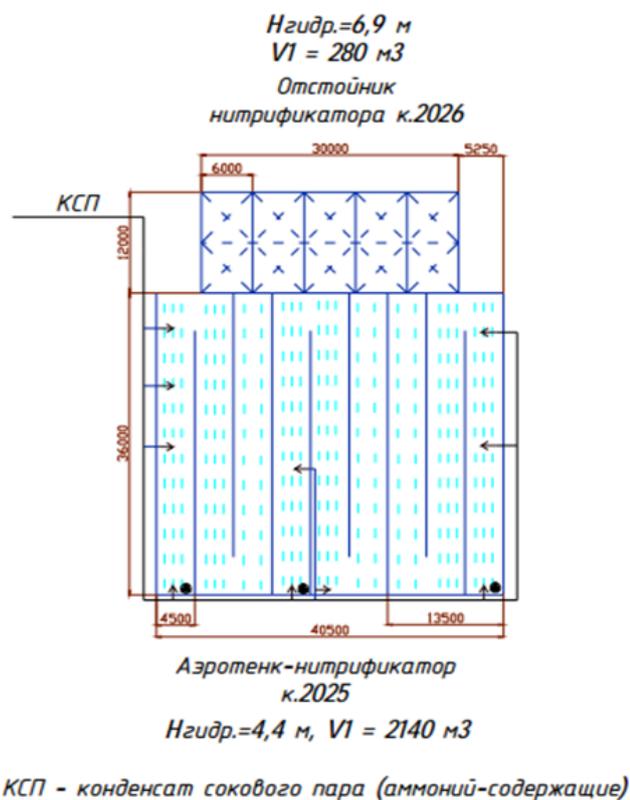


Рисунок 3 – «Схема нитрификатора корпус 2025» [35]

«Каждая секция нитрификатора работает автономно и может отключаться на ремонт, без нарушения всей технологической схемы. Секции имеют по три коридора. По длине коридоров по днищу смонтирована система аэрации» [32]. «Аэрация осуществляется сжатым воздухом, который компримируется при помощи турбокомпрессоров в корпусе 2030, по коллекторам и трубной разводке подается на сооружения биологической очистки» [38]. «При процессе нитрификации происходит окисление в присутствии воздуха от аммонийного азота до нитритов и нитратов, при жизнедеятельности нитрифицирующих микроорганизмов» [31]. Процесс разделяется на две стадии, одна из стадий которого является нитрификация

аммония до нитрита, вторая стадия заключается в окислении нитрита до нитрата. Для лучшей производительности среда должна иметь рН 7- 9. «Стоки после нитрификации собираются в специальный лоток 2025, где регулицию осуществляют с помощью заслонок. После чего выпуск поступает в верхний лоток вторичного отстойника 2026/1-5. В отстойнике 2026 происходит разделение нитрификационной смеси от активного ила. С помощью полупогружной перегородки осуществляют направление иловой смеси для дальнейшего осаждения. В дальнейшем, когда иловая смесь оседает в конической части, с помощью эрлифтов ее перекачивают в иловую камеру корпуса 2025» [39]. «При продолжительном отстаивании ил может слежаться в конической части корпуса, его периодически продувают с помощью барботажной системы, установленной в нижней части отстойника. Сточная вода, прошедшая нитрификацию, поступает, в нижний лоток 2026, через который проходит дальнейшее распределение потоков согласно регламенту» [16]. «При эксплуатации сооружений, реализующих технологии нитри-денитрификации, увеличение гидравлической нагрузки приводит к снижению времени пребывания сточных вод в сооружениях и, как следствие, к не достижению проектной эффективности биохимических процессов и повышению концентрации взвешенных веществ на выходе из вторичных отстойников» [6].

Для реализации процесса нитрификации при эксплуатации сооружений необходимо обеспечение следующих условий:

- «достаточного количества нитрифицирующих автотрофных микроорганизмов, которые способны синтезировать все необходимые для своего роста вещества из простых неорганических солей (этот результат достигается обеспечением проектного значения аэробного возраста активного ила)» [7];

- требуемого количества кислорода;

- необходимых значений щелочности и рН среды для реализации процесса нитрификации с заданной эффективностью;

– достаточного времени нахождения сточной воды в зоне нитрификации с учетом текущей температуры для проведения процесса;

– отсутствия токсичных для процесса нитрификации веществ.

«Для реализации процесса денитрификации требуется:

– наличие денитрифицирующих (факультативных гетеротрофных) микроорганизмов;

– создание анаэробных условий – наличие нитратов и отсутствие (минимизация) растворенного кислорода; Растворенный кислород поступает в анаэробную зону как с «нитратным» рециклом, так и с рециклом возвратного активного ила. Для решения этой проблемы необходимы механические мешалки;

– оптимальное значение pH среды для ведения процесса денитрификации;

– достаточное время нахождения сточной воды в зоне денитрификации с учетом текущей температуры;

– отсутствие токсичных для процесса денитрификации веществ» [8].

Выводы по разделу

В разделе мы рассмотрели общую характеристику предприятия, подробно рассмотрели характеристику очистных сооружений цеха 39, а также количественные и качественные характеристики сточных вод, и представили краткое описание технологической схемы предприятия.

2 Лабораторные анализы состава сточных вод

2.1 Анализ количества поступающих стоков

На основе синтетического аммиака (базового продукта) на предприятии действует ряд крупнотоннажных производств (азотной кислоты, аммиачной селитры, сульфата аммония, капролактама), в процессе которых образуются сточные воды, содержащие высокие концентрации азотов (аммонийного, нитритного и нитратного) и органических загрязнений. «Все азотсодержащие стоки двумя отдельными потоками – NH_4 -поток (основное загрязнение – аммонийный азот) и NO_3 – поток (основные загрязнения – нитратный азот и органика) поступают в цех №39 на сооружения нитри-денитрификации (НДФ). На основании обследования водного хозяйства цехов, выпускающих указанную продукцию, были определены количества всех локальных азотсодержащих стоков и схема формирования двух указанных потоков» [40]. Результаты обследования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расходы стоков, поступающих на сооружения

Сток	Цех	Наименование стока	№ стока	Расход стока, м ³ /час
NO ₃ -сток	№ 22	КСП от упарки адипатов	1	6
		Общий сток – (ВСТ)	2	3
	№ 35	Общий сток – (ВСТ)	3	6
	№ 23	КСП от упарки адипатов	4	6
		Упаренные адипаты (ВЩС)	5.1	3
		Раствор соды	5.2	4
	№ 38	Азотнокислый конденсат	5.3	16
		Сток от регенерации катализатора	6	1
	№ 37	Сток от ионообменной очистки (ИОО)	7	8
		Итого		53
NH ₄ -сток	№ 3	КСП от упарки сульфата аммония	8	15
	№ 24	Сток от ионообменной очистки (ИОО)	9	2
		Сток от ионообменной очистки (ИОО)	10	10
	№ 25	КСП от упарки сульфата аммония	11	50
		КСП от упарки сульфата аммония	12	30
	26	КСП от упарки сульфата аммония	13	8
	Итого		115	
	Всего		168	

Расходы стоков определялись различными методами – по расходомерам, производительности насосов, емкости сборников, на основании технологических регламентов, природоохранных документов, а также путем экспертных оценок лаборантов (после анализа стока), а также технологов.

Таблица 5 – Среднемесячные расходы сточных вод, поступающих на сооружения

Месяц	Расходы, м ³ /час		
	NH ₄ - сток	NO ₃ - сток	Общий расход
Январь	134	43	175
Февраль	117	50	170
Март	101	47	145
Апрель	99	50	145
Май	90	43	145
Июнь	167	40	175
Июль	174	42	150
Август	90	40	160
Сентябрь	90	46	170
Среднемесячное значение	112	46	158

На основании полученных данных, приведенных в таблице 2, следует, что основное количество загрязнений поступает на сооружения с NH₄-стоком. Пробы стоков периодически, 3 раза в смену, отбирались и анализировались в течение всего периода исследований с января по сентябрь включительно.

2.2 Анализ сырья поступающего на очистные сооружения

В таблице 6 указан состав токсичных веществ стока, поступающего на очистные сооружения, а так же воздействие на окружающую среду и организм человека.

Таблица 6 – Токсикологический анализ стоков

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	Воздействие на окружающую среду и организм человека
Нефтепродукты	3 – 4 (в зависимости от состава)	0,05 мг/дм ³	Повышение температуры поверхностного слоя воды. Накопление в донных осадках. Обеднение воды кислородом. Эндокринные нарушения.
Ортофосфорная кислота (H ₃ PO ₄)	2	0,4 мг/дм ³	Вызывает повреждение печени, дерматит, конъюнктивит. Вызывает этерификацию водоема.
Азот аммонийный (N-NH ₄)	3	0,3 мг/дм ³	«Вызывает повреждение печени, дерматит, конъюнктивит.
Азот нитритный (N-NO ₂)	3	0,02 мг/дм ³	Вызывает этерификацию водоема.
Азот нитратный (N-NO ₃)	2	9,1 мг/дм ³	Воздействие на сердечно-сосудистую систему. Обладают тератогенным и мутагенным действием. Снижение биологической ценности продукции. Нарушает функционирование экосистем» [33].
Фосфор	2	0,03 мг/дм ³	Способствует размножению сине-зеленых водорослей. Вызывает дерматологические заболевания, нарушение функции печени и почек.
Капролактam (C ₆ H ₁₁ NO)	3	10 мг/дм ³	«Умеренно опасное вещество по воздействию на организм. Вызывает дерматит. Горючее вещество» [27] [28].
Циклогексанол	3	0,5 мг/дм ³	Канцероген. Токсическое воздействие
Циклогексанон	3	0,06 мг/дм ³	
Сульфаты	3	500 мг/дм ³	Ухудшение состояния экосистем.

Качественный состав стоков, приходящих на очистку на стадию нитрификации, имеет следующие показания, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 – Качественный состав стоков, приходящих на очистку

Компонент	Значение, мг/л	Норма мг/л
Корпус 2022 – сток NH ₄		
Азот аммонийный	520.00	400.00
Азот нитратов N – NO ₃	319.00	100.00

Продолжение таблицы 7

ХПК	1690.00	340.00
Щелочность	111.00	50.00
Фосфор ортофосфатов	3.50	12.00
Капролактамы	273.00	0.78
Сульфат ион	360.00	500.00
Жесткость	3.90	7.00
Циклогексанон	2.30	20,00
Циклогексанол	1.00	20.00
pH	9.40	11.00
Взвешенные вещества	580.00	50.00

После прохождения очистки стоки имеют следующий состав, представленный в таблице 8 и 9.

В таблице 8 Приведено качество стоков после очистки с трубчатой аэрационной системой (до замены).

Таблица 8 – Качество стоков после очистки с трубчатой системой аэрации

Компонент	Значение, мг/л	Норма, мг/л
1	2	3
Азот аммонийный	33.00	6.00
Азот нитратов N – NO ₃	12.80	10.00
Азот нитритов N – NO ₂	1.10	1.00
Щелочность	13.30	50.00
Капролактамы	21.30	15.00
Сульфат ион	330.00	500.00
Жесткость	3.30	5.00
Циклогексанон	2.40	10,00
Циклогексанол	7.70	15.00
pH	8.70	8.50
БПК ₅	57.00	25.00
Взвешенные вещества	590.00	50.00
ХПК	995.00	300.00

В таблице 9 Приведено качество стоков после очистки с дисковой аэрационной системой (после замены).

Таблица 9 – Качество стоков после очистки с дисковой системой аэрации

Компонент	Значение, мг/л	Норма, мг/л
Азот аммонийный	27.00	6.00
Азот нитратов N – NO ₃	11.00	10.00
Азот нитритов N – NO ₂	0.92	1.00
Щелочность	11.00	50.00
Капролактam	18.00	15.00
Сульфат ион	307.00	500.00
Жесткость	3.30	5.00
Циклагексанон	2.40	10,00
Циклогексанол	6.70	15.00
pH	8.90	8.50
БПК ₅	48.00	25.00
Взвешенные вещества	384.00	50.00
ХПК	840.00	300.00

Ниже приведены требования к качеству очищенных сточных вод, поступающих в водооборотный цикл предприятия, а именно на ВОЦ – 8, цеха №38 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Требования норм качества очищенных стоков

Наименование показателя	Ед. измерения	Значение	Примечание
pH среды		8,1-8,4	
Аммоний-ион	мг/ дм ³	н/б 0,1	
Взвешенные вещества	мг/ дм ³	н/б 3,0	
Нитрат-анион	мг/ дм ³	н/б 3,0	
Нитрит-анион	мг/ дм ³	н/б 0,09	
Железо Fe	мг/ дм ³	н/б 0,34	
Уд. Электропроводность при 250°С	мкСм/см	н/б 390,0	минерализация205 мг/л
Фосфаты (по фосфору)	мг/ дм ³	н/б 0,1	
Хлориды	мг/ дм ³	н/б 34,0	
Сульфаты	мг/ дм ³	н/б 60,0	
Магний	мг/ дм ³	н/б 12,0	
SiO ₂	мг/ дм ³	н/б 6,2	
ХПК	мгО ₂ / дм ³	н/б 30,0	
БПК полн.	мгО ₂ /дм ³	н/б 9,0	
Щелочность общ.	Мг-экв/дм ³	1,4-2,1	
Жесткость общ.	Мг-экв/ дм ³	н/б 3,3	
Са	мг-экв/ дм ³	н/б 2,1	
Микробиологическая загрязнённость (RLU)		н/б 1000	

Ниже в таблице 11 приведены исходное сырье, материалы, полупродукты, поступающие на очистные сооружения.

Таблица 11 – Исходное сырье, материалы, полупродукты, поступающие на очистные сооружения

Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Источник поступления	Регламентируемые показатели	Норматив
Аммоний содержащий сток	«цех №25 получения сульфата аммония цех №37 получения капролактама цех №24 получения капролактама цех №3 получения аммиачной селитры» [11]	рН	н/б 11
		N-NH ₄	н/б 400 мг/дм ³
		N-NO ₃	н/б 100 мг/дм ³
		Сульфаты	н/б 500 мг/дм ³
		Капролактама	н/б 0.78 мг/дм ³
		Взвешенные вещества	н/б 300 мг/дм ³
		БПК ₅	н/б 200 мг О/дм ³
Нитрат содержащий сток	«цех №38 получения гидросиламин-сульфата цех №23 получения 2баланс2626мость26бой соды цех №24 получения капролактама цех №37 получения капролактама цех №22 получения циклогексанона цех №35 получения циклогексанона» [31]	рН	н/м 2
		N-NH ₄	н/б 20 мг/дм ³
		N – (NO ₃ + NO ₂)	доза в течение 2-х часов не более 3000, среднее 1660 мг/дм ³
		ХПК	н/б 10000 мг/дм ³
		Капролактама	н/б 100 мг/дм ³
		Циклогексанол	н/б 20 мг/дм ³
		Циклогексанон	н/б 20 мг/дм ³
		Смолы	н/б 100 мг/дм ³
		Взв.вещества	н/б 300 мг/дм ³
Водно-щелочной сток	«цех №35 получения циклогексанона» [11]	-	По требованиям технологического регламента 200000 - 350000 мг О ₂ /л
Ортофосфорная кислота (НЗРО ₄)	ГОСТ 10678-76 или аналог	-	массовая доля ортофосфорной кислоты не менее 73 %
Содовый раствор	«цех №23 получения кальцинированной соды» [30]	-	массовая доля общей щелочности в пересчете на углекислый натрий 5÷10 %
Углекислый газ	производство аммиака АМ-70 цеха №11	-	Давление 0,2±0,69 кгс/см ² объемная доля СО ₂ н/м 97 %
Воздух КИПиА	Цех 35	-	Давление 0,35±0,7 МПа

2.3 Анализ влияния температуры, рН и количества кислорода на очистку сточных вод

«Температура очищаемых сточных вод – важнейший фактор, воздействующий на растворимость химических веществ, скорость химических реакций, скорость изъятия загрязняющих веществ при механическом отстаивании, интенсивность обмена веществ у организмов активного ила, потребление растворенного кислорода, а, следовательно, в целом на эффективность процесса очистки» [15].

Процессы нитрификации напрямую зависят от температуры очищаемых сточных вод. Для поддержания удовлетворительной нитрификации оптимальная температура должна быть в диапазоне 20/25 °С. При 9 °С скорость нитрификации существенно снижается, а при 6 °С прекращается. При прочих, благоприятных для нитрификации, условиях в зимнее время ее активность снижается на 10 %. «В диапазоне температур от 15 до 35 °С нитрификация удовлетворительна и ее интенсивность нарастает с повышением температуры до 35 °С. При температуре более 37 °С скорость нитрификации также снижается в связи с уменьшением содержания в воде растворенного кислорода» [19].

«Скорость процесса денитрификации непрерывно возрастает при повышении температуры сточных вод вплоть до 36 °С. Поэтому при наличии денитрификации во вторичных отстойниках, вынос взвешенных веществ из них в летний период может существенно возрасти, когда сточные воды хорошо прогреваются и денитрификация активизируется» [16].

Величина и стабильность рН в сточных водах – важный контролируемый показатель эффективности биологической очистки. От величины рН зависит сила токсического действия на активный ил загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, а также благополучие жизнедеятельности организмов активного ила, агрессивное действие сточных вод на металлобетонные конструкции очистных сооружений.

«Для удовлетворительной работы активного ила необходима реакция среды 6,5/8,6. Оптимальные значения рН сточных вод способствуют процессу хлопьеобразования и обеспечивают удовлетворительные седиментационные характеристики активного ила. Понижение величины рН сточных вод приводит к снижению интенсивности обмена у бактерий, дефлокуляции и плохой осаждаемости активного ила, а при падении рН ниже 5,0 бактерии могут антагонистически вытесняться грибами. Увеличение рН приводит к повышению интенсивности обмена у активного ила, а при сильнощелочной среде ($\text{pH} > 9,5$) клетки активного ила гибнут» [17].

«Критической концентрацией растворенного кислорода считается $0,2 \text{ мг/дм}^3$, вполне удовлетворительной для микроаэрофилов – $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Однако активный ил не терпит залежей и при малейшем застое, по причине нарушения массообмена в хлопьях, он начинает гибнуть от собственных метаболитов. Поэтому предусмотренные нормы на содержание растворенного кислорода предполагают обеспечение интенсивного перемешивания иловой смеси с целью ликвидации залежей ила» [18].

Подача воздуха обеспечивает несколько процессов, происходящих с активным илом: дыхание организмов, перемешивание иловой смеси, удаление метаболитов, хемоокисление загрязняющих веществ.

Выводы по разделу

В данном разделе рассмотрены характеристики сточных вод, образующихся на предприятии. «Описаны объемы и виды загрязняющих веществ, попадающих в воду в процессе производства. В работе описана схема очистки сточных вод, поступающих с линии КСП.

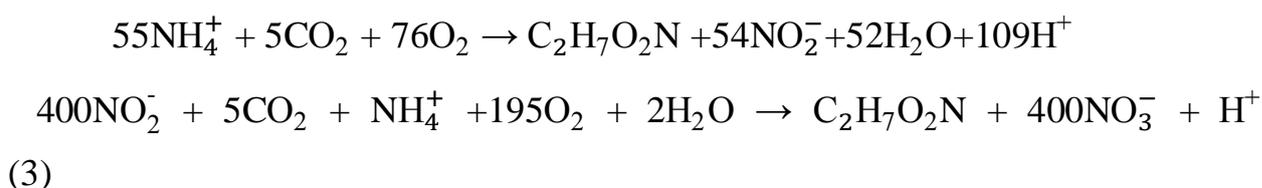
Рассмотрен регламент очистки стоков методом нитрификации, поступающих по трубопроводу К-7» [35].

3 Разработка технического решения для улучшения очистки сточных вод

Насыщение «воды кислородом – основа любого биологического процесса очистки сточных вод в очистных сооружениях.

Для надлежащей стабильной, а также надежной работы очистных сооружений необходимо создать очень комфортные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и бактерий, а именно поддерживать оптимальную или даже идеальную концентрацию растворённого кислорода и температуру стока» [8].

Так как процесс биологической очистки, а именно, в нашем случае нитрификации происходит по следующим формулам:



То, как видно из формул, для нормального протекания процесса нитрификации необходимо довольно большое количество кислорода, которое невозможно достичь естественным путем, а возможно только с применением аэрации.

Аэрация осуществляется путем подачи воздуха через аэраторы. Именно благодаря аэрации, при поступлении стоков происходит постепенное, плавное, образование хлопьев активного ила. В дальнейшем, на нём, активном иле, развиваются бактерии и микроорганизмы, которые его поглощают и тем самым перерабатывают сложные загрязняющие вещества в более простые.

Важно понять, что количество растворенного кислорода имеет огромное значение, как и интенсивность аэрации.

Для подтверждения важности количества растворенного кислорода в сточных водах для качества их очистки обратимся к труду Даниловича Дмитрия Александровича, кандидата технических наук, заместителя

исполнительного директора Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, эксперт-директора журнала «НДТ» Работа – Реализация технологий удаления азота и фосфора из сточных вод: роль проектирования и эксплуатации.

- «Концентрация растворенного кислорода является определяющим фактором реализации процессов нитрификации» [17];

- «Для реализации процесса нитрификации в ходе очистки сточных вод необходимо обеспечить требуемый кислородный режим (концентрация растворенного кислорода не должна быть ниже 2 мг/л)» [17].

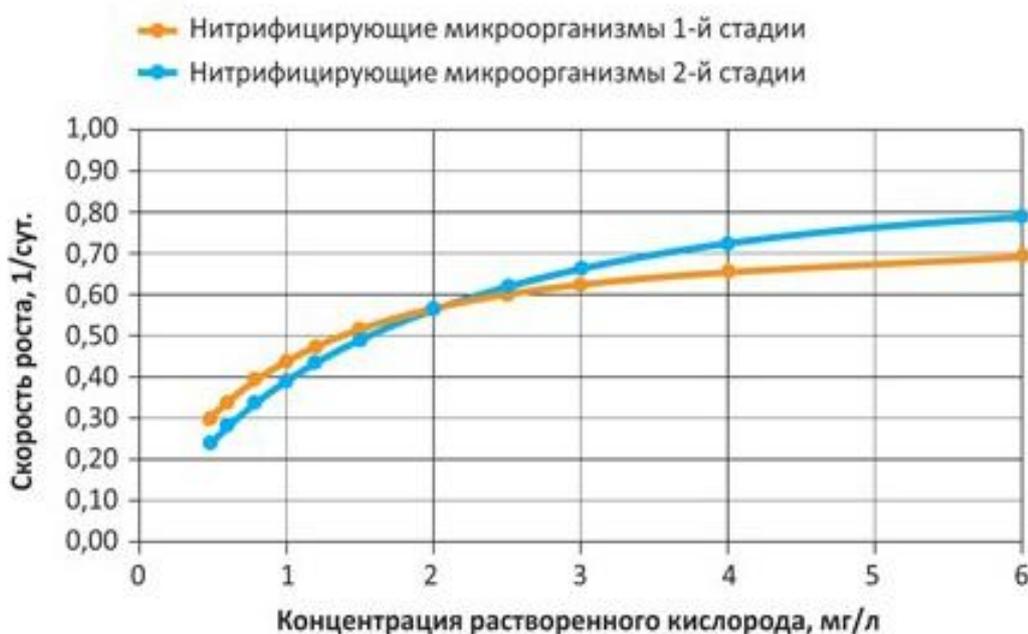


Рисунок 5 – «Зависимость скоростей роста нитрифицирующих микроорганизмов 1-й и 2-й стадий процесса нитрификации от концентрации растворенного кислорода» [19]

«На графике представлена зависимость скоростей роста нитрифицирующих микроорганизмов, которая показывает, что при концентрации растворенного кислорода на стадии нитрификации менее 2 мг/л,

скорость роста микроорганизмов 2-й фазы процесса нитрификации ниже, чем

скорости роста микроорганизмов, участвующих в окислении аммонийного азота до нитритов» [19]. В результате, в очищенной воде наблюдается превышение нитритов над проектными значениями. А при концентрации растворенного кислорода 0,5 мг/л и менее, рост нитрифицирующих микроорганизмов практически равен нулю. Вывод: для улучшения работы стадии нитрификации целесообразно произвести замену устаревшей системы аэрации на более производительную и экономичную. Замена аэрационной системы позволит повысить уровень насыщения кислородом, тем самым повысить очистку сточных вод от примесей азота аммонийного за счет более интенсивного окисления. Основные технические характеристики дисковых и трубчатых систем аэрации представлены в таблице 11.

3.1 Выбор аэратора

«При выборе аэратора как правило обычно учитывают следующие основные характеристики:

- массообменные характеристики;
- площадь, которую может обслужить один аэратор. Данная площадь зависит от площади мембраны и формы аэратора;
- удобство и простота монтажных работ;
- исходную, конкурентноспособную цену;
- материальные затраты по замене, обслуживанию, ремонту и прочее.

Количество подаваемого в аэрационную систему воздуха пропорционально степени использования кислорода воздуха для выбранного типа аэраторов. Высокая эффективность работы аэраторов – залог энергосбережения, а соответственно снижение эксплуатационных расходов» [20].

Раскладка аэрационных систем по площади днища аэротенка играет важную роль, так как именно такой способ раскладки позволяет обеспечить кислородом весь объём стоков.

Так, например, «однобокое продольное расположение аэраторов как правило вызывает интенсивную поперечную циркуляцию иловой смеси или

ее перемешивание, что очень существенно сокращает время контакта пузырьков воздуха с иловой смесью, поэтому воздух в составе отходящих газов содержит повышенное содержание кислорода» [21]-[22]. Раскладка аэраторов по всей ширине днища коридора не вызывает продольного перемешивания, а скорость всплытия пузырьков снижается практически втрое. Вместе с тем, условие поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии выполняется. Энергоэффективность аэрационных систем очень сильно зависит от способа раскладки аэраторов по площади днища аэротенка.

3.1.1 Обоснование выбора дискового аэратора

При выборе системы аэрации как правило учитывают множество характеристик. Основные из них перечислены в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительные характеристики дисковых и трубчатых систем аэрации

Характеристики	Дисковые аэраторы	Трубчатые аэраторы
Активная площадь	100%	32-35%
Большая площадь перекрытия днища	Да	Нет
Энергоэффективность	2,2–3,5 кг/(кВт·ч)	1,6–2,6 кг/(кВт·ч)
Работает по принципу обратного клапана	Да	Нет
Имеется возможность добавление числа аэраторов без разбора и конструктивных изменениях распределительной системы	Да	Нет
Регулирование работы при изменении качества стоков	Да	Нет
Размер пузырьков воздуха	1-3 мм	3-7
Возможность организации периодической аэрации	Да	Нет
Применение автоматизации регулировки подачи воздуха	Да	Нет
Срок службы	10-12	3-4

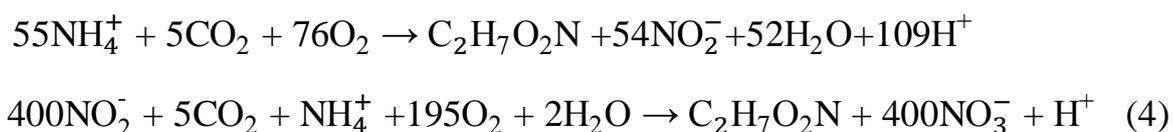
Изучив труд – численное моделирование свободного всплытия пузырька воздуха, выполненное Российским Федеральным Ядерным Центром – Всероссийским НИИ экспериментальной физики, г. Сарова я пришел к выводу что использование дисковых аэрационных систем более перспективно в плане

повышения содержания кислорода в установке стадии нитрификации, так как данная аэрационная установка мелкопузырчатая и размеры пузырьков воздуха при работе аэрационной системы составляют – 1 мм.

«Для пузырей $d = 5$ мм и 8 мм средняя скорость всплытия, равная 0,22 м/с и 0,21 м/с соответственно. Для пузырей диаметром $d = 1$ мм и 2,5 мм средняя скорость всплытия равна 0,1 м/с и 0,16 м/с соответственно» [1] – [7].

Соответственно, чем меньше размер пузырьков, тем они дольше остаются в культуральной жидкости и тем больше кислорода растворяется в ней.

Из этого можно сделать вывод, что именно мелкопузырчатая система аэрации позволит создать высокую концентрацию растворенного кислорода в аэротенке и обеспечит стабильное протекание реакции нитрификации идущую по формуле:



Из данной формулы видно, что для нормального процесса необходимо большое количество кислорода, и только мелкопузырчатая система аэрации может в полной мере создать нужную концентрацию кислорода.

После изучения информации по системам аэрации и изучив предложенные на рынке системы выбор пал на производителя «Акваполимер», так как его аэраторы отвечают современным требованиям и имеют конкурентноспособную цену.

3.1.2 Общая характеристика и описание предлагаемой установки

«Дисковые мембранные аэраторы «Акваполимер» - самые современные разработки в области аэрационных систем. Данные мембранные аэраторы отвечают всем высоким требованиям современного, очень технологичного оборудования для очистки сточных вод. Данные мембранные аэраторы как правило имеют технологические характеристики на уровне лучших

аэраторов мировых производителей» [33]. Применение дискового аэратора является одним из самых удобных и востребованных способов насыщения воды кислородом. Воздух подаётся с помощью воздуходувки по трубопроводам и проходит через мембрану – специальный перфорированный материал, образуя мелкие пузырьки на поверхности воды, насыщая её кислородом. Основная функция дискового аэратора – насыщение кислородом сооружений очистки сточных вод.

Преимущества дискового мембранного аэратора «Акваполимер»:

- Равномерное образование пузырьков воздуха при полном диапазоне нагрузки;
- Высокая стойкость к УФ;
- Устойчивость к механическим повреждениям;
- Быстрый и простой монтаж;
- Обеспечение мелкопузырчатой аэрации;
- «Обеспечение равномерного и плавного перемешивания иловой смеси по всему объему аэротенка;
- Высокие массообменные характеристики;
- Повышение степени очистки сточных вод при одновременной экономии электроэнергии;
- Устойчивость к гидро- и аэродинамическим ударам;
- Химическая и коррозионная стойкость;
- Надежное закрытие пор при снятии давления воздуха в паузах аэрации предотвращает загрязнение и обрастание мембраны;
- Удобство и простота монтажа, а также замены элементов системы» [24].



Рисунок 6 – Дискový мембранный аэратор «Акваполимер»

Характеристики дискового аэратора представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристики дискового аэратора «Акваполимер»

Диаметр, мм	Активная поверхность (в рабочем состоянии)	Высота	Присоединительные размеры	Вес	Оптимальная нагрузка	Макс. Нагрузка
1	2	3	4	5	6	7
255-270 Материал мембраны силикон с ПТФЭ	0,006 м ² (0,15)	46 мм	А: Наружная резьба 3/4» В: Наружная резьба 1»	590 гр.	1-6 м ³ /час (1-9 м ³ /час)	8 м ³ /час (15 м ³ /час)
255-270	0,11 м ²	46 мм	А: Наружная резьба 3/4» В: Наружная резьба 1»	560 гр.	1-5 м ³ /час	8 м ³ /час
350	0,15 м ²	46 мм	А: Наружная резьба 3/4» В: Наружная резьба 1»	850 гр.	3-8 м ³ /час	12 м ³ /час

3.1.3 Расчет системы аэрации

«Расчет системы заключается в определении количества аэраторов (если известна производительность каждого в отдельности), расстояния между ними и их расположение. Естественно, что количество воздуха будет зависеть от коэффициента его использования (в свою очередь, зависящего от

конструкции аэратора, режима его работы и гидродинамических условий), характера загрязнений, режима работы» [7].

Согласно «Спецификация на основное технологическое оборудование и технические устройства» в цехе используется нитрификатор со следующими параметрами:

- Длина – 36 м;
- Ширина секции- 13.5 м;
- Ширина коридора – 4,5 м;
- Рабочая глубина – 4.4 м;
- Рабочий объем – $2140 \times 3 = 6420 \text{ м}^3$.

«Принимаем дозу активного ила в аэротенке $a_i = 2,0-4,5 \text{ г/л}$ и первоначальное значение илового индекса. Иловый индекс оценивает способность ила к оседанию и представляет собой объем активного ила после отстаивания в течение 30 мин иловой смеси объемом 100 мл, отнесенный к 1 г сухого вещества ила» [29]. При нормальном состоянии активного ила его иловый индекс имеет величину 60-150 $\text{см}^3/\text{г}$. Принимаем $J_i=100 \text{ см}^3/\text{г}$.

Рассчитаем степень рециркуляции активного ила:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \quad (5)$$

$$R_i = \frac{3}{\frac{1000}{100} - 3} = \frac{3}{7} = 0.43 \quad \dots$$

(6)

Определим БПК_{полн}, поступающей в аэротенк сточной воды с учетом разбавления L_{mix} по формуле:

$$L_{\text{mix}} = \frac{L_{en} + L_{er} \cdot R_i}{1 + R_1} \text{ МГ/Л.} \quad (7)$$

$$L_{\text{mix}} = \frac{400 + 20 \cdot 0.43}{1 + 0.43} = \frac{408.6}{1.43} = 285.73 \text{ мг/л.} \quad (8)$$

Рассчитаем продолжительность обработки воды в аэротенке:

$$t_{\text{atv}} = \frac{2.5}{\sqrt{a_i}} \cdot \lg \frac{L_{\text{mix}}}{L_{\text{ex}}}, \text{ ч} \quad (9)$$

$$t_{\text{atv}} = \frac{2.5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{285.73}{20} = 1.44 \cdot 1.15 = 1.65 \text{ ч} \quad (10)$$

Рассчитываем дозу активного ила в регенераторе a_r :

$$a_r = a_i \cdot \frac{1}{2 \cdot R_i} + 1, \text{ г/л.} \quad (11)$$

$$a_r = 3 \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.43} + 1 = 3 \cdot \frac{1}{0.86} + 1 = 4.48, \text{ г/л.} \quad (12)$$

Рассчитываем удельную скорость окисления ρ по формуле при дозе активного ила a_r :

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{L_{\text{ex}} \cdot C_0}{L_{\text{ex}} C_0 + K_i C_0 + K_0 L_{\text{ex}}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}, \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}} / (\text{г} \cdot \text{ч}) \quad (13)$$

где ρ_{max} – максимальная скорость окисления органических загрязнений, мг БПК_{полн} / (г·ч). Выбираем по таблице для азотных заводов – $\rho_{\text{max}} = 140$ мг.

K_i – константа характеризующая свойства загрязнений мг БПК_{полн} /л (выбираем по таблице для азотной промышленности – $K_i = 6$);

K_0 – константа характеризующая влияние кислорода, мг O_2 /л (выбираем по таблице для азотной промышленности – $K_0 = 2.4$);

φ – коэффициент ингибирования л/г (выбираем по таблице для азотной промышленности $\varphi = 1.11$);

C_0 – концентрация растворенного кислорода, мг/л, (2 мг/л).

$$\rho = 140 \frac{20 \cdot 2}{20 \cdot 2 + 6 \cdot 2 + 2.4 \cdot 20} \cdot \frac{1}{1 + 1.1 \cdot 3} = 12.88 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}} / (\text{г} \cdot \text{ч}) \quad (14)$$

Определяем общую продолжительность окисления органических загрязнений t_o :

$$t_o = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i \cdot a_r \cdot (1-s) \cdot \rho}, \text{ ч} \quad (15)$$

где s – зольность активного ила (по таблице – 0,3) (по техрегламенту не более 0,35)

$$t_o = \frac{400-20}{0.43 \cdot 4.48 \cdot 0.7 \cdot 12.88} = \frac{80}{17.36} = 4.61 \text{ ч} \quad (16)$$

Определяем продолжительность регенерации t_r :

$$t_r = t_o - t_{atv}, \text{ ч} \quad (17)$$

$$t_r = 4,61 - 1,65 = 2,96 \text{ ч} \quad (18)$$

Определяем продолжительность пребывания в системе аэротенк–регенератор t_{a-r} :

$$t_{a-r} = (1+R_i) \cdot t_{atv} + R_i \cdot t_r, \text{ ч.} \quad (19)$$

$$t_{a-r} = (1 + 0,43) \cdot 1,65 + 0,43 \cdot 2,96 = 3,63 \text{ ч.} \quad (20)$$

Рассчитываем среднюю дозу активного ила в системе аэротенк – регенератор $a_{i \text{ mix}}$:

$$a_{i \text{ mix}} = \frac{(1+R_i) \cdot t_{atv} \cdot a_i + R_i \cdot t_r \cdot a_r}{t_{a-r}}, \text{ г/л.} \quad (21)$$

$$a_{i \text{ mix}} = \frac{(1+0.43) \cdot 1.65 \cdot 3 + 0.43 \cdot 2.96 \cdot 4.48}{3.63} = \frac{12.77}{3.63} = 7.65, \text{ г/л} \quad (22)$$

Рассчитывается нагрузка на активный ил q_i :

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{i\text{ mix}}(1-s)t_{a-r}}, \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}} / (\text{г} \cdot \text{сут}) \quad (23)$$

$$q_i = \frac{24 \cdot (400 - 20)}{7.65 \cdot (1 - 0.3) \cdot 3.63} = \frac{9120}{19.44} = 469.14 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}} / (\text{г} \cdot \text{сут}) \quad (24)$$

«Проверяем соответствие илового индекса J_i полученной нагрузке q_i . Иловый индекс не отличается от табличного значения более чем на 10 %, следовательно, выбранное значение илового индекса соответствует полученной нагрузке» [10].

Рассчитываем прирост активного ила P_i по формуле

$$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{cdp}} + K_g \cdot L_{\text{en}}, \text{ мг/л} \quad (25)$$

где C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, мг/л; По результатам анализа концентрация взвешенных веществ 580 мг/л;

K_g – коэффициент прироста.

$$P_i = 0.8 \cdot 580 + 0.3 \cdot 400 = 464 + 120 = 584 \text{ мг/л} \quad (26)$$

Определяем растворимость кислорода в воде C_a :

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20.6}\right) \cdot C_T, \text{ мг/л} \quad (27)$$

где h_a – рабочая глубина погружения аэратора аэратора, м ($h_a = H_{\text{at}} - 0.3$);

H_{at} – рабочая глубина аэротенка, м $H_{\text{at}} = 4.4$ м;

C_T – растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры и давления, мг/л. Принимаем по таблице 5 мг/л.

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20.6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4.1}{20.6}\right) \cdot 5 = 6 \text{ мг/л} \quad (28)$$

Рассчитаем удельный расход воздуха q_{air}

$$q_{\text{air}} = \frac{q_0(L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_t K_3 (C_a - C_0)}, \text{ м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3 \quad (29)$$

где q_0 – удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК_{полн}, принимаемый при очистке до БПК_{полн} 15-20 мг/л – 1,1;

L_{ex} – БПК_{полн} сточной воды на выходе из аэротенка, мг/л. При полной биологической очистке составляет 15 – 20 мг/л;

L_{en} – БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной воды, мг /л; $L_{\text{en}} = 400$ мг/л;

K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации, принимается в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка $f_{\text{az}}/f_{\text{at}}$ по таблице для мелкопузырчатой принимаем 0.1 соответственно $K_1 = 1.47$;

K_2 – коэффициент, зависмый от глубины погружения аэраторов и принимаемый по таблице при $h_{\text{at}} = 4.1$ принимаем $K_2 = 2.56$;

K_3 – коэффициент качества воды. Для промышленного предприятия принимаем как $K_3 = 0,7$;

K_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, который следует определять по формуле:

$$K_T = 1 + 0,02(TW - 20) \quad (30)$$

где T_w – среднемесячная температура воды за летний период, °С; $T_w = 40$ °С

$$K_T = 1 + 0,02(40 - 20) = 1.4 \quad (31)$$

$$q_{\text{air}} = \frac{1,1 (400 - 20)}{1,47 \cdot 2,56 \cdot 1,4 \cdot 0,7 (6 - 2)} = \frac{418}{14,75} = 28,34, \text{ м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3 \quad (32)$$

Определяем среднюю интенсивность аэрации J_a по формуле, при этом в формулу подставляется продолжительность пребывания сточной воды в системе аэротенк – регенератор t_{a-r} .

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{a-r}}, \text{ м}^3 (\text{м}^2/\text{ч}) \quad (33)$$

$$J_a = \frac{28.34 \cdot 4.4}{3.63} \frac{124.696}{3.63} = 34.35 \text{ м}^3 (\text{м}^2/\text{ч}) \quad (34)$$

Дозу ила, поступающего в регенератор из вторичного отстойника a_{reg} , г/л, находят из следующего уравнения:

$$a_{reg} = \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) a_i, \text{ г/л} \quad (35)$$

$$a_{reg} = \left(\frac{1}{2 \cdot 0.43} + 1 \right) \cdot 3 = 6.48 \text{ г/л} \quad (36)$$

Определяем объем циркулирующего активного ила U , м^3 . Расчет производится по формуле:

$$U = \frac{a_i \cdot Q \cdot R}{a_{reg}}, \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (37)$$

где Q – расход сточных вод, $\text{м}^3 / \text{ч}$. (Так стоки в цех 39 подаются по 2 трубопроводам с расходами $70 \text{ м}^3 / \text{ч}$ и $150 \text{ м}^3 / \text{ч}$. В нашем случае в нитрификатор поступают аммоний содержащие стоки NH_4 в количестве $150 \text{ м}^3 / \text{ч}$).

$$U = \frac{3 \cdot 150 \cdot 0.43}{6.48} = \frac{1193,5}{6.48} = 30.23 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (38)$$

БПК_{полн} сточных вод с иловой смесью в аэротенке S_{cm} , мг $\text{O}_2/\text{л}$, устанавливают по формуле:

$$S_{\text{см}} = \frac{L_{\text{ex}} \cdot Q + L_{\text{en}} \cdot Q}{Q + U} \text{ мг O}_2/\text{л} \quad (39)$$

$$S_{\text{см}} = \frac{400 \cdot 150 + 20 \cdot 150}{150 + 30,23} = \frac{63000}{180,23} = 349,55 \text{ мг O}_2/\text{л} \quad (40)$$

Определяем суточное количество образующегося ила (конструктивный обмен) составляет:

$$I = q (Q + QR) \frac{L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}}{1000} \text{ кг O}_2/\text{сут} \quad (41)$$

где g – дополнительное количество ила, образующегося на единицу количества стоков.

$$I = 0,8 \cdot (150 + 150 \cdot 0,43) \cdot \frac{400 - 20}{1000} = 0,8 \cdot 214,50 \cdot 0,38 = 65,21 \text{ кг O}_2/\text{сут} \quad (42)$$

$$V_{\text{возд}}^{\text{н.у.}} = \frac{85,57 \cdot 100\%}{5\%} = 1711,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (43)$$

Число аэраторов $N_{\text{ма}}$ для аэротенков определять по формуле:

$$N_{\text{ма}} = \frac{q_0 (L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}) w_{\text{ат}}}{1000 \cdot K_3 \cdot K_t \left(\frac{C_a - C_0}{C_a} \right) \cdot Q_{\text{ма}}} \quad (44)$$

$$N_{\text{ма}} = \frac{1,1 (400 - 20) \cdot 6420}{1000 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \left(\frac{6 - 2}{6} \right) \cdot 1,41} = \frac{2683560}{926} = 2898 \text{ шт.} \quad (45)$$

3.1.4 Материальный баланс нитрификатора

Так стоки в цех 39 подаются по 2 трубопроводам с расходами $70 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $150 \text{ м}^3/\text{ч}$. В нашем случае на нитрификатор поступают аммоний содержащие стоки NH_4 в количестве $150 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$Q_{\text{ст.в}} = 150 \text{ м}^3/\text{ч} = 150\,000 \text{ кг/ч} \quad (46)$$

Определяем количество циркулирующего ила, подаваемого в аэротенк, по формуле:

где R_i – степень рециркуляции активного ила при самотечном удалении иловой смеси (получена при расчетах нитрификатора – 0,43 (смотри формулу 5)).

$$G_{\text{и.ц}} = 150000 \cdot 0,43 = 64500 \text{ кг /ч} \quad (47)$$

Определим количество активного ила по сухому остатку по формуле:

$$G_{\text{сух}} = G_{\text{и.ц}} \cdot \frac{G_{\text{и}}}{1000} \text{ кг /час} \quad (48)$$

где $G_{\text{и}}$ – концентрация ила в смеси, кг/м^3 . Концентрация ила в смеси равна 8 кг/м^3 .

$$G_{\text{сух}} = 64500 \cdot \frac{8}{1000} = 64500 \cdot 0,008 = 5160 \text{ кг /час} \quad (49)$$

Определим количество воды в смеси, поступающей в аэротенк, по формуле:

$$G_{\text{вод}} = G_{\text{и.ц}} - G_{\text{сух}}, \text{ кг /ч} \quad (50)$$

$$G_{\text{вод}} = 64500 - 5160 = 59340 \text{ кг /ч} \quad (51)$$

Определим прирост активного ила по формуле:

$$P_i = \sum C_i^{\text{Вх}} - \sum C_i^{\text{Вых}} \quad (52)$$

где $\sum C_i^{\text{Вх}}$ – суммарное содержание загрязняющих веществ на входе в аэротенк, кг/ч ;

$\sum C_i^{\text{Вых}}$ – суммарное содержание загрязняющих веществ на выходе из аэротенка, кг/ч.

Определение часовых расходов загрязняющих веществ

Зная часовой расход стоков, поступающих в нитрификатор – $Q = 150\text{ м}^3/\text{ч}$, а также концентрацию загрязняющих веществ до очистки в нитрификаторе и после рассчитаем количество веществ на входе и на выходе. Данные берутся из таблицы 7 и 8.

Расход загрязняющих веществ в сточной воде на входе определим по формуле:

$$Q_{з.з.} = K_{а.а.} \cdot Q_{ст.в} \cdot 10^{-6} \quad (53)$$

где $Q_{з.з.}$ – расход загрязняющих веществ, кг /ч;

$K_{а.а.}$ концентрация загрязняющих веществ, мг/л;

$Q_{ст.в}$ – расход загрязнённых стоков, $Q_{ст.в} = 150\text{ м}^3/\text{ч} = 150\,000\text{ кг/ч}$;

10^{-6} – перевод мг содержащихся веществ в килограммы.

Находим расход азота аммонийного в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{а.а.вх} = 520 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 78\text{ кг/ч.} \quad (54)$$

Находим расход азота нитратного в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{а.нитрат.вх} = 319 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 47.85\text{ кг/ч.} \quad (55)$$

Находим расход взвешенных веществ загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{в.в.вх} = 580 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 87\text{ кг/ч.} \quad (56)$$

Находим расход капролактама в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{капр.вх}} = 273 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 40.95 \text{ кг/ч} \quad (57)$$

Находим расход сульфат ион в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{сульф.вх}} = 360 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 54 \text{ кг/ч} \quad (58)$$

Находим расход азота аммонийного в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{а.а.вых}} = 27 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 4,05 \text{ кг/ч} \quad (59)$$

Находим расход азота нитратного в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{а.нитрат.вых}} = 11 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 1.65 \text{ кг/ч} \quad (60)$$

Находим расход взвешенных веществ загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{в.в.вых}} = 500 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 75 \text{ кг/ч} \quad (61)$$

Находим расход капролактама в загрязнённой сточной воде на выход

$$Q_{\text{капр.вых}} = 18 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 2.70 \text{ кг/ч} \quad (62)$$

Находим расход сульфат ион в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{сульф.вых}} = 307 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 46.05 \text{ кг/ч} \quad (63)$$

Данные расчетов с указанием загрязняющих веществ в составе сточных вод приведены в таблице 14.

Таблица 14 – «Количество загрязняющих веществ на входе и выходе в аэротенк» [26]

Наименование веществ	«Количество ЗВ в составе сточных вод на входе в аэротенк, кг/ч» [7]	«Количество ЗВ в составе сточных вод на выходе из аэротенка, кг/ч» [7]
1	2	3
Азот аммонийный	77.00	4.07
Азот нитратов	47.85	1.64
Капролактam	40.95	2.70
Взвешенные вещества	88.00	74.00
Сульфат ион	54.00	46.05
Итого	307.80	139.32

Используя формулу 52 и данные таблицы 14, определим величину прироста активного ила:

$$P_i = 307.80 - 139.45 = 168.35 \quad (64)$$

Рассчитаем материальный 4баланс загрязняющих веществ на входе и на выходе нитрификатора.

Рассчитаем общее количество сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, которые поступают на вход в нитрификатор:

$$Q_{\text{общ.ст}} = Q + Q_{\text{а.а.вх}} + Q_{\text{а.нитрат.вх}} + Q_{\text{в.в.вх}} + Q_{\text{капр.вх}} + Q_{\text{сульф.вх}} + G_{\text{и.ц}} \quad (65)$$

$$Q_{\text{общ.ст}} = 150000 + 78 + 47.85 + 87 + 40.95 + 54 + 64500 = 214807.8 \text{ Кг/ч} \quad (66)$$

Принимаем расход $Q_{\text{общ.ст}} = 214807.8$ за 100%.

Рассчитаем процентное соотношение воды сточной на входе:

$$Q_{\text{в.сточн}} = \frac{q}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (67)$$

$$Q_{\text{в.сточн}} = \frac{150000}{214807.8} = 69.8300 \% \quad (68)$$

Расчитаем процентное соотношение азота аммонийного на входе:

$$Q_{\text{а.а.вх}} = \frac{Q_{\text{а.а.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100 \quad (69)$$

$$Q_{\text{а.а.вх}} = \frac{78}{214807.8} \cdot 100 = 0.0363 \% ; \quad (70)$$

Расчитаем процентное соотношение азота нитратного на входе:

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{Q_{\text{а.нитрат.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (71)$$

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{48.85}{214807.8} \cdot 100 = 0,0223 \% \quad (72)$$

Расчитаем процентное соотношение капролактама на входе:

$$Q_{\text{капр.вх}} = \frac{Q_{\text{капр.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (73)$$

$$Q_{\text{капр.вх}} = \frac{40.95}{214807.8} \cdot 100 = 0.0190 \% \quad (74)$$

Расчитаем процентное соотношение взвешенных веществ на входе:

$$Q_{\text{в.в.вх}} = \frac{Q_{\text{в.в.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (75)$$

$$Q_{\text{в.в.вх}} = \frac{87}{214807.8} \cdot 100 = 0.0405 \% \quad (76)$$

Расчитаем процентное соотношение сульфат ион на входе:

$$Q_{\text{сульф.вх}} = \frac{Q_{\text{сульф.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (77)$$

$$Q_{\text{сульф.вх}} = \frac{54}{214807.8} \cdot 100 = 0.0251\% \quad (78)$$

Расчитаем процентное соотношение активного ила на входе:

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{G_{\text{и.ц}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (79)$$

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{64500}{214807.8} \cdot 100 = 29.8009\% \quad (80)$$

Расчитаем процентное соотношение воды сточной на выходе:

$$Q_{\text{в.сточн.вых}} = \frac{Q}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (81)$$

$$Q_{\text{в.сточн.вых}} = \frac{150000}{214807.8} = 69.8300\% \quad (82)$$

Расчитаем процентное соотношение азота аммонийного на выходе:

$$Q_{\text{а.а.вых}} = \frac{Q_{\text{а.а.вых}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100 \quad (83)$$

$$Q_{\text{а.а.вх}} = \frac{4.0500}{214807.8} \cdot 100 = 0.0019\%; \quad (84)$$

Расчитаем процентное соотношение азота нитратного на выходе:

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{Q_{\text{а.нитрат.вых}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (85)$$

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{1.65}{214807.8} \cdot 100 = 0,0007 \% \quad (86)$$

Расчитаем процентное соотношение капролактама на входе:

$$Q_{\text{капр.вых}} = \frac{Q_{\text{капр.вых}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (87)$$

$$Q_{\text{капр.вх}} = \frac{2.7}{214807.8} \cdot 100 = 0.0013 \% \quad (88)$$

Расчитаем процентное соотношение взвешенных веществ на входе:

$$Q_{\text{в.в.вых}} = \frac{Q_{\text{в.в.вых}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (89)$$

$$Q_{\text{в.в.вх}} = \frac{75}{214807.8} \cdot 100 = 0.0349 \% \quad (90)$$

Расчитаем процентное соотношение сульфат ион на входе:

$$Q_{\text{сульф.вых}} = \frac{Q_{\text{сульф.вых}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (91)$$

$$Q_{\text{сульф.вх}} = \frac{54}{214807.8} \cdot 100 = 0.0214\% \quad (92)$$

Расчитаем процентное соотношение активного ила на входе:

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{G_{\text{и.ц}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (93)$$

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{64500}{214807,8} \cdot 100 = 29.8009 \% \quad (94)$$

Расчитаем процентное соотношение воздуха на выходе:

$$Q_{\text{возд}} = Q_{\text{ст.в}} \cdot q_{\text{air}} \quad (95)$$

$$Q_{\text{возд}} = 150\,000 \cdot 28,34 \cdot 10^{-3} = 4251 \text{ кг/ч} \quad (96)$$

Для лучшего восприятия сведем 50аланс материального 50аланс50 в таблицу. Материальный 50аланс нитрификатора представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Материальный 50аланс нитрификатора

Приход	Кг/ч	%	№ п/п	Расход	Кг/ч	%
2	3	4	5	6	7	8
Общие стоки	214807,8	100	1	Сточная вода	214807,8	100
Вода сточная	150000	69,8300	2	Вода	145927,3500	67,9339
Азот аммонийный	78,0000	0,0363	3	Азот аммонийный	4,0500	0,0019
Азот нитратов	47,8500	0,0223	4	Азот нитратов	1,6500	0,0007
Взвешенные вещества	87,0000	0,0405	5	Взвешенные вещества	75,0000	0,0349
Сульфат ион	54,0000	0,0251	6	Сульфат ион	46,0500	0,0214
Капролактам	40,9500	0,0190	7	Капролактам	2,7000	0,0013
Активный ил	64500	29,8009	8	Активный ил	64500	29,8009
-	-	-	9	Воздух	4251,0000	2,0124
Итого	214807,8	100		Итого	214807,8	100

3.1.5 Тепловой баланс нитрификатора

«Рассчитаем также тепловые потери, возникающие в процессе очистки сточных вод в аэротенке. Сточные воды поступают в аэротенк с температурой равной 40 °С, на выходе из него температура воды снижается до 35 °С» [41].

Входная температура контролируется электронным термометром, установленным на трубопроводе подачи стоков непосредственно в нитрификатор. Температуру на выходе замеряют аппаратчики спиртовым термометром, прошедшим поверку в цехе №20 (Цех КИПиА).

«Для определения теплоты, поступающей в аэротенк со сточной водой, используем формулу и данные материального баланса:

$$Q_{\text{прих}} = G_{\text{прих}} \cdot t \cdot C_p \text{ кДж/ч} \quad (97)$$

где C_p – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·°К;

t – температура поступающей сточной воды, °К;

$G_{\text{прих}}$ – количество поступающей сточной воды, кг/ч» [31].

Удельная теплоемкость воды принимается равной 4,18 кДж/кг·°К.

$$Q_{\text{прих}} = 150000 \cdot (40 + 273) \cdot 4,18 = 196251000 \text{ кДж/ч} \quad (98)$$

Для определения теплоты, выносимой со сточными водами из аэротенка, используем формулу:

$$Q_{\text{расх}} = G_{\text{вых}} \cdot t \cdot C_p \text{ кДж/ч} \quad (99)$$

где $G_{\text{вых}}$ – количество выходящей сточной воды, кг/ч.

$$Q_{\text{расх}} = 145927,35 \cdot (35 + 273) \cdot 4,18 = 187872707 \text{ кДж/ч} \quad (100)$$

Тепловые потери определим по следующей формуле:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}} \text{ кДж/ч} \quad (101)$$

$$Q_{\text{пот}} = 196251000 - 187872707 = 8378293 \text{ кДж/ч} \quad (102)$$

Для удобства восприятия сведем полученные расчеты теплового баланса в таблицу.

Тепловой баланс аэротенка представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Тепловой баланс аэротенка

Приход	кДж/ч	Расход	кДж/ч
Тепло, приходящее со сточной водой	196251000	Тепло, уходящее со сточной водой	187872707
		Потери	8378293
Итого	150459100	Итого	150459100

3.2 Технические мероприятия по модернизации отстойника

На данный момент времени в цехе № 39 законсервирован и не работает биореактор по очистке стоков.

«В биореакторах происходит снижение БПК, ХПК, азота аммонийного и других загрязнений. Основой доочистки остаточных загрязнений в промышленных стоках является процесс биологического разложения загрязнений на биопленке, которая образуется на пластиковой насадке. Кроме того, на биопленке формируются бактерии нитрификаторы, которые обеспечивают снижение азота аммонийного в сточной воде» [42], [43].

Данный биореактор – емкость открытого типа с полимерными воланами, одетыми на каркас и опущенными в воду. Так как из-за большого количества взвешенных веществ биоплёнка на насадках практически не образуется. Тем самым не достигается качество очистки, соответствующее нормам. Более того данные пластиковые воланы очень сильно обрастали илом и переставали выполнять свои прямые функции. Для устранения данных проблем в биореакторе были сделаны песчаные фильтры, но и это не решило проблемы, так как песчаные фильтры быстро забивались из – за большие количества взвешенных веществ в очищенной воде.

Одно из решений данной проблемы – уменьшение содержание взвеси из очищенного стока путем установки тонкослойных модулей в отстойники корпуса 2026, 2028, 2041.

Достоинства тонкослойных модулей

Тонкослойный модуль предназначен для первичного и вторичного

отстаивания осадков в ливневых канализациях, а также для очистки сточных вод на промышленных объектах.

Достоинства:

- повышение производительности, эффективности процесса очистки;
- повышение сроков эксплуатации;
- уменьшение общей площади резервуаров.

Для изготовления модулей как правило применяется стойкий к деформациям полистирол. Химическая стойкость применяемого пластика (Полипропилен с УФ-Стабилизаторами), низкий коэффициент трения, низкая степень адгезии к компонентам пульпы обеспечивают стабильный процесс удаления осадка с поверхности пластин. Конструкция устройства внешне представляет собой сборные сотоблоки из экструдированного профиля по технологии вакуумного формования. Такое строение позволяет: применять модуль в резервуарах любой площади и формы; производить незамедлительную сборку или замену системы на объекте; без осложнений менять угол наклона. Типовая схема работы тонкослойного модуля для отстойников заключается в следующем. В комбинированный канал распределения входящего потока под определённым углом как правило равный 60° или 55° помещается тонкослойный модуль и крепится опорными балками [44].

Сточные воды поступают в канал втока и попадают в узкое пространство между пластинами тонкослойного модуля, в результате чего частицы твердой фракции поступают в осадочную зону через сотоблоки и сливаются через канал удаления ила, а осветленные воды уходят в основной канал стока. Удаление ила может происходить самотёком или при дополнительном применении канализационного насоса – в варианте с напорным отведением осадка. Осаждение на тонкослойных модулях дает значительные преимущества в области разделения твердых веществ и жидкости, а также других суспензий.

Дооснащение существующих вторичных отстойников тонкослойными

блоками и насосами откачки ила позволит улучшить качество отделения ила от воды, что сократит вынос активной биомассы и повысит стабильность работы очистных сооружений.

Оборудование вторичных отстойников тонкослойными блоками позволит сократить вынос активного ила из отстойников на 60-95%.

Для снижения скорости движения воды во вторичных отстойниках, а также для улучшения показателей разделения ила предлагается рассмотреть следующие действия по реконструкции отстойников [44].

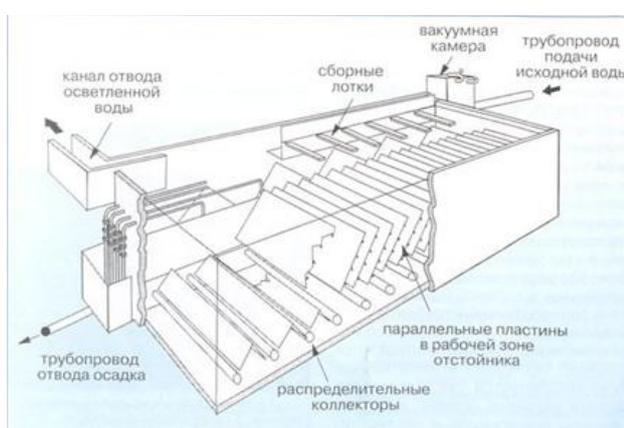


Рисунок 7 – Схема тонкослойного отстойника

Технические мероприятия по реконструкции отстойника представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Мероприятия по реконструкции отстойников

Мероприятие 1	Эффект 2
Изменение схемы подачи иловой смеси в отстойник	Организация подачи иловой смеси в нижнюю часть отстойника для увеличения времени пребывания воды
Установка тонкослойных блоков	Снижение поверхностной гидравлической нагрузки на отстойник, снижение скорости движения воды, улучшение отделения активного ила
Оборудование отстойника насосами рециркуляции иловой смеси	Отказ от эрлифтов (снижение расходов воздуха), обеспечение постоянной /периодической откачки ила – гибкость процесса

Использование тонкослойных модулей в составе отстойников позволяет сократить площадь, занимаемую оборудованием, в 2-5 раз. Сотовая конструкция блоков обеспечивает их высокую прочность при малой массе.

Расчет тонкослойных модулей

Технические характеристики отстойника нитрификации корпус 2026:

Размеры в плане – 18 х 6 м;

Рабочая глубина – 6,9 м;

Рабочий объем – 335 м³.

Технические характеристики тонкослойных модулей Самэнвиرو:

- Материал изготовления: Полипропилен с УФ стабилизаторами;
- Угол наклона: 60°;
- Высота блоков в сборе: 1500 мм;
- Площадь осаждающей поверхности на м³: 6,0 м²/м³*Н;
- Гидравлический радиус: 2,6 см;
- Расстояние между осаждающими профилями: 90 мм;
- Вес сухого модуля: 40 кг/м³;
- Рама для размещения тонкослойных модулей: Нержавеющая сталь AISI 304.

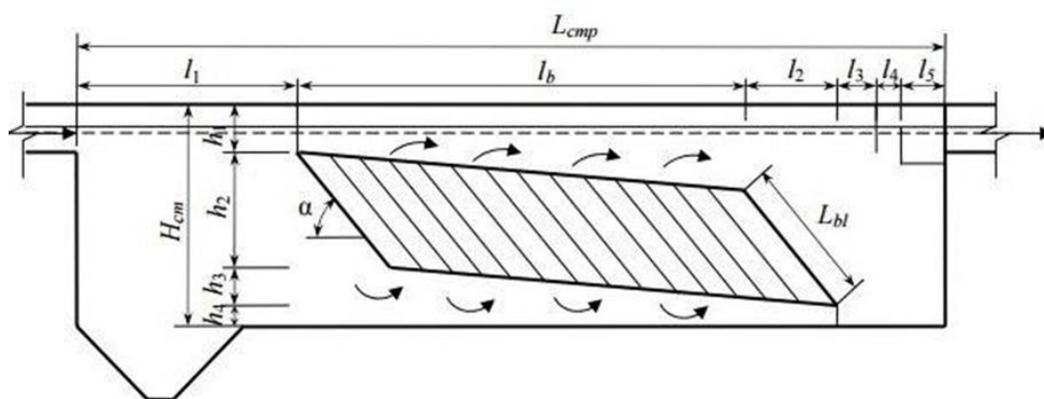


Рисунок 8 – Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы

Принятые исходными данными:

U_0 – гидравлическая крупность, задерживаемых частиц, 0,3 мм/с;

Глубина проточной части в отстойнике $H_{set} = 0,1$, м;

Коэффициент использования объема проточной части отстойника

$$K_{set} = 0,7.$$

Длина пластин тонкослойного блока должна составить

$$L_{bl} = \frac{V_w \cdot h_{ti}}{U_0} \cdot K_{dis}, \text{ м} \quad (103)$$

где h_{ti} – высота яруса равная $H_{set} = 0.1$ м;

V_w – скорость потока в ярусе по таблице 31 (5-10) мм/с;

K_{dis} , - коэффициент сноса выделенных частиц (при плоских пластинах $K_{dis} = 1,2$; при рифленых пластинах $K_{dis} = 1$).

$$L_{bl} = \frac{6 \cdot 0.1}{0.3} \cdot 1 = 2 \text{ м} \quad (104)$$

Назначается количество отделений отстойника, не менее двух, $n=5$ шт;

Ширина одного тонкослойного блока (секции отстойника) $B_{bl} = 2 - 6$ м;

Длина зоны тонкослойного отстаивания определяется по формуле:

$$L_b = \frac{q_w}{3.6 \cdot n \cdot K_{set} \cdot B_{bl} \cdot v_w}, \text{ м} \quad (105)$$

где q_w - максимальный часовой расход воды. Так как расчет идет для вторичного отстойника нитрификатора то расход стоков среднечасовой составляет $150 \text{ м}^3/\text{ч}$, максимальный – $200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$L_b = \frac{200}{3.6 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 0.7} = \frac{200}{151,2} = 1.32 \text{ м} \quad (106)$$

Находим общую расчетную длину отстойника по формуле:

$$L_{\text{стр}} = L_1 + L_{\text{bl}} + L_2 + L_3 + L_4 + L_5, \text{ м} \quad (107)$$

где L_1 - длина зоны выделения крупных примесей (приемной камеры), равная 1-1,5 м

$$L_3 = 0,3 \text{ метра};$$

$$L_4 = 0.05 - 0.1 \text{ м};$$

$$L_5 - 0.4 - 0.5 \text{ м};$$

$$L_2 = L_{\text{bl}} \cdot \sin (90 - \alpha) \quad (108)$$

где α – угол наклона пластины к горизонту, равный 45 - 60°.

$$L_2 = 2 \cdot \sin 30 = 1 \text{ м} \quad (109)$$

$$L_{\text{стр}} = 1 + 1 + 2 + 0,3 + 0,1 + 0,5 = 4,9 \text{ м} \quad (110)$$

Находим общую высоту отстойника

$$H_{\text{стр}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (111)$$

Где $h_1 \geq 0.6 \text{ м};$

$$h_3 = 0.2 - 0.5 \text{ м};$$

$$h_4 = 0.4 - 0.5 \text{ м}.$$

$$h_2 = L_{\text{bl}} \cdot \sin \alpha \quad (112)$$

$$h_2 = 2 \cdot \sin 60 = 1.72 \text{ м} \quad (113)$$

$$H_{\text{стр}} = 0,6 + 1.72 + 0,5 + 0,5 = 3,32 \quad (114)$$

Определяем количество осадка, удаляемого за сутки:

$$Q_{\text{mud}} = \frac{Q \cdot C \cdot \text{Э}}{(100 - P_{\text{mud}}) \gamma_{\text{mud}} 10^6} \quad (115)$$

где Q_{mud} – суточный расход сточных вод, м³/сут;

C - концентрация механических примесей в воде, 500 мг/л;

Э - эффект задержания осаждающихся примесей, 90 %;

P_{mud} – влажность осадка, 95%;

γ_{mud} – объемная масса частиц осадка, 2,65 т/м³.

$$Q_{\text{mud}} = \frac{3600 \cdot 500 \cdot 90}{(100 - 95) \cdot 2.65 \cdot 10^6} = \frac{162000000}{13250000} = 12.23 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (116)$$

Расход воды поступающий на следующее сооружение

$$Q = Q_{\text{сут}} - Q_{\text{mud}} = 3600 - 12.23 = 3587.77 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (117)$$

Таблица 18 - Эффект очистки после тонкослойного отстойника [45]

Показатель качества воды	$C_i^{\text{до}}$, мг/л	Э , %	$C_i^{\text{после}}$, мг/л
1	2	3	4
Взвешенные вещества	500	90	50
БПК _{полн}	400	0	400
Азот аммонийный	5,44	0	5,44
Азот нитритов N - NO ₂	285,809	0	285,809
Азот нитратов N – NO ₃	153.9032	0	153.9032
ХПК	215,9355	0	215,9355

Вывод: Модернизация вторичного отстойника тонкослойными модулями позволит снизить содержание взвешенных веществ на 90 процентов, что в свою очередь положительно скажется на дальнейшей очистке стоков.

3.3 Расчет материального баланса цеха 39

Схема материальных потоков представлена в приложении Д.

Проектная мощность всех установок биологической очистки цеха №39 (по проекту) составляет - 6072 м³ / сутки.

Материальные потоки всего цеха №39 представлены в таблице 19. Данные значения материальных потоков взяты из технологического регламента цеха №39 и являются оптимальными.

Нормы расхода основных видов сырья и энергоресурсов на технологическую схему очистки цеха №39 [46], [48].

Данные нормы расхода сырья, материалов и энергоресурсов, используемых на всех стадиях биологической очистки в цехе №39 взяты из технологического регламента и их количество, рассчитывается на 1000 м³ стоков, поступающих на очистку по всем стадиям цеха №39.

Таблица 19 – Материальные потоки всего цеха 39

Потоки процесса	N-NH ₄ , тонн/сутки	N-NO ₃ , тонн/сутки	ХПК, тонн/сутки	Расход м ³ /сутки
1	2	3	4	5
1	1.440	0.360	1.224	3600
2	1.440	0.360	1.224	3600
3	0.720	0.360	1.224	3715.281
4	0.01152	0.1152	-	384
5	0.216	2.160	-	7200
6	0.3159	3.1594	-	10531.281
7	0.0999	0.9994	-	3331.281
8	0.0494	4.1035	24.720	2472
9	0.0494	4.1035	24.720	2472
10	0.0494	2.4720	24.720	2791.16
11	0.1950	3.5161	25.575	9356.441
12	0.0015	0.0010	0.0499	116
13	0.2187	0.1480	7.0694	16440.441
14	0.0958	0.648	3.096	7200
15	0.1229	0.0832	3.9733	9240.441
16	0.1235	0.0836	3.9927	9285.441
17	0.0051	0.0038	0.1152	384

Продолжение таблицы 19

18	0.1005	0.0756	2.2680	7560
19	0.2189	0.1482	4.9384	16461.441
20	0.1184	0.0890	2.6704	8901.441
21	0.0319	0.024	0.720	2400
22	0.0865	0.0650	1.9504	6501.441
23	0.0390	0.0650	1.9504	6501.441
24	0.0390	0.0050	1.9504	6501.441
25	0.0067	0.0045	0.1500	500
26	0.0067	0.0005	0.1500	500
27	0.0027	0.0005	0.135	450
28	0.0027	0.00045	0.135	450
29	0.0003	0.0005	0.015	50
30	0.0003	0.0005	0.015	50
31	0.00027	0.00045	0.0135	45
32	0.00003	0.00005	0.0015	5
33	-	H ₂ O	атм.	4
34	-	Ил	подсуш.	1
35	-	CO ₂	газ	1060.56
36	-	H ₃ PO ₄	73%	0.081
37	-	Na ₂ CO ₃	сода 5%	115.2
38	-	CO ₂	газ	728.25
39	-	H ₃ PO ₄	73%	0.056
40	-	Na ₂ CO ₃	сода 5%	79.104
41	-	NaOH	ВЦС	240

В таблице 20 приведены нормативы расхода сырья для обработки стоков в количестве 1000 м³.

Таблица 20 – Нормативы расхода сырья на обработку 1000 м³ стоков

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода	
	В том числе по проекту	В том числе достигнутая (на данный момент)
Газ углекислый, ТУ 113-03-5761673-49-92, тм ³ /тм ³	0,15	0,15
Сода кальцинированная, плав цеха № 23 (в пересчете на 100 %), т/тм ³ [46]	0,988	0,32
Сода кальцинированная, плав цеха № 23 (натура) 10 %, тм ³ /тм ³	0,0988	0,032

Продолжение таблицы 20

Ортофосфорная кислота, ГОСТ 10678-76 или ТУ 2142-002-00209450-96 (в пересчете на 100 %), т/тм ³	0,0165	0,0165
Ортофосфорная кислота, ГОСТ 10678-76 или ТУ 2142-002-00209450-96 (натура) 73 %, т/тм ³	0,0494	0,0226
Электрoэнергия, кВт	13200,0	8700,0
Пар 5, т	-	11,8

Расходная часть материального баланса:

1) Рассчитаем расход газа углекислого

$$Q_{г. у} = \frac{0.15 \cdot 6072}{1000} = 0,91 \text{ [т/сут]} = 37.95 \text{ [кг/час]} \quad (118)$$

2) Рассчитаем расход соды кальцинированной 100 %

$$Q_{с. к} = \frac{0.32 \cdot 6072}{1000} = 1.94 \text{ [т/сут]} = 80.83 \text{ [кг/час]} \quad (119)$$

3) Рассчитаем расход соды кальцинированной 10 %

$$Q_{с. к} = \frac{0.032 \cdot 6072}{1000} = 0.194 \text{ [т/сут]} = 8.09 \text{ [кг/час]} \quad (120)$$

4) Рассчитаем расход кислоты ортофосфорной 100 %

$$Q_{к. о} = \frac{0.0165 \cdot 6072}{1000} = 0,101 \text{ [т/сут]} = 4.21 \text{ [кг/час]} \quad (121)$$

5) Рассчитаем расход кислоты ортофосфорной 73%

$$Q_{к. о} = \frac{0.0226 \cdot 6072}{1000} = 0.14 \text{ [т/сут]} = 5.83 \text{ [кг/час]} \quad (122)$$

6) Рассчитаем расход электроэнергии

$$Q_{\text{эл.}} = \frac{8700 \cdot 6072}{1000} = 52826.4 \text{ [кВт/сут]} = 2021.1 \text{ [кВт/час]} \quad (123)$$

7) Рассчитаем расход пара

$$Q_{\text{п.}} = \frac{11.8 \cdot 6072}{1000} = 71.649 \text{ [т/сут]} = 2985.375 \text{ [кг/час]} \quad (124)$$

Для наглядности полученные результаты сведем в таблицу 21.

Таблица 21 - Расходная часть материального баланса [47]

Статья расхода	Расход ресурса в час
1	2
Газ углекислый	37.95 кг
Соды кальцинированная 100%	80.83 кг
Соды кальцинированная 10 %	8.09 кг
Кислота ортофосфорная 100 %	4.21 кг
Кислота ортофосфорная 73 %	5.83 кг
Электроэнергия	2021.1 кВт
Пар 5 атм.	2985.375 кг

Вывод по разделу

В данном разделе проведен расчет материального и теплового баланса для сооружений биологической очистки сточных вод цеха №39 находящегося на площадке ПАО «КуйбышевАзот». Рассчитаны затраты всех энергоресурсов, используемых на всех стадиях биологической очистки всего цеха №39. Также были предложены мероприятия по внедрению тонкослойных модулей, которые обеспечивают наиболее лучший уровень очистки сточных вод от взвешенных веществ по сравнению с обычным вторичным отстойником.

Увеличение очистки вторичного отстойника с тонкослойными модулями составляет 90%, что является очень хорошим результатом. Также в данном разделе проведен расчет основных параметров аэротенка-нитрификатора, а также составлен материальный баланс данного типа очистных сооружений, подтверждающий его большую эффективность после модернизации аэрационной системы.

Замена аэрационной системы на дисковую мелкопузырчатую систему позволит увеличить концентрацию растворенного кислорода в нитрификаторе, что в свою очередь приведет к увеличению окислительной способности активного ила и как следствие повышению качества очистки поступающих сточных вод от примесей, а именно [47]:

- по азот аммонийный улучшения составили - 18.19 %;
- по азот нитритов улучшения составили - 18.52 %;
- по капролактаму улучшения составили -15.49 %;
- по взвешенным веществам улучшения составили - 15.25 %;
- по сульфат ион улучшения составили - 6.97 %.

Заключение

Представленные в данной бакалаврской работе вопросы на сегодня остаются наиболее важными при очистке сточных вод на химических предприятиях, так как вода является одним из важных источников жизни всего живого на Земле.

В ходе выполнения бакалаврской работы были выполнены следующие задачи:

- проанализирован принцип метода нитрификации в процессе очистки сточных вод ПАО «КуйбышевАзот»;

- рассмотрена модернизация системы аэрации установки нитрификации с целью улучшения насыщения кислородом и увеличения окисляемости, то есть увеличение скорости и качества очистки стоков от содержания азота.

- рассмотрены технические мероприятия по модернизации вторичного отстойника с целью уменьшения количества взвешенных веществ в стоках. Для этих целей было предложено использование тонкослойных модулей и произведен их расчет.

Данные мероприятия позволят улучшить качество стоков, а также снизить потребление электроэнергии, так как предложенная система аэрации, является более энергоэффективной по сравнению с модернизируемой.

В результате работы удалось достичь следующий прирост по качеству очистки стоков:

- по азот аммонийный улучшения составили - 18.19 %;
- по азот нитритов улучшения составили - 18.52 %;
- по капролактаму улучшения составили -15.49 %;
- по взвешенным веществам улучшения составили - 15.25 %;
- по сульфат ион улучшения составили - 6.97 %.

Также удалось достигнуть 90 % снижения содержания взвешенных частиц в сточных водах.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа [Электронный ресурс]: учебник / А.А. Ганеев [и др.]; под ред. Л.Н. Москвина. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 332 с.
2. Аникушин С.А. Инструкция ИРМ 39-1 аппаратчика очистки жидкости 5-го разряда цеха переработки органических и неорганических продуктов №39 производства капролактама, 2014.
3. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.А. Баранов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 408 с.
4. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения, С. В. Яковлев, И. В. Скирдов, В. Н. Швецов, А. А. Бондарев, Ю. Н. Андрианов 1985 г. - 209 стр.
5. Бычкова, О. В. Экологическая биотехнология : учебное пособие / О. В. Бычкова. - Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2021 - Часть 1 : Биологическая очистка сточных вод - 2021. - 100 с. - ISBN 978-5-4377-0137-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/175261> (дата обращения: 30.09.2021).
6. Богданович, Н. И. Процессы и аппараты очистки сточных вод : учебное пособие / Н. И. Богданович. — Архангельск : САФУ, 2018. - 115 с. - ISBN 978-5-261-01282-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/161825> (дата обращения: 30.09.2021).
7. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородосодержащих отходов. Сообщение 2. Физико-химические, химические, биологические методы утилизации и обезвреживания углеводородосодержащих отходов/Е.И. Бахонина // Башкирский химический журнал. -2015.-№2. - С.41-49.

8. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/ С.В.Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. - М.: Стройиздат, 1996.

9. Вайцель Ангелина Александровна Механические методы очистки сточных вод // Наука, образование и культура. 2019. №3 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanicheskie-metody-ochistki-stochnyh-vod> (дата обращения: 03.08.2021).

10. Ветошкин А.Г. Основы инженерной экологии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 332 с.

11. Ветошкин А.Г. Технические средства инженерной экологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 424 с.

12. Ветошкин А.Г. Технические средства инженерной экологии: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 60 с.

13. Ветошкин А.Г. Инженерная защита водной среды: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 73 - 75 с.

14. Демин, А.П. Эффективность использования водных ресурсов в бассейне Волги. ЭКВАТЭК-2004. Вода: Экология-технология.М. 2004. с.168-169 (дата обращения: Динкель, В.Г., Фрехен, Ф.Б., Динкель, А.В. и др. Биохимическая очистка промышленных сточных вод, содержащих тяжелые металлы. ЭКВАТЭК- 2004. Шестой международный конгресс. Вода: экология и технология. М.2004.с. 596-597. (дата обращения: 03.08.2021).

15. ИРМ 39-1 цеха №39

16. Журнал – Наилучшие доступные технологии. Февраль 2014 г. №1. URL: <http://www.watertec.ru/contents/articles/НДТ%2002-14.pdf> (дата обращения: 08.10.2021)

17. Козелков А. С., В. В. Курулин, С. В. Лашкин, Н. В. Тарасова, Е. С. Тятюшкина. Численное моделирование свободного всплытия пузырька воздуха. Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский НИИ

экспериментальной физики, г. Саров. <http://book.sarov.ru/wp-content/uploads/Supercomputing-16-2016-21.pdf> (дата обращения: 15.10.2021).

18. Каратаев О.Р., Шамсутдинова З.Р., Хафизов И.И. Очистка сточных вод электрохимическими методами // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-stochnyh-vod-elektrohimicheskimi-metodami> (дата обращения: 05.08.2021).

19. Колесников В.П., Е.В. Вильсон, В.К. Гордеев-Гавриков Комбинированные сооружения с биофильтрами и аэротенками-отстойниками, ж-л «ЖКХ» № 12, Часть I, Москва, Россия, 2003.

20. Колесников В.П., Вильсон Е.В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях: под редакцией Академика ЖКХ РФ В. К. Гордеева-Гаврикова, 2005. - 212 с.

21. Кирста Юрий Богданович, Пузанов Александр Васильевич Влияния пашенного земледелия на сток взвешенных веществ // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. №1-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniya-pashennogo-zemledeliya-na-stok-vzveshennyh-veschestv> (дата обращения: 05.08.2021).

22. Козадерова, О. А. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии минеральных удобрений: учебное пособие / О. А. Козадерова, С. И. Нифталиев. - Воронеж: ВГУИТ, 2018. - 55 с.

23. Кулишов, С. А. Инновационные подходы к очистке сточных вод от соединений азота в локальных очистных сооружениях / С. А. Кулишов, И. Н. Лыков. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 14 (118). - С. 263-267. - URL: <https://moluch.ru/archive/118/32798/> (дата обращения: 19.08.2021). <https://moluch.ru/archive/118/32798/>

24. Морчиладзе Д.Э, Кудряшова Г.Н., Джангидзе З.У. Децентрализованный метод очистки сточных вод // Вестник МГСУ. 2009. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/detsentralizovannyu-metod-ochistki-stochnyh-vod-1> (дата обращения: 05.08.2021).

25. Москвичев, Ю. А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Ю. А. Москвичев, А. К. Григоричев, О. С. Павлов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 272 с.

26. Описание технологического процесса. Цех № 39 переработки органических и неорганических соединений (Установка нитриденитрификации)

27. Очистка сточных вод: библиографический список литературы / Нац. б-ка Чуваш. Респ. ; сост. Н. А. Арсентьева. - Вып. 4. - Чебоксары, 2013. - 18 с.

28. Обыденкова, С.И. Современные технологии очистки сточных вод. АкваТерм. 2003 № 5, с. 42, 45-46,49 (дата обращения: 03.12.2020).

29. «ПАО КуйбышевАзот» Электронный ресурс] <http://www.kuazot.ru/> (Дата обращения 21.05.21).

30. Рехтин, А. Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : учебное пособие / А. Ф. Рехтин, Е. Ю. Курочкин, Б. П. Лашкивский. - Томск : ТГАСУ, 2016. - 314 с. - ISBN 978-5-93057-623-8. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/138996> (дата обращения: 30.09.2021).

31. Рудник, М.И., Кичигин, О.В., Рудько, В.Г. Технологии и оборудование для глубокой доочистки сточных вод / Экология производства. - 2006. – № 9. – С. 43-45. (дата обращения: 10.08.2021).

32. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. - Минск : БГТУ, 2006. - 312 с.

33. Рудник, М.И., Кичигин, О.В., Рудько, В.Г. Технологии и оборудование для глубокой доочистки сточных вод / Экология производства. - 2006. - № 9. - С. 43 - 45. (дата обращения: 15.08.2021).

34. Сахибгареева Регина Разифовна, Ермолаева Анастасия Петровна Очистка воды от взвешенных веществ // Вестник науки и образования. 2015.

№10 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-vody-ot-vzveshennyh-veschestv> (дата обращения: 10.08.2021).

35. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1)

36. Технологический регламент цеха №39

37. Техническая характеристика цеха №39 ОТ-31-01

38. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ НИТРИФИКАЦИИ Чистяков Н. Е. 238 - 244, Самара, 2018.

39. Шапкин Н.П., Папынов Е.К., Хальченко И.Г., Жамская Н.Н., Каткова С.А., Апанасенко О.А., Шкуратов А.Л. Разработка комплексного метода очистки сточных вод // Биотехносфера. 2010. №5-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kompleksnogo-metoda-ochistki-stochnyh-vod> (дата обращения: 10.08.2021).

40. Ширинова Дурдана Бакир Кызы Очистка сточных вод от взвешенных веществ // International scientific review. 2017. №8 (39). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-stochnyh-vod-ot-vzveshennyh-veschestv> (дата обращения: 10.08.2021).

41. Шишлов О. Ф. Расчёты материальных балансов производства полимерных композиционных материалов: учебное пособие / О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. - 169 с.

42. Шлёкова, И. Ю. Очистка сточных вод : практикум : учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. - Омск : Омский ГАУ, 2020. - 86 с. - ISBN 978-5-89764-916-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/153576> (дата обращения: 30.09.2021).

43. Lory Larson, Diego Rosso, Shao-Yuan (Ben) Leu, Michael K. Stenstrom, Energy conservation in fine pore diffuser installationa in activated sludge processes. Final Report 2005–2007 // Southern California Edison 500–03–001. University of California, Los Angeles.

44. Bedmar E.J., Robles E. F., Delgado M. J. The complete denitrification pathway of the symbiotic, nitrogen-fixing bacterium. *Bradyrhizobium japonicum*. *Biochem*, 2005. 141–144.
45. Morgan-Sagastume F., Allen D.G. Effect of temperature transient conditions on aerobic biological treatment of wastewater, *Water Research*, 2003. PP 37.
46. Murthy S.N., Novak J.T., Haas R.D. Monitoring cations to predict and improve activated sludge settling properties of industrial wastewaters, *Water Science and Technology*, 1999. pages 119-126.
47. Oleynik A., Airapetian T. The aerobic biological purification of the wastewaters from the organic contaminants (OC) in the aerotanks with the suspended and the fixed biocenosis. *MOTROL*, 2016. PP 13–24.
48. Snchez O. Environmental engineering and activated sludge processes: models, methodologies, and applications. Oakville, ON; Waretown, NJ: Apple Academic Press, 2016. PP 354
49. Wilen B.M., Nielsen P.H., Keiding K., Nielsen P.H. Influence of microbial activity on the stability of activated sludge flocs. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 2000. pages 145-156.

Приложение А

Формирование стоков

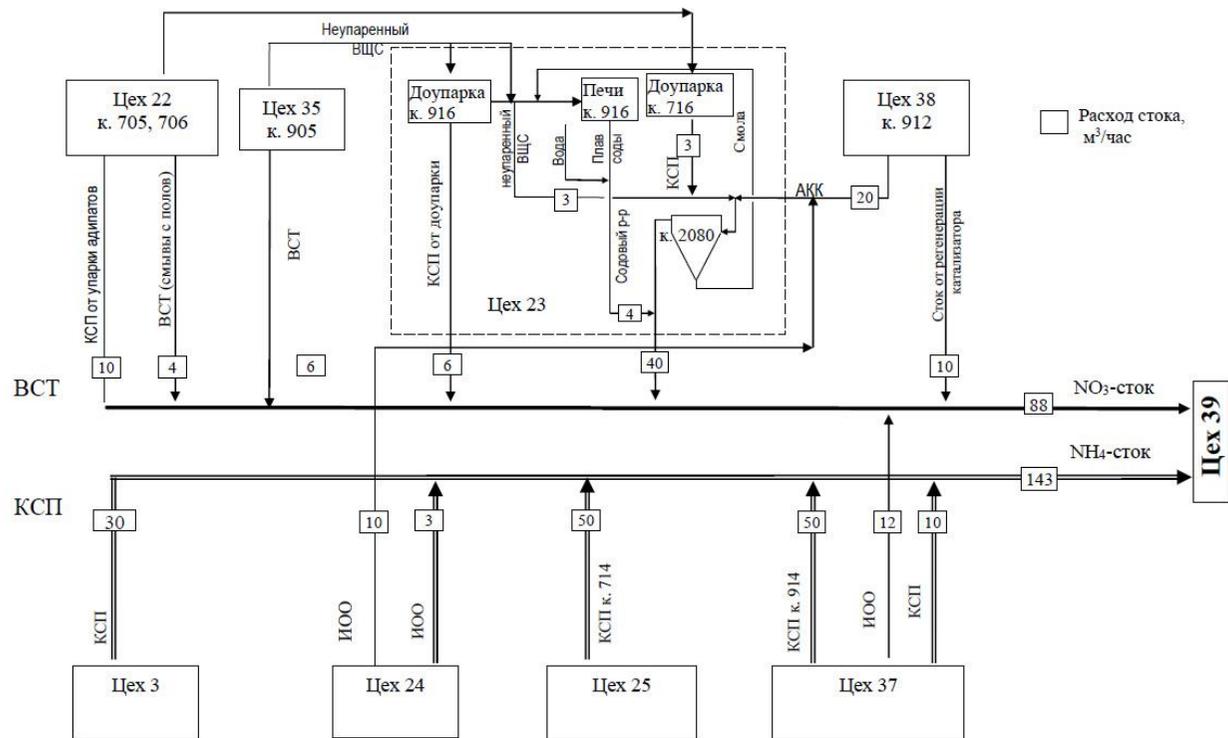


Рисунок А - Схема формирования стоков, поступающих в цех 39 на очистку [49]

Приложение Б

Нитрификатор

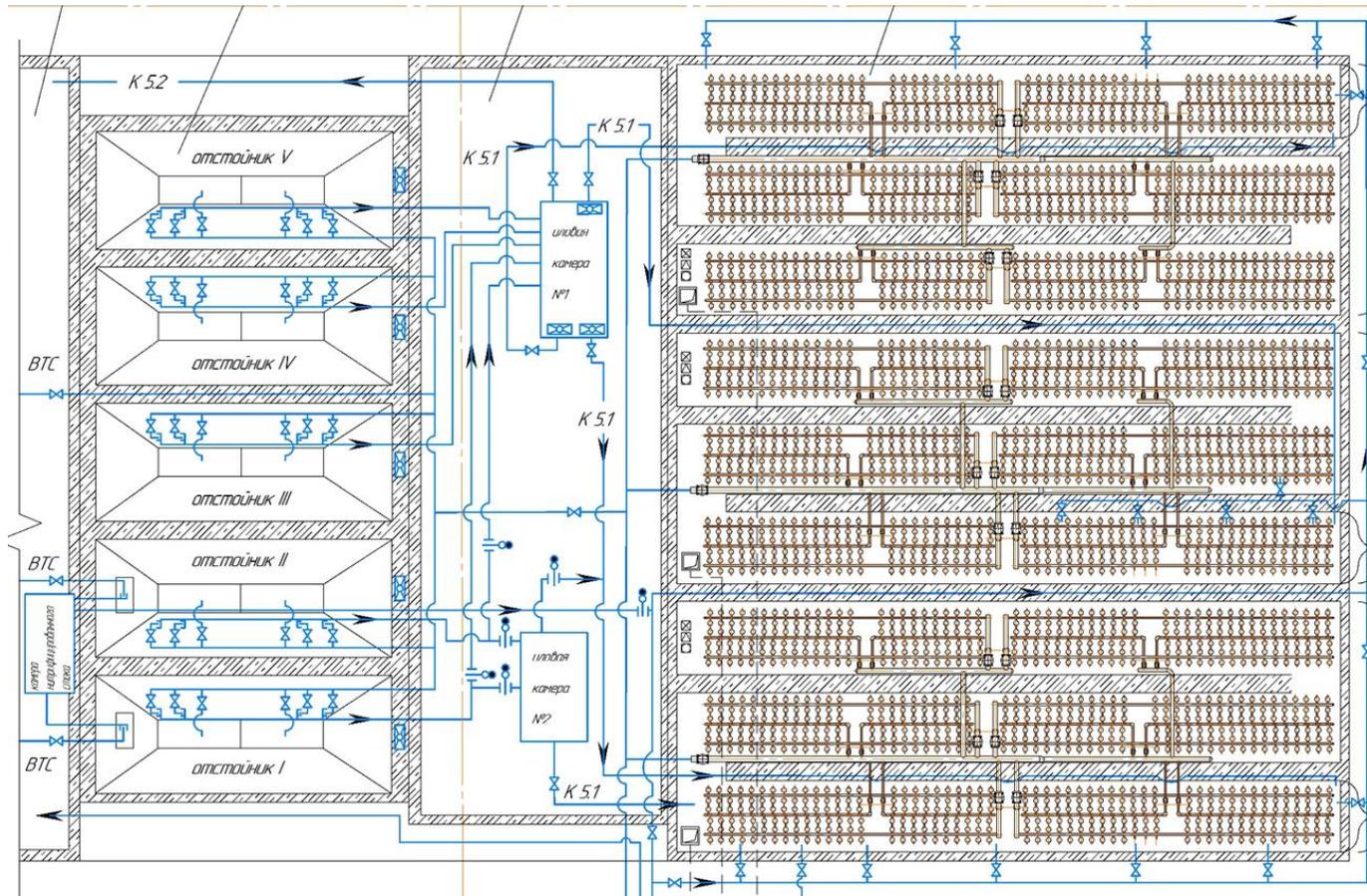


Рисунок Б – Нитрификатор корпус 2025

Приложение В

Дисковые аэротенки

Таблица В - Техническое сравнение дисковых аэраторов

Комплектная система дисковых диффузорных аэраторов в составе	AFD350P Поставщик ООО «КСК Акваполимер»	AP420T Поставщик ООО «Гидропомпа»	Поставщик «Гидроюнит» Jagger JetFlex HD 340
Назначение	Аэрация сточных вод	Аэрация сточных вод	Аэрация сточных вод
Диапазон воздушного потока на 1 диффузор	1,5-10,0 м3/час Сопротивление не меняется.	Рабочий расход воздуха на аэратор - 15 м3/час; эффективность использования кислорода в стандартных условиях при нагрузке на аэратор (15 м3/час) должна быть в пределах 5-6% на метр глубины в начальный период эксплуатации и не менее 3% на метр в конце гарантийного периода. 2.3. Сопротивление аэраторов при нагрузке на аэратор 15 м3/час должно находиться в пределах 200-400 мм вод.ст. в начальный период эксплуатации и увеличиваться не более чем в 2 раза к концу гарантийного срока эксплуатации.	2-12 м3/час
Площадь поверхности мембраны	0,096м2	0,081м2	0,06м2
Диаметр диффузора	350мм	420мм (в центре отверстие 180мм)	340 мм
Высота аэратора	46мм	50мм	46
Размер пузырьков	1,5 мм	3мм	3 мм
Минимальное расстояние между диффузорами	0,6м	1,5м	1м
Эффективность переноса кислорода, SOTE	7,2%	6%	5,42%
Корпус	Первичный Полипропилен	Полиэтилен	Вторичный полиэтилен

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В

1	2	3	4
Крепежный элемент	Полипропилен	Ст20	-
Диск мембраны	Силикон	Резина	Силикон
Совместимость с азраторами основных производителей (крепление, общий принцип работы)	Да	Нет	Да
Соединение с воздухопроводом	Резьбовое	Резиновая втулка	Резиновая втулка
Испытания на сооружениях Куйбышев Азот	Да	Нет	Да
Наличие опыта работы на аналогичных объектах, референй лист за 5 лет	Да	Да	Запрос не проводился
Общая известность производителя	Да	Да	Нет
Наличие технической базы в России, доступность сервиса	Да	Да	Нет

Приложение Г

Материальные потоки цеха № 39

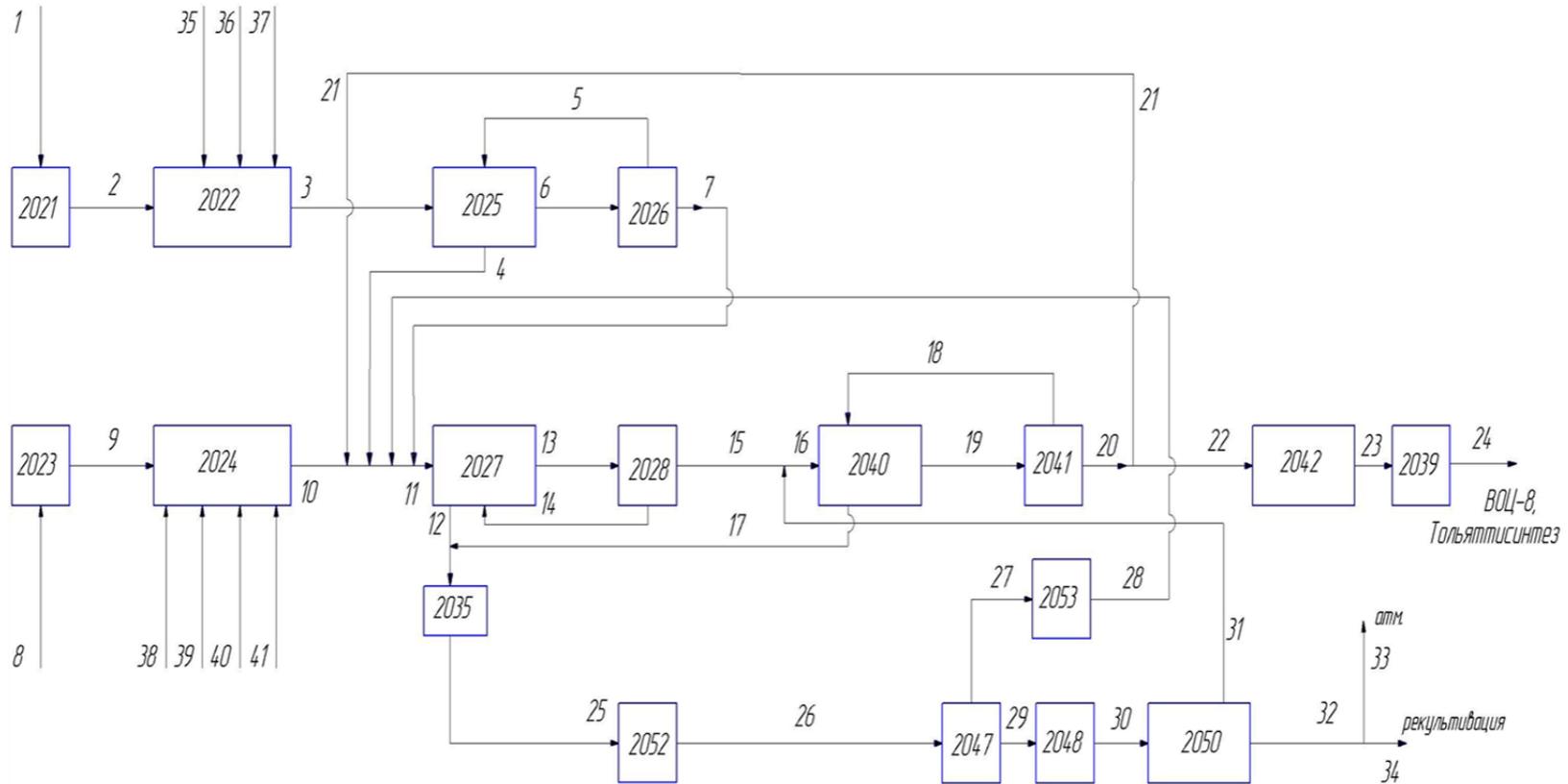


Рисунок Г – Схема материальных потоков цеха 39

Приложение Д

Материальный баланс нитрификатора до замены аэрационной системы

Данные для расчетов берутся из таблиц 7 и 8.

Так стоки в цех 39 подаются по 2 трубопроводам с расходами $70 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $150 \text{ м}^3/\text{ч}$. В нашем случае на нитрификатор поступают аммоний содержащие стоки NH_4 в количестве $150 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$Q_{\text{ст.в}} = 150 \text{ м}^3/\text{ч} = 150\,000 \text{ кг/ч} \quad (\text{Д-1})$$

Определяем количество циркулирующего ила, подаваемого в аэротенк, по формуле:

где R_i – степень рециркуляции активного ила при самотечном удалении иловой смеси (получена при расчетах нитрификатора - 0,43

$$G_{\text{и.ц}} = 150000 \cdot 0,43 = 64500 \text{ кг/ч} \quad (\text{Д-2})$$

Определим количество активного ила по сухому остатку по формуле

$$G_{\text{сух}} = G_{\text{и.ц}} \cdot \frac{G_{\text{и}}}{1000} \text{ кг/час} \quad (\text{Д-3})$$

где $G_{\text{и}}$ – концентрация ила в смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$. Концентрация ила в смеси равна $8 \text{ кг}/\text{м}^3$.

$$G_{\text{сух}} = 64500 \cdot \frac{8}{1000} = 64500 \cdot 0,008 = 5160 \text{ кг/час} \quad \dots (\text{Д-4})$$

4)

Определим количество воды в смеси, поступающей в аэротенк, по

формуле:

$$G_{\text{вод}} = G_{\text{и.ц}} - G_{\text{сух}}, \text{ кг /ч} \quad (\text{Д-5})$$

$$G_{\text{вод}} = 64500 - 5160 = 59340 \text{ кг /ч} \quad (\text{Д-6})$$

Определим прирост активного ила по формуле:

$$P_i = \sum C_i^{\text{Вх}} - \sum C_i^{\text{Вых}} \quad (\text{Д-7})$$

Где $\sum C_i^{\text{Вх}}$ – суммарное содержание загрязняющих веществ на входе в аэротенк, кг/ч;

$\sum C_i^{\text{Вых}}$ – суммарное содержание загрязняющих веществ на выходе из аэротенка, кг/ч.

Определение часовых расходов загрязняющих веществ

Зная часовой расход стоков, поступающих в нитрификатор – $Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$, а также концентрацию загрязняющих веществ до очистки в нитрификаторе и после рассчитаем количество веществ на входе и на выходе. Данные берутся из таблицы 1 и 4.

Расход загрязняющих веществ в сточной воде на входе определим по формуле:

$$Q_{\text{з.з.}} = K_{\text{а.а.}} \cdot Q_{\text{ст.в}} \cdot 10^{-6} \quad (\text{Д-8})$$

где $Q_{\text{з.з.}}$ – расход загрязняющих веществ, кг /ч;

$K_{\text{а.а.}}$ концентрация загрязняющих веществ, мг/л;

$Q_{\text{ст.в}}$ – расход загрязненных стоков, $Q_{\text{ст.в}} = 150 \text{ м}^3/\text{ч} = 150\,000 \text{ кг/ч}$;

10^{-6} – перевод мг содержащихся веществ в килограммы.

Находим расход азота аммонийного в загрязнённой сточной воде на

входе:

$$Q_{\text{а.а.вх}} = 520 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 78 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-9})$$

Находим расход азота нитратного в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{а.нитрат. вх}} = 319 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 47.85 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-10})$$

Находим расход взвешенных веществ загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{в.в.вх}} = 580 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 87 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-11})$$

Находим расход капролактама в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{капр.вх}} = 273 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 40.95 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-12})$$

Находим расход сульфат ион в загрязнённой сточной воде на входе:

$$Q_{\text{сульф.вх}} = 360 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 54 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-13})$$

Находим расход азота аммонийного в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{а.а.вых}} = 33 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 4,950 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-14})$$

Находим расход азота нитратного в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{а.нитрат.вых}} = 13.5 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 2.025 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-15})$$

Находим расход взвешенных веществ загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{в.в.вых}} = 590 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 88.5 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-16})$$

Находим расход капролактама в загрязнённой сточной воде на выход

$$Q_{\text{капр.вых}} = 21.3 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 3.195 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-17})$$

Находим расход сульфат ион в загрязнённой сточной воде на выходе:

$$Q_{\text{сульф.вых}} = 330 \cdot 150000 \cdot 10^{-6} = 49.50 \text{ кг/ч.} \quad (\text{Д-18})$$

Данные расчетов по содержанию загрязняющих веществ приведены в таблице Д-1.

Таблица Д-1 – Количество загрязняющих веществ на входе/выходе в аэротенк

Наименование веществ	Количество ЗВ в составе сточных вод на входе в аэротенк, кг/ч	Количество ЗВ в составе сточных вод на выходе из аэротенка, кг/ч
1	2	3
Азот аммонийный	78.0000	4.9500
Азот нитратов	47.8500	2.0250
Капролактама	40.9500	3.1950
Взвешенные вещества	87.0000	88.5000
Сульфат ион	54.0000	49.5000
Итого	307.8000	153.4200

Используя формулу 7 и данные таблицы 8, определим величину прироста активного ила:

$$P_i = 307.80 - 153.42 = 154.38 \quad (\text{Д-19})$$

Рассчитаем материальный баланс загрязняющих веществ на входе и на выходе нитрификатора.

Рассчитаем общее количество сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, которые поступают на вход в нитрификатор.

$$Q_{\text{общ.ст}} = Q + Q_{\text{а.а.вх}} + Q_{\text{а.нитрат.вх}} + Q_{\text{в.в.вх}} + Q_{\text{капр.вх}} + Q_{\text{сульф.вх}} + G_{\text{и.ц}} \quad (\text{Д-20})$$

$$Q_{\text{общ.ст}} = 150000 + 78 + 47.85 + 87 + 40.95 + 54 + 64500 = 214807.8 \text{ Кг/ч} \quad (\text{Д-21})$$

Принимаем расход $Q_{\text{общ.ст}} = 214807.8$ за 100%.

Рассчитаем процентное соотношение воды сточной на входе:

$$Q_{\text{в.сточн}} = \frac{Q}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-22})$$

$$Q_{\text{в.сточн}} = \frac{150000}{214807.8} = 69.8300 \% \quad (\text{Д-23})$$

Рассчитаем процентное соотношение азота аммонийного на входе:

$$Q_{\text{а.а.вх}} = \frac{Q_{\text{а.а.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100 \quad (\text{Д-24})$$

$$Q_{\text{а.а.вх}} = \frac{78}{214807.8} \cdot 100 = 0.0363 \% ; \quad (\text{Д-25})$$

Рассчитаем процентное соотношение азота нитратного на входе:

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{Q_{\text{а.нитрат.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-26})$$

$$Q_{\text{а.нитрат.вх}} = \frac{48.85}{214807.8} \cdot 100 = 0,0223 \% \quad (\text{Д-27})$$

Рассчитаем процентное соотношение капролактама на входе:

$$Q_{\text{капр.вх}} = \frac{Q_{\text{капр.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-28})$$

$$Q_{\text{капр.вх}} = \frac{40.95}{214807.8} \cdot 100 = 0.0190 \% \quad (\text{Д-29})$$

Расчитаем процентное соотношение взвешенных веществ на входе:

$$Q_{\text{в.в.вх}} = \frac{Q_{\text{в.в.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-30})$$

$$Q_{\text{в.в.вх}} = \frac{87}{214807.8} \cdot 100 = 0.0405 \% \quad (\text{Д-31})$$

Расчитаем процентное соотношение сульфат ион на входе:

$$Q_{\text{сульф.вх}} = \frac{Q_{\text{сульф.вх}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-32})$$

$$Q_{\text{сульф.вх}} = \frac{54}{214807.8} \cdot 100 = 0.0251\% \quad (\text{Д-33})$$

Расчитаем процентное соотношение активного ила на входе:

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{G_{\text{и.ц}}}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-34})$$

$$Q_{\text{и.а.}} = \frac{64500}{214807,8} \cdot 100 = 29.8009 \% \quad (\text{Д-35})$$

Расчитаем процентное соотношение воды сточной на выходе:

$$Q_{\text{в.сточн.вых}} = \frac{Q}{Q_{\text{общ.ст}}} \cdot 100, \% \quad (\text{Д-36})$$

$$Q_{\text{в.сточн.вых}} = \frac{150000}{214807.8} = 69.8300 \% \quad (\text{Д-37})$$

Расчитаем процентное соотношение азота аммонийного на выходе:

$$Q_{a.a.ВЫХ} = \frac{Q_{a.a.ВЫХ}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100 \quad (Д-38)$$

$$Q_{a.a.ВХ} = \frac{4.9500}{214807.8} \cdot 100 = 0.0023 \% \quad (Д-48)$$

Расчитаем процентное соотношение азота нитратного на выходе:

$$Q_{a.нитрат.ВХ} = \frac{Q_{a.нитрат.ВЫХ}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100, \% \quad (Д-49)$$

$$Q_{a.нитрат.ВХ} = \frac{2.0250}{214807.8} \cdot 100 = 0,0009 \% \quad (Д-50)$$

Расчитаем процентное соотношение капролактама на выходе:

$$Q_{капр.ВЫХ} = \frac{Q_{капр.ВЫХ}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100, \% \quad (Д-51)$$

$$Q_{капр.ВЫХ} = \frac{3.1950}{214807.8} \cdot 100 = 0.0015 \% \quad (Д-52)$$

Расчитаем процентное соотношение взвешенных веществ на выходе:

$$Q_{в.в.ВЫХ} = \frac{Q_{в.в.ВЫХ}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100, \% \quad (Д-53)$$

$$Q_{в.в.ВЫХ} = \frac{88.50}{214807.8} \cdot 100 = 0.0412 \% \quad (Д-54)$$

Расчитаем процентное соотношение сульфат ион на выходе:

$$Q_{сульф.ВЫХ} = \frac{Q_{сульф.ВЫХ}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100, \% \quad (Д-55)$$

$$Q_{сульф.ВЫХ} = \frac{49.5}{214807.8} \cdot 100 = 0.0230\% \quad (Д-56)$$

Расчитаем процентное соотношение активного ила на выходе:

$$Q_{и.а.} = \frac{G_{и.ц}}{Q_{общ.ст}} \cdot 100, \% \quad (Д-57)$$

$$Q_{и.а.} = \frac{64500}{214807,8} \cdot 100 = 29.8009 \% \quad (Д-58)$$

Расчитаем процентное соотношение воздуха на выходе:

$$Q_{возд} = Q_{ст.в} \cdot q_{air} \quad (Д-59)$$

$$Q_{возд} = 150\,000 \cdot 28,34 \cdot 10^{-3} = 4251 \text{ кг/ч} \quad (Д-60)$$

Для лучшего восприятия сведем расчёт материального баланса в таблицу. Материальный баланс нитрификатора представлен в таблице Д 2.

Таблица Д 2 – Материальный баланс нитрификатора после замены аэрационной системы

Приход	Кг/ч	%	№ п/п	Расход	Кг/ч	%
Общие стоки	214807,8	100	1	Сточная вода	214807,8	100
Вода сточная	150000	69,8300	2	Вода	145909,5300	67,9256
Азот аммонийный	78,0000	0,0363	3	Азот аммонийный	4,0500	0,0023
Азот нитратов	47,8500	0,0223	4	Азот нитратов	2,0250	0,0009
Взвешенные вещества	87,0000	0,0405	5	Взвешенные вещества	88,5000	0,0412
Сульфат ион	54,0000	0,0251	6	Сульфат ион	49,5000	0,0230
Капролактамы	40,9500	0,0190	7	Капролактамы	3,1950	0,0015
Активный ил	64500	29,8009	8	Активный ил	64500	29,8009
			9	Воздух	4251,0000	2,0124
Итого	214807,8	100		Итого	214807,8	100

Из данной таблицы видно какое процентное соотношение загрязняющих веществ приходит в нитрификатор и какой процент выходит из него после очистки. Чем меньше процент на выходе, тем стабильнее и качественнее происходит очистка стоков.

Приложение Е

Изменение качества стоков после замены аэрационной системы

Данные по количеству веществ на выходе из нитрификатора до и после замены аэрационной системы приведены в таблице Е 1.

Таблица Е 1 - Количество ЗВ в составе сточных вод до и после замены аэрационной системы

Наименование веществ	Количество ЗВ в составе сточных вод на выходе из аэротенка, кг/ч до замены аэрационной системы	Количество ЗВ в составе сточных вод на выходе из аэротенка, кг/ч после замены аэрационной системы
1	2	3
Азот аммонийный	4.9500	4.0500
Азот нитратов	2.0250	1.6500
Капролактам	3.1950	2.7000
Взвешенные вещества	88.5000	75.0000
Сульфат ион	49.5000	46.0500
Итого	153.4200	139.4500

Как видно из таблицы замена аэрационной системы дала следующие улучшения качества (чистоты) стоков:

По азот аммонийный улучшения составили

$$У_{a.a} = 100 - \frac{П_{a.a}}{Д_{a.a}} \cdot 100, \% \quad (E-1)$$

где $У_{a.a}$ - процент улучшения качества очистки по азоту аммонийному.

$П_{a.a}$ – концентрация азота аммонийного после модернизации системы

$Д_{a.a}$ – концентрация азота аммонийного до модернизации системы.

$$У_{a.a} = 100 - \frac{4.05}{4.95} \cdot 100 = 100 - 81.81 = 18.19 \% \quad (E-2)$$

По аналогии рассчитаем процент улучшения для других веществ

По азот нитритов улучшения составили:

$$У_{а.н.} = 100 - \frac{1.65}{2.0250} \cdot 100 = 100 - 81.48 = 18.52 \% \quad (E-3)$$

По капролактаму улучшения составили:

$$У_{кап.} = 100 - \frac{2.70}{3.195} \cdot 100 = 100 - 84.51 = 15.49 \% \quad (E-4)$$

По взвешанным веществам улучшения составили

$$У_{в.в.} = 100 - \frac{75}{88.50} \cdot 100 = 100 - 84.75 = 15.25 \% \quad (E-5)$$

По сульфат ион улучшения составили

$$У_{с.и.} = 100 - \frac{46.05}{49.50} \cdot 100 = 100 - 93.03 = 6.97 \% \quad (E-6)$$

В результате модернизации системы аэрации получили следующий прирост по качеству очистки стоков:

- по азот аммонийный улучшения составили - 18.19 %;
- по азот нитритов улучшения составили - 18.52 %;
- по капролактаму улучшения составили - 15.49 %;
- по взвешанным веществам улучшения составили - 15.25 %;
- по сульфат ион улучшения составили - 6.97 %.