

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Экологическая безопасность процессов и производств

(направленность(профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему: Повышение эффективности технологий биологической очистки сточных вод от загрязнений, с последующим очищением стока (на примере водооборотного цикла цеха № 39 ПАО «КуйбышевАзот»)

Студент(ка)	<u>Э. Р. Хазиахметова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>А. В. Щипанов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>Т. А. Варенцова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент М.И. Фесина  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Допустить к защите**  
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 Очистка сточных вод химических предприятий .....	7
1.1 Современные методы очистки сточных вод .....	7
1.1.1 Методы механической очистки сточных вод.....	10
1.1.2 Физико-химические методы очистки сточных вод .....	11
1.1.3 Биологический метод очистки сточных вод .....	11
1.2 Биохимическая очистка сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» в цехе № 39. 14	
1.2.1 Описание технологического процесса цеха № 39 .....	16
2 Выбор технологической схемы биологической очистки сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» .....	40
2.1 Описание технологического процесса и схемы .....	40
2.2 Основные параметры и технические требования .....	52
3 Внедрение разработанной методики очистки сточных вод от загрязнений, с последующим очищением стока (на примере водооборотного цикла цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот»).....	56
3.1 Предложения по улучшению разделения иловой воды. ....	56
3.1.1 Лабораторные испытания коагулянта гипохлорит натрия .....	56
3.2 Предложение по использованию самопромывающегося фильтра .....	60
3.3 Блок обработки оборотной воды биоцидом .....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БПК<sub>5</sub>/БПК<sub>полн.</sub> – биохимическое потребление кислорода  
пятидневное/полное;

ВСТ – вода сточная;

ВЩС – водно-щелочной раствор;

ВОЦ – водооборотный цикл;

ВДС – воздуходувная станция;

КСП – конденсат сокового пара;

НДФ – нитриденитрификация;

ОС – очистные сооружения;

СВ – сточные воды;

УФО – сооружения ультрафиолетового обеззараживания;

ХПК – химическое потребление кислорода;

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена необходимостью повышения эффективности очистки сточных вод для внедрения замкнутой системы водопользования. “В связи с ростом промышленности в России все большую актуальность приобретают мероприятия, связанные с решением проблем охраны окружающей среды и рационального использования водных ресурсов на производстве” [8].

Большой объем сточных вод сбрасывается в водоемы, после использования пресной воды. Загрязнение водоемов промышленными сточными водами может привести к изменению химического состава, нарушению круговорота веществ [22].

Потребность предприятий в использовании пресной воды с каждым годом растет, что приводит к различным проблемам, как для самого предприятия, так и для окружающей среды. Одной из основных задач предприятия становится решение проблемы снижения применения чистой пресной воды.

Крупные предприятия используют огромное количество пресной воды для производственных нужд, поэтому требования к качеству очистки сточных вод растут, и проблема экономичного использования воды имеет важное значение и требует необходимость постоянного совершенствования систем очистных сооружений.

Для снижения антропогенного воздействия на водные объекты различных загрязнений промышленных предприятий применяются различные методы очистки сточных вод [22].

Одним из таких методов является биохимическая очистка сточных вод методом нитриденитрификации.

Сущность биологической очистки заключается в минерализации органических загрязнений сточных вод при помощи аэробных биохимических процессов.

Этот метод весьма эффективен для удаления многих растворимых и коллоидальных органических веществ из сточных вод.

Предприятиям необходимо создать замкнутые системы водопользования, чтобы снизить сброс загрязняющих веществ в открытый водоем и сократить затраты на использование речной воды вследствие минимизации воздействия производства на окружающую среду.

Цель работы - разработка схемы очистки сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» цеха №39 для их использования в водооборотном цикле.

Объект исследования. Очистные сооружения биологической очистки ПАО «КуйбышевАзот» Цеха №39.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Подобрать и изучить литературу, посвященную биологической очистке сточных вод.

2. Изучить общую характеристику очистки сточных вод методом нитриденитрификации в ПАО «КуйбышевАзот» цеха №39.

3. Предложить технологии по оптимизации очистки стока от загрязнений для дальнейшего использования очищенного стока в водооборотном цикле ПАО «КуйбышевАзот».

Методы исследования - анализ, синтез, индукция, дедукция, факторный анализ.

Теоретической и методологической базой диссертационного исследования выступили действующие на тот момент нормативно-правовые акты, научные труды, публикуемые в данной области, представлены по адресу <http://www.freepatent.ru/> относящиеся к способам и техническим устройствам, применяемым для безопасного функционирования технологических процессов очистных сооружений.

Научная новизна

1. Предложено решение по внедрению самопромывающегося фильтра

2. Предложено применение замкнутой системы водопользования очистных сооружениях предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что внедрение замкнутой системы водопользования предотвратит загрязнение природных водоемов сточными водами и снизит потребление свежей воды.

Положения, выносимые на защиту.

1) В ходе научного исследования выявлено, что оптимальным решением очистки сточных вод является биологическая очистка методом нитриденитрификации. Основным преимуществом такой очистки является возможность круглогодичной работы системы, эффективная 100% обработка стоков, безопасность для окружающей среды.

2) Выявлено, что внедрение замкнутой системы водопользования решит ряд проблем, связанных с загрязнением природных водоемов и использованием речной воды для подпитки.

3) Установка самопромывающегося фильтра позволит улучшить качество очистки сточных вод.

Апробация результатов исследования. По данной теме диссертационной работы опубликована одна статья:

Хазиахметова Э.Р., Щипанов А.В. Очистка сточных вод предприятий от химических загрязнений // Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня. Вызовы и решения». – 2018, с. 61-63.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем работы 77 страниц машинописного текста.

# 1 Очистка сточных вод химических предприятий

## 1.1 Современные методы очистки сточных вод

Промышленность не может существовать без воды, т.к. вода участвует во многих важных процессах предприятия. Промышленные сточные воды возвращаются обратно в природные водоемы после ее применения. Загрязняется огромное количество природной воды. Для промышленных производств используется большой объем пресной воды, которая возвращается в водоемы в виде сточных вод после ее применения. Загрязнение водоемов сточными водами приводит к изменению химического состава, нарушению круговорота веществ, разрушению естественных экосистем, исчезновению видов [22]. Это может привести к необратимым и серьезным последствиям.

В результате работы любого промышленного предприятия образуются отходы в виде сточных вод, которые загрязняют водоемы. Решение проблемы очистки сточной воды является сложной задачей, так как к качеству сточных вод предъявляются высокие требования. В сточной воде содержатся самые разнообразные примеси, что обуславливает сложность их очистки. Замкнутые системы водопользования являются наиболее перспективными и экономичными. Для создания безотходных производств должны использоваться замкнутые системы водопользования. Это трудная, но решаемая задача [1,22].

Водооборотный цикл – это неоднократное использование очищенных сточных вод предприятия без сброса стоков в природные водоемы.

Вопросы рационального использования воды по замкнутому циклу специалисты должны решать одновременно с разработкой технологии основного производства. Создание бессточных систем зависит от особенностей технологии предприятия, его технической оснащенности, требований к качеству используемой воды и др. В настоящее время в стране уже действует более 200 промышленных предприятий, на которых действуют замкнутые системы технического водоснабжения.

Очистка сточных вод — комплекс методов по удалению загрязнений, содержащихся в промышленных стоках перед сбросом их в природные водоемы или перед повторным использованием. Различают механическими, химическую, физико-химическую и биологическую очистку сточных вод. При их комплексном применении и достигается наиболее высокое качество очистки [22,2,10].

Сброс производственных сточных вод в водоемы запрещено без необходимой очистки. В результате этого, приходится создавать огромные комплексы очистных сооружений, использующих разнообразные методы очистки.

На очистных сооружениях также применяют глубокую очистку, если требуется высокая степень очистки. Сооружения глубокой очистки устанавливают после сооружений биохимической очистки. Образуется большое количество осадков во время очистки промышленных вод, эти осадки подвергаются обеззараживанию.

Сточные воды — это воды, содержащие загрязнённые вещества, после бытового, производственного или сельскохозяйственного употребления. Сточные воды отличаются по составу и свойствам. «Загрязнения сточных вод подразделяются: — органические; — минеральные; — биологические. Органические загрязнения — это примеси растительного и животного происхождения. К биологическим и бактериальным загрязнениям относятся различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные — возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии и др» [9].

Сточные воды делят на три основных категории в зависимости от их происхождения:

- производственные;
- атмосферные;
- хозяйственно-бытовые.

В водоотводящую сеть поступают хозяйственно-бытовые сточные воды от бытовых помещений промышленных предприятий, жилых домов, лечебных учреждений. В их составе могут быть хозяйственные и фекальные сточные воды, загрязненные моющими средствами, хозяйственными отбросами. В таких сточных всегда содержатся микроорганизмы в большом количестве, среди которых могут быть патогенные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды отличаются своим относительным постоянством состава. Органические загрязнения, содержащиеся в данной сточной воде, представлены жирами, углеводами и продуктами разложения белков. Частицы песка, глины, соли входят в состав неорганических примесей. К ним относятся фосфаты, гидрокарбонаты, аммонийные соли (продукт гидролиза мочевины). Из общей массы загрязнений бытовых сточных вод на долю органических веществ приходится 45—58%. В результате технических процессов образуются производственные сточные воды [11]. Концентрация загрязняющих веществ и качество сточных вод зависит от вида промышленного производства, режима технологических процессов. К примеру, если взять металлообрабатывающие предприятия в их сточных водах содержатся минеральные загрязняющие вещества, в пищевой промышленности - органические загрязнения. Органические и минеральные загрязняющие вещества содержатся в сточных водах в различных соотношениях. Концентрация загрязнений сточных вод колеблется в очень широких пределах, это зависит от производственного оборудования, расхода воды на единицу продукции и совершенства технологического процесса. В производственных сточных водах концентрация загрязняющих веществ может меняться во времени и зависит от работы предприятия или цеха. Неравномерность притока сточных вод и их концентрации является одной из причин ухудшения работы очистных сооружений. Загрязняющие вещества сточных вод влияют на технологию очистки воды и на экологическую ситуацию в данном районе. За счет выпадения осадков образуются атмосферные сточные воды. Промышленные воды необходимо не только очищать от загрязняющих

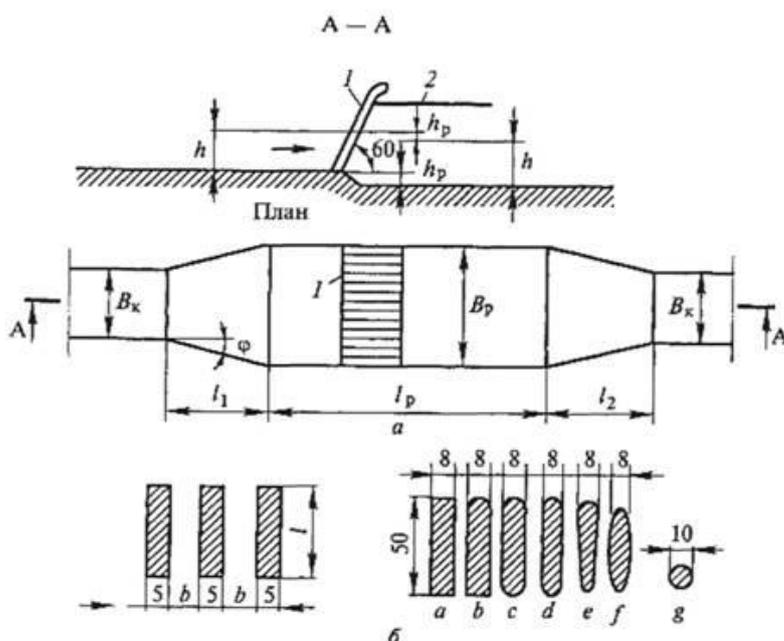
веществ, но подвергать обеззараживанию для избавления от патогенных микроорганизмов, грибов и тд., и только после этого сбрасывать воду в водоем.

### 1.1.1 Методы механической очистки сточных вод

Этот метод очистки предназначен для задержания нерастворенных примесей в сточной воде. К ним относятся:

- решетки;
- сита;
- песколовки;
- отстойники;
- фильтры различных конструкций.

Для задержания крупных загрязнений используют решетки и сита. Для задержки песка применяют песколовки. Отстойники задерживают оседающие и плавающие загрязнения сточных вод. Сооружения механической очистки сточных вод являются предварительной стадией перед биологической очисткой. Благодаря механической очистки задерживается до 60 % нерастворенных загрязнений. Схема механической решетки представлена на рисунке 1.1.



1 – решетка; 2 – верхнее перекрытие канала

Рисунок 1.1 - Схема механической решетки (а) и профили стержней (б)

Наибольшее распространение имеют вертикальные решетки типа РВМ, а также грабли механические МГ. Решетки должны быть установлены на всех очистных сооружениях [7]

### 1.1.2 Физико-химические методы очистки сточных вод

Физико-химические методы очистки городских сточных вод используют редко. Эти методы чаще применяют на предприятиях для очистки сточных вод. К методам физико-химической очистки производственных сточных вод относятся:

- реагентная очистка;
- сорбция, экстракция;
- эвапорация;
- дегазация;
- ионный обмен;
- озонирование;
- электрофлотация;
- хлорирование;
- электродиализ и др.

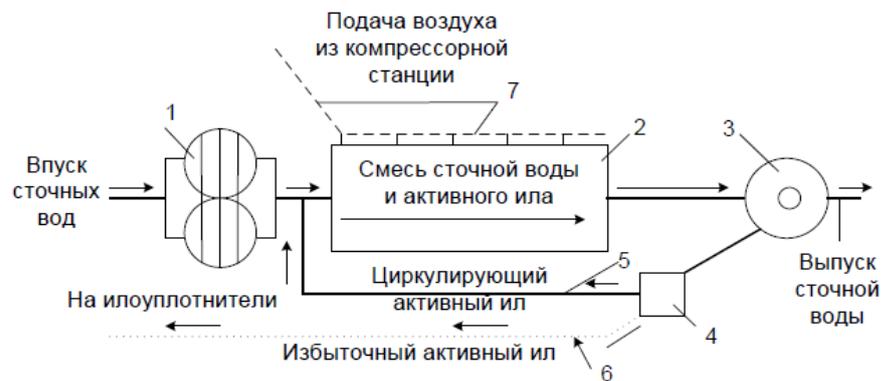
### 1.1.3 Биологический метод очистки сточных вод

Этот метод основан на жизнедеятельности микроорганизмов. Биохимический метод очистки эффективно удаляет растворенные и коллоидные вещества из производственных сточных вод. Различают два вида сооружений биохимической очистки. К первому виду относятся поля фильтрации и биологические пруды, в них протекают процессы биологической очистки в условиях, похожих на естественные. Ко вторым видам относятся аэротенки и биофильтры, в них очистка сточных вод осуществляется в искусственно созданных условиях.

Аэротенк – это резервуар для биологической очистки сточных вод, по которому течет активный ил. Аэротенки выполнены в виде длинных

железобетонных прямоугольных резервуаров глубиной 3 – 6 м, шириной 6 – 10 м. длиной до 100 м. Аэротенки состоят из нескольких коридоров, разделенных перегородками. Активный ил состоит в основном из простейших, водорослей, бактерий, грибов, которые впитывают органические загрязнения и окисляют их под воздействием кислорода. Микроорганизмам необходим кислород, так же кислород нужен для поддержания ила во взвешенном состоянии, поэтому для них применяют искусственные аэраторы. За счет аэраторов непрерывно поступает кислород. Система аэрации играет важную роль в работе аэротенка. Системы аэрации делятся на:

- пневматическая (воздух поступает в аэротенк под давлением);
- механическая (воздух поступает в аэротенк при вращении в нем жидкости мешалкой-аэратором);
- комбинированная (смешанная). Схема аэротенка представлена на рисунке 1.2. Наибольшее распространение получили пневматические системы аэрации [9].



1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – насосная станция; 5 - циркулирующий активный ил; 6 – избыточный активный ил; 7 – подача воздуха в аэротенк

Рисунок 1.2 - Принципиальная схема работы аэротенка [7]

Аэротенки различаются по потоку сточной воды: аэротенки смесители, аэротенки вытеснители, которые отличаются системой подачи обрабатываемой воды и перемешивания активного ила. После механической очистки сточная вода смешивается с активным илом и проходит по коридорам аэротенка, затем поступает во вторичный отстойник [9]. Обрабатываемая производственная вода в аэротенке находится 6–12 ч. Органические загрязняющие вещества перерабатываются биоценозом активного ила, за этот промежуток времени. Активный ил состоит из мелких беспозвоночных животных и гетеротрофных организмов, а также твердого вещества. Чтобы ил не осаждался и не слипался его постоянно перемешивают и насыщают кислородом воздуха. Устанавливаются в аэротенках системы аэрации. После прохождения очистки в аэротенке, сточная вода поступает во вторичный, где активный ил оседает на дне отстойника, затем активный ил с помощью специальных устройств отводится в резервуар насосной станции, а очищенная сточная вода отправляется или на дальнейшую доочистку, или обеззараживается. Возможно обеспечение полной биологической очистки.

Преимуществом аэротенков является их низкая стоимость, эффективное очищение сточных вод, не нужно утеплять саму установку, в аэротенке сточные воды имеют высокую температуру и поэтому стоки не замерзают. К

недостаткам аэротенков можно отнести необходимость постоянной работы канализации, так как бактериям и организмам активного ила необходимо питание, также нужна постоянная подача электричества. [18].

Если в сточной воде после биохимической очистки высокое содержание взвешенных веществ, также БПК, ХПК и т.д., то необходима глубокая очистка сточных вод. При такой очистке производственных вод, а именно от взвешенных веществ, применяют фильтры различного строения. Для глубокой очистки от растворенных органических веществ применяют сорбционные, биосорбционные, озонаторные и другие установки.

Перед сбросом в водоем сточные воды дезинфицируются, то есть подвергаются обеззараживанию, это последний этап очистки сточных вод. Основной целью дезинфекции является уничтожение патогенных микроорганизмов, которые содержатся в сточной воде. В процессе очистки образуется большое количество осадков, которые необходимо обезводить и за счет этого они обеззараживаются. Осадки, образовавшиеся на очистных сооружениях, а именно в отстойниках направляют в метантенки – герметичные резервуары, где анаэробные организмы минерализуют органические вещества. «Вместо метантенков может применяться метод анаэробной стабилизации. Дальнейшее снижение влажности осадков может достигаться в аппаратах механического действия — на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах. Иловые площадки устраиваются для обезвоживания в естественных условиях сброженного в метантенках осадка» [3].

## 1.2 Биохимическая очистка сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» в цехе №

39

Переработка органических и неорганических соединений производства капролактама в цехе № 39 происходит методом нитриденитрификации (НДФ), по установленной схеме биологической очистки сточных вод азотных соединений [12].

На ПАО «КуйбышевАзот» были введены в эксплуатацию очистные сооружения в 1989 г., которые были установлены в цехе № 39. Проектная мощность установки нитриденитрификации промышленных стоков производства капролактама составляла:

- аммонийные и азотные загрязнения – 543,631 т/год;
- нитратные азотные загрязнением – 1629,1775 т/год.
- по количеству перерабатываемых промстоков - 2216,300 тм<sup>3</sup>/год или 6072 м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения НДС производства капролактама работает 365 дней в году.

На момент составления регламента была достигнута производственная мощность (за 2012 год):

- по аммонийным азотным загрязнениям – 514,7 т/год;
- по нитратным азотным загрязнениям – 731,1 т/год.
- по количеству перерабатываемых промстоков - 1724,000 тм<sup>3</sup>/год.

Биологическую очистку сточных вод методом нитриденитрификации используют на ПАО "КуйбышевАзот". Производительность установок по очистке сточных вод методом НДС является 6000 м<sup>3</sup>/сут. Промышленные сточные воды проходят три этапа очистки в аэротенках: в нитрификаторе, в денитрификаторе и на стадии доочистки. Процесс нитрификации протекает в присутствии кислорода - аэробный, протекает в две фазы. Процесс денитрификации бескислородный - анаэробный [12].

ПАО «КуйбышевАзот» не может сбрасывать свои сточные воды в водоемы. На предприятии проводятся меры по снижению потребления природной воды. При внедрении замкнутой системы использования воды с применением биологических методов очистки, значительно сократятся объемы сточных вод.

В настоящее время после прохождения очистки, сточные воды сбрасываются на БОС ЗАО «Тольяттисинтез».

Проектом предусмотрена возможность поступления сточных вод (из к.2036 и к. 2039) в водооборотный цикл предприятия.

Потребность в пополнении оборотной воды – ок. 300 м<sup>3</sup>/ч. Для ВОЦ используется речная вода.

### 1.2.1 Описание технологического процесса цеха № 39

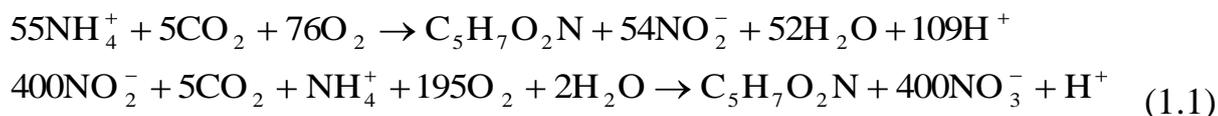
Сущность биологической очистки от азотных загрязнений заключается в биохимическом окислении аммонийного азота до нитратного нитрифицирующими бактериями (автотрофами), при наличии углерода и кислорода, и в дальнейшем биологическом восстановлении нитратного азота до свободного за счет окисления органического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

На установке нитриденитрификации предусмотрена четырехступенчатая 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 [12].

Процесс нитрификации идет в две фазы по уравнениям:



Для ведения процесса нитрификации требуется 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.

Общая схема денитрификации:



Бактерии, которые содержатся в денитрификаторе, являются гетеротрофными организмами, которые используют нитраты в качестве акцептора водорода при окислении ими органического вещества. Процесс нитрификации почти одновременно идет с процессом, а также возможна косвенная денитрификация, ведущая к восстановлению аммонийных и нитратных соединений до  $\text{NH}_3$  и  $\text{N}_2$ . 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 нитриденитрификации происходят при помощи активного ила, 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.

Предложенная схема биологической очистки выбрана из условия очистки сточных вод по большинству параметров, а именно: органические загрязняющие примеси, соединения азота (аммоний, нитриты, нитраты), фосфаты. Возможность очистки от этих загрязняющих примесей возможно только при реализации схем, включающих методы технологий, нитрификации, денитрификации и дефосфатации. Эти технологии базируются на чередовании зон перемешивания и аэрации с дополнительными связующими рециклами.

Применительно к конфигурации предложенного аэротенка (4 коридора, подача сточных вод по распределительному лотку) были рассмотрены различные варианты схем. Критерием сравнения были не только простота, но и эффективность очистки сточных вод. Одной из наиболее простых и эффективных схем является схема Лудзака-Эттингера.

Исходные данные:

Расход сточных вод: суточный - 51464 м<sup>3</sup>/сут.

максимальный часовой - 2146 м<sup>3</sup>/ч.

Движение воды во вторичных отстойниках - горизонтальное

Расход активного ила (в долях) - 0.75.

Иловый индекс - 100 мл/г.

Средняя зимняя температура воды - 10 С.

С первичным отстаиванием

Параметры сточных вод: поступающие - очищенные.

ХПК - 200 - 0 мг/л.

БПК<sub>5</sub> - 100 - 2 мг/л.

Взвешенные вещества - 52.07 - 4 мг/л.

Азот аммонийный - 16.92 - 0.39 мг/л.

Азот нитратов+нитритов - 8.8 - 12.6 мг/л.

Фосфор фосфатов - 1.552 - 0.2 мг/л.

Щелочность - 5 ммоль/л.

Площадь поверхности вторичных отстойников - 2160 м<sup>2</sup>.  
Глубина вторичных отстойников - 3.1 м.  
Вместимость вторичных отстойников - 6696 м<sup>3</sup>.  
Вместимость аэротенков - 23760 м<sup>3</sup>.  
Тип схемы денитрификации - 0.  
Счет общего азота и фосфора по N1 ASM3p.  
Расчет работы ОСК  
Нагрузка по БПК5 - 5146 кг/сут.  
Коэффициент запаса - 1.512  
Расчетный аэробный возраст ила - 8.39 сут.  
Возраст ила уточненный - 21.75 сут.  
Расчет вторичных отстойников (ВО):  
Продолжительность отстаивания иловой смеси - 3.12 ч.  
Концентрация придонного ила в ВО - 14.6 г/л.  
Концентрация возвратного ила - 8.77 г/л.  
Доза ила в аэротенке - 3.138 г/л.  
Нагрузка на объем ила в ВО - 311.7 л/м<sup>2</sup> ч.  
Максимальная нагрузка на поверхность ВО - 0.994 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч.  
Средняя нагрузка на поверхность ВО - 0.993 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч.  
Глубина зоны очищенной воды - 0.5 м.  
Глубина зоны сепарации ила - 1.127 м.  
Глубина зоны уплотнения и накопления ила - 0.4369 м.  
Глубина зоны осаждения и удаления ила - 1.037 м.  
Органический азот на входе - 5.890 мг/л.  
Итого приходящий азот - 31.6 мг/л.  
Органический азот на выходе - 2 мг/л.  
Азот, включаемый в биомассу - 4.5 мг/л.  
Удаляемый азот - 12.12 мг/л.  
Доля зон денитрификации - 0.2558  
Концентрация фосфора в очищенных водах - 0.000044 мг/л.

Фосфор, накапливающийся в биомассе - 1 мг/л.

Фосфор, необходимый для прироста биомассы - 1.25 мг/л.

Общий фосфор поступающих сточных вод - 2.25 мг/л.

Щелочность очищенных сточных вод - 3.577 ммоль/л.

Суточный прирост ила при удалении органики - 3235 кг/сут.

Суточный прирост ила при удалении фосфора - 193.0 кг/сут.

Прирост ила - 3428 кг/сут.

Масса взвешенных веществ в аэротенках - 74554 кг.

Расход активного ила по расчету (в долях) - 0.557.

Нагрузка на объём по БПК<sub>5</sub> - 0.2166 кгБПК<sub>5</sub>/м<sup>3</sup> сут.

Нагрузка на ил по БПК<sub>5</sub> - 0.069 кгБПК<sub>5</sub>/кгSS\*сут.

Период аэрации средний - 11.08 ч.

минимальный - 11.07 ч.

Время цикла - 8.25 ч.

Потребление кислорода на окисление органики - 256.9 кг/ч.

Потребление кислорода на нитрификацию - 146.8 кг/ч.

Освобождение кислорода при денитрификации - 75.3 кг/ч.

Итого потребление кислорода с учетом неравномерности - 425.5 кг/ч.

Определение соотношения зон перемешивания и аэрации по ATV-DVWK-A 131E для принятой схемы базируется на балансе между органическими загрязняющими примесями и необходимым количеством удаляемых соединений азота, как окисляемого аммония, так и восстанавливаемых нитратов и нитритов.

Всего по проекту предусмотрено 3 секции аэротенков. Вместимость каждой секции аэротенков  $V = 7920$  м<sup>3</sup>. Общая вместимость аэротенков – 23760 м<sup>3</sup>.

В первом коридоре каждой секции предполагается организовать зону перемешивания с установкой 5 механических мешалок, которые обеспечат инеаиливающие скорости в потоке иловой смеси.

Во втором, третьем и четвертом коридорах – зона аэрации с установкой

систем аэрации ЭКОПОЛИМЕР на базе трубчатых аэраторов АКВА-ПРО-М. Из конца четвертого коридора в начало первого организуем рецикл иловой смеси с помощью специального насоса типа «мешалка в трубе» сквозь перегородки между коридорами.

Сточные воды по распределительному лотку будут поданы в секцию и распределены по длине первого коридора (в основном в первой половине). Активный ил будет подан в начало первого коридора. Технология нитрификации предполагает окисление части органических загрязняющих примесей и аммонийных соединений азота в присутствии кислорода – зона аэрации.

Технология денитрификации предполагает восстановление окислов азота (нитриты и нитраты) и использование полученного кислорода и органических. Вторичные отстойники внутренний рецикл L – 66,6 м вход сточных вод вход сточных вод вход сточных вод В - 24 м Механические мешалки Аэраторы АКВАПРОМ L – 33,3 м

Аэротенки подача шибберные затворы возвратного ила Аэраторы АКВАПРОМ В - 12 м насос осветленной воды иловый приямок насосы активного ила загрязняющих примесей для жизнедеятельности денитрифицирующей части активного ила – зона перемешивания.

Рецикл иловой смеси из конца зоны аэрации в начало зоны перемешивания предполагает подачу иловой смеси, насыщенной окислами азота. При чередовании зон перемешивания и аэрации за счет жизнедеятельности фосфораккумулирующих микроорганизмов происходит накопление фосфора

внутри бактерий с последующим удалением их с избыточным илом.

Общие сведения о работе активного ила аэротенков.

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.

В активном иле присутствуют все основные физиологические группы микроорганизмов, необходимых для процесса очистки сточных вод. “В процессах разложения загрязняющих веществ в аэротенках основная роль принадлежит гетеротрофным флокулообразующим бактериям” [23].

Активный ил может осаждаться, образовывать хлопья. Эти свойства ила играют важную роль в обеспечении качественной очистки сточных вод методом биологической очистки. Активный ил может находиться во вторичных отстойниках только во флокулированном состоянии и накапливаться в аэротенках. Качество очищенных вод зависит от способности активного ила к коагуляции.

«Клетки гетеротрофных бактерий активного ила при контакте с загрязняющими веществами сточных вод окружают себя слоем слизистотягучего биополимерного геля (вязкого коллоидного раствора). Объем выделяемого геля распределяется вокруг клеток и хлопьев активного ила, защищая их от неблагоприятного воздействия сточных вод, участвуя в процессе флокуляции (слипания) хлопьев между собой, и играет доминирующую роль в обеспечении сорбции загрязняющих веществ и их трансформации внутрь микробных клеток» [13].

Так же, важную роль играет возраст активного ила. От возраста зависят его активные свойства. Возраст активного ила — это время пребывания ила в очистных сооружениях до полного обновления. При усилении нагрузки на активный ил увеличивается объем избыточного ила и прирост, соответственно возраст ила уменьшается. Если увеличивается вынос ила, то ослабляются окислительные свойства, уменьшается его прирост, таким образом, увеличивается возраст ила. Следовательно, все эти негативные факторы, которые могут привести к перегрузке и лишнему выносу ила влияют на его

изменение возраста. Хлопья активного ила должны эффективно очищать сточные воды от загрязняющих веществ и “сами хорошо отделяться от очищенной воды. Эти два свойства не обязательно связаны между собой” [19].

Молодые хлопья активного ила могут легко аккумулировать загрязняющие вещества из сточных вод, но они плохо осаждаются, однако хорошо оседающий ил имеет плохие окислительные свойства. Хлопья не всегда образуются при очистке промышленных стоков, так как в иле в основном преобладают виды бактерий, способные очищать эти загрязнения, но не способные к флокуляции [12,3].

В большей степени хлопья состоят из отмерших клеток и аккумулированных частиц. “Мертвые клетки тоже чистят воду, но хуже и непродолжительно” [19]. От возраста ила зависит его ферментная активность и способность к осаждению. Старые хлопья менее активны, чем молодые, но хорошо оседают в отличие от молодых.

При неблагоприятных условиях ил может вспухать и из-за этого плохо выполнять свои функции и не оседать на дне, что может привести к плохой очистке сточных вод. Поэтому возникают различные проблемы, такие, как потери активного ила из-за его выноса и ухудшается очистка промышленных стоков, понижается биохимическое окисление загрязняющих веществ.

«Вспухание активного ила может быть эпизодическим и хроническим. Причины, вызывающие вспухание, действуют непродолжительно, это способствует возникновению периодического вспухания, которое характеризуется внезапным началом, быстрым подъемом, интенсивным, но коротким развитием. Хроническое вспухание долго длится или часто повторяется, что приводит к вырождению биоценоза, постепенному ухудшению и постоянно неудовлетворительному качеству очистки» [11].

Если увеличиваются потери ила из-за его выноса из очистных сооружений, то уменьшается его прирост, снижаются все его свойства и это приводит к увеличению возраста ила. Из этого следует, что любая перегрузка

активного ила негативно влияет на его работу и провоцирует увеличение его возраста.

На предприятии ПАО «КуйбышевАзот», а именно на сооружениях биологической очистки образуется более 260 тонн избыточного ила. Предприятие не утилизирует избыточный ил, а вывозит на полигон ЭКОТРАНС, где ил при естественных условиях начинает гнить, нанося вред окружающей среде.

Также важную роль играет температура. Сточные воды должны иметь определенную температуру для эффективной работе очистных сооружений. Оптимальная температура влияет на растворимость химических загрязняющих веществ, на интенсивность обмена веществ, на скорость химических процессов и на скорость извлечения загрязняющих веществ, в целом на эффективную очистку.

Ферменты, из которых состоит активный ил чувствительны к температуре. В состав ферментов входят белки. Повышенная температура замедляет эти ферменты. Все ферменты отличаются между собой, поэтому у всех разная устойчивость к высокой температуре. Однако, если температура превышает 35°C, то активность ферментов начинает замедляться. Даже непродолжительное повышение температуры негативно действует на них, потому что белки не восстанавливаются и полностью прекращается процесс обмена веществ. При благоприятной температуре ферменты остаются активными [12,10,3].

Работа очистных сооружений методом нитрификации полностью зависит от температуры поступающих сточных вод. Оптимальная температура для эффективной работы сооружений должна быть в пределах 20÷25 °С. В зимнее время активность ила снижается на 10% при благоприятных условиях. Если температура составляет 9 °С, то процесс нитрификации снижается, а при 6 °С прекращается. Скорость процесса нитрификации может снижаться при низком содержании кислорода. При повышении температуры скорость процесса денитрификации возрастает. Из-за этого в летнее время под действием высокой

температуры во вторичных отстойниках повышается вынос взвешенных веществ, так как ускоряется процесс денитрификации [19].

Для сточных вод, также важна концентрация водородных ионов рН в сточных водах. За счет величины рН увеличивается эффективное очищение сточных вод. При оптимальной величине рН организмы в активном иле лучше функционируют, так как от рН зависит токсическое действие активного ила.

Из-за низкой величины рН плохо осаждаются ил и ухудшается обмен у бактерий или они вовсе вытесняются грибами. Для того чтобы функции активного ила не нарушались среда должна быть равна  $6,5 \div 8,6$ . “При повышении рН обмен активного ила увеличивается, что может привести к их гибели” [23].

“Для перемешивания ила нужна постоянная подача кислорода, для того чтобы активный ил не застаивался. В норме концентрация кислорода должна быть  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ , максимальное его содержание  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ . Кислород необходим для нормальной жизнедеятельности организмов, которые живут в иле. Если произойдет застой, то организмы начнут гибнуть и это отразится на качестве очистки сточных вод.

Чтобы ил постоянно перемешивался и не застаивался, применяют нормы на растворенный кислород. “При концентрации растворенного кислорода, превышающей максимально необходимую, критическую величину, степень активности микроорганизмов не увеличивается, и очистка не улучшается. Необходимая степень аэрации должна в первую очередь учитывать нагрузки по загрязняющим веществам, а не гидравлические нагрузки. Повышение содержания растворенного кислорода в аэротенках выше  $3,5 \div 4,0 \text{ мг/дм}^3$  мало влияет на эффективность биохимического окисления загрязняющих веществ, но сильно увеличивает энергетические затраты” [19].

Организмам нужен кислород, так как он им необходим для дыхания. В присутствии кислорода протекают окислительно-восстановительные процессы, перемешивание ила, удаление продуктов метаболизма.

“Нарушение флокуляционных и седиментационных свойств активного ила. Нарушение седиментации (осаждаемости) активного ила характеризуется иловым индексом. Нарушение флокуляции активного ила — это нарушение процесса объединения хлопьев ила при отстаивании. При нарушении флокулообразования каждая отдельная частичка активного ила осаждается со свойственной ей скоростью сама по себе, независимо от других частиц, поэтому над иловая вода мутная, содержит много отдельных частиц ила.

Сточные воды поступают от производства капролактама и цеха №3 по трубопроводам, проложенным по эстакаде” [23].

“Трубопровод К7 – аммоний содержащий сток (КСП – конденсат сокового пара) от корпусов 714, 909, 914 заведен в приемную камеру корпус2021. Стоки с цеха №3 также поступают по трубопроводу К7 в корпус2021 цеха №39.

Трубопровод К13– нитрат содержащий сток (ВСТ – вода сточная) от корпус 946, 709, 912, 916, 2080 заведен в приемную камеру корпус2023.

Если стоки превышают нормы по загрязняющим веществам по линии ВСТ некондиционные стоки сливаются по трубопроводу с эстакады в камеру №32/1, сток КСП - в камеру №32/2. В случае если некондиция поступает одновременно по КСП и ВСТ, сброс производится только с одного коллектора, а по второму коллектору стоки поступают в приемную камеру, куда для разбавления подается циркуляционный сток” [23].

“Реагенты подаются по трубопроводам, проложенным по эстакадам Иб-1, Иб-3, Иб-9:

- трубопровод ГУ– трубопровод газа углекислого от цеха №11, заведен в корпус№29;

- трубопровод водно-щелочных стоков К18 от цеха №35, заведен в корпус№29;

- трубопровод Щ – трубопровод содового раствора от корпус916, заведен в корпус№30 к емкостям поз. Е8/1,2, насосам поз. 9/1-3 и далее в корпус №29;

- трубопровод КФ – трубопровод ортофосфорной кислоты от корпус №30, заведен в корпус №29» [23].

Трубопроводы подачи реагентов подключены к насосам гидроперемешивания поз. IA/1,2 корпус 2022, поз. ПА/1,2 корпус №24. По эстакадам подведены трубопроводы подачи воздуха КИП, пара (П5), воздуха технологического сжатого (ВТС), теплофикационной воды (ВТП, ВТО) и спутникового обогрева (ВГП, ВГО).

«Аммоний содержащий сток ( $\text{NH}_4^+$ ) подготавливается и очищается по схеме: приемная камера корпус2021 → распределительный лоток → усреднитель → контрольные емкости корпус2022 → насосы (поз. I/1-3) в корпус2029 → нитрификатор корпус2025 → вторичные отстойники корпус2026 → денитрификатор корпус2027. Сток КСП поступает на очистные сооружения с расходом  $150 \text{ м}^3/\text{час}$ . Стоки поступают в усреднитель, представляющий собой сооружение с системой коридоров общим объемом  $2 \cdot 150 \text{ м}^3$ . Функция данного сооружения – усреднение стоков КСП по загрязнениям и за счет аккумуляирования по расходу и охлаждению, поскольку температура стоков может достигать выше  $50^\circ\text{C}$ » [26].



Рисунок 1.3 – Сооружения аммоний содержащего стока

“Нитрат содержащий сток подготавливается и очищается по схеме: приемная камера корпус2023 → распределительный лоток → усреднитель корпус2023 → контрольные емкости корпус2024 → насосы (поз. II/1-3) в корпус2029 → денитрификатор корпус2027 → вторичные отстойники корпус2028 → аэротенк корпус2040 → вторичные отстойники корпус2041 → биореакторы корпус2042 → насос (поз. VII/1-4) → УФ-установка корпус2043” [18] → ЗАО БОС «ТольяттиСинтез», ВОЦ-8 производства капролактама. Качественные характеристики сточных вод представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Качественные характеристики сточных вод

Наименование показателя	Качество поступающих стоков на очистные сооружения, в усреднитель (2021)	Качество сточных вод, поступающих в аэротенк-нитрификатор	Качество сточных вод после вторичного отстойника аэротенка-нитрификатора (2026)
Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	90 – 200	80-160	0,0 – 8,3
Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	7,8 - 13	5,0 – 20,0	90 - 150
Фосфор фосфатов, мг/дм <sup>3</sup>		0,42 – 3,2	0,75 – 3,1
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	270-350	160 - 300	32 - 44
Температура, °С	50 - 54	48 - 52	
pH	9,0 - 10,0	9,3 -9,6	8,2 – 8,6
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>		19,75	9,25
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>		1,3	3,381

Очистные сооружения нитрат содержащего стока представлены на рисунке 1.4. Нитрат содержащий сток поступают на очистные сооружения отдельным потоком в усреднительную емкость (2023) расходом 60 м<sup>3</sup> /час. В эту же емкость поступает 40 м<sup>3</sup> /час сточных вод после доочистки (рециркуляция) и 15 м<sup>3</sup> /час некондиционных стоков (адипаты) в качестве подпитки органическим углеродом. В поток вводится раствор ортофосфорной кислоты для обеспечения баланса биогенных элементов и содового раствора для создания оптимальных условий [10,12].

Усреднительная емкость представляет собой емкостное сооружение с системой коридоров, общим объемом 1350 м<sup>3</sup>.



Рисунок 1.4 – Сооружения нитрат содержащего стока

“Подготовка аммоний содержащего стока заключается в корректировке рН, содержания бикарбонатной щелочности ( $\text{HCO}_3^-$ ) и фосфора, путем введения углекислого газа, раствора соды и ортофосфорной кислоты в систему гидроперемешивания. Раствор соды и ортофосфорной кислоты подаются через гребенку на всас насоса поз. Ia/1,2, а углекислый газ вводится через эжектор в нагнетание того же насоса” [23].

Подготовка нитрат содержащего стока в корпуса №24 заключается в корректировке ХПК, рН, фосфора, путем введения ВЦС, раствора соды, ортофосфорной кислоты через гребенку на всас насоса поз. Па/1-2 гидроперемешивания.

После получения положительных “результатов аналитического контроля подготовленный сток через открытые шиберы поз. 33/4,5,6 поступают в нижний лоток корпус №24, откуда насосом поз. П/1-3 подается по трубопроводу в денитрификатор (корпус №27)” [19].

Нитрификатор корпус 2025, в который поступают аммоний содержащие сточные воды, состоит из 3-х секций, 3-х коридор, сооружение с монолитным железобетонным днищем и стеновыми панелями. Рабочий объем –  $6420 \text{ м}^3$ . Каждая секция по отдельности может отключаться на ремонт, без нарушения общей технологической работы. Секции имеют по три коридора. По длине

коридоров по днищу смонтирована система аэрации из фильтросных труб или установленных в ряд эрлифтов. Сжатый воздух подается на сооружения биологической очистке при помощи турбокомпрессоров в корпус 2030, затем по коллекторам и так происходит аэрация сточных вод [23].

“Осветленный нитрифицированный сток из отстойников собирается в нижний лоток корпус 2026 из которого через выпуски распределяется по секциям денитрификатора” [23]. Сооружения денитрификатора представлены на рисунке 1.5, технологические параметры работы денитрификатора представлены в таблице 1.2.



Рисунок 1.5 – Сооружения денитрификатора

Таблица 1.2 - Технологические параметры работы денитрификатора

Наименование параметра	Аэротенк № 1 min-max/cp	Аэротенк №2 min-max/cp	Аэротенк № 3 min-max/cp
Растворенный кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,46 – 3,94/1,14	0,39 – 3,1/1,2	0,39 – 3,1/0,95
Концентрация ила, г/дм <sup>3</sup>	1,28 – 1,81/1,5	1,4 – 2,1/1,7	1,38 – 1,98/1,6
Иловый индекс, дм <sup>3</sup> /кг	517 – 777/656,8	469 – 692/590	500 – 717/618

Высокое содержание органических загрязняющих веществ в стоке приводит к нарушению процесса нитрификации. В связи с этим были внесены изменения в схему. Для того, чтобы снизить ХПК была выделена первая секция корпуса №25 и два отстойника. Таким образом сток будет поступать в первую секцию этого корпуса, где будет очищаться от органических загрязнений под воздействием активного ила, который способен очистить от органики. Затем сточная вода попадает в отстойник и оттуда уже без ила и взвешенных веществ направляется в корпус №25 по описанной схеме, а ил при помощи насосов возвращается в первую секцию данного корпуса [19].

Все процессы, происходящие во время очистки сточных вод, контролируются специальными приборами КИПиА с показаниями по месту и регистрацией в корпусе №30. Схема материального баланса ОС представлена на рисунке 1.3.

В корпус №27 поступают сточные воды, которые подвергаются денитрификации. По строению он представляет собой три секции и три коридора и построенные из железобетона – дно, стенки из панелей.

В начало первых коридоров поступают нитрифицированный сток из нижнего лотка корпус 2026 и активный ил по трубам из иловой камеры, смонтированной над корпус 2027.

Нитрат содержащий сток из корпус 2029 по коллектору и трубной разводке. распределяется в соответствии с показаниями расходомеров по первым и вторым коридорам и вводится при помощи гребенок с соплами.



Рисунок 1.6 – сооружения биореактора

В биореакторах происходит процесс биологического разложения на биопленке, которая образуется на насадках. За счет этого снижается ХПК, БПК, снижается содержание азота аммонийного и других загрязняющих веществ в сточных водах. Снижение азота аммонийного в стоках происходит при помощи бактерий-нитрификаторов, которые формируются на биопленке.

Биореактор состоит из пластиковых насадок, которые расположены в специальных кассетах. Кассеты устанавливаются по четыре штуке в секции. К каждой секции подается поток воды при помощи насосов, вода подается снизу - вверх. За счет постоянного потока воды обеспечивается обмен между бактериями, образующимися на биопленке и загрязняющими веществами сточных вод.

На насадках биореактора во время работы накапливается ил, который при его большом количестве начинает смываться с водой, что приводит к увеличению взвешенных веществ в стоках. Это негативно сказывается на качестве очистки вод и на работе ультрафиолетового обеззараживании очищенного стока, по этой причине на теплообменниках водооборотного цикла происходит биообрастание.

Для того, чтобы удалить лишнюю биопленку применяют водовоздушную смесь. В воду по трубам, расположенных под кассетами поступает

сжатый воздух. Обработка длится примерно двадцать минут, затем сточные воды сбрасываются в камеру опорожнения и оттуда откачиваются на доочистку в аэротенк.

«Схема откачки предусматривает подачу химзагрязненных сточных вод по существующему трубопроводу на БОС ЗАО «Тольяттисинтез» без ультрафиолетовой дезинфекции» [19].

Все процессы, происходящие во время очистки промышленных сточных вод, каждый этап очистки ведутся в соответствии с результатами аналитического контроля. Схема представлена на рисунке 1.3.

Для проведения ремонта или осмотра, корпуса №25, №27, №40 опорожняются посекционно через самотечную линию в камеру, из которой насосом сток может откачиваться в любую стадию очистки корпус №25, №27, №40 или в усреднители.

Технологический воздух получают за счет сжатия воздуха турбокомпрессорами, для этого установлена воздухопроводная станция. «Для охлаждения подшипников предусмотрено три варианта:

- химзагрязненный сток из линии К15.2н, из-за повышенной температуры и большого содержания взвешенных веществ, применяется в аварийных случаях;

- речная вода – основной вариант;

- хоз.пожарная вода используется в экстренных случаях» [19].

Кислотное и содовое отделения размещены в корпусе №30. Этот корпус предусмотрен для дозирования и применения ортофосфорной кислоты 73%, также для добавления раствора соды кальцинированной 5÷10 % на гидроперемешивания.

В систему канализации сливают бытовые стоки от корпусов №30 и №29 и затем попадают в насосную станцию, где откачиваются в общую канализацию [23].

После очистки сточные воды с биореакторов поступают в водооборотные системы производства, то стоки должны обеззараживаться от болезнетворных бактерий в УФ-установке в корпусе №43 при помощи ультрафиолетовых лучей.

Технология УФ-дезинфекции сточных вод позволяет исключить отрицательные экологические эффекты, характерные для хлорирования и озонирования, а также образование в обработанной сточной воде токсичных, опасных для живых организмов компонентов.

При УФ-дезинфекции воды не происходит изменений ее химического состава в отличие от хлорирования и не требуется дополнительных количеств реагентов для достижения стабильности воды и повышается эксплуатационный ресурс стальных трубопроводов и арматуры.

Установка ультрафиолетового обеззараживания воды производительностью 250 м<sup>3</sup>/ч, состоит из камеры облучения с блоком пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) с блоком вентилятора и шкафа управления.

«Обрабатываемая вода поступает в камеру облучения, где подвергается воздействию УФ-излучения газоразрядных ртутных бактерицидных ламп низкого давления ДБ-75, помещенных в защитные кварцевые чехлы» [19].

Лишний ил из иловых камер корпусов №40 и №27 по трубопроводам сбрасывается в камеру №35, а затем насосом откачивается на сооружения или участок обработки осадка, где ил уплотняется и временно хранится. «На всасывающий трубопровод насоса поз. VIII/1-3, через ротаметр РМ- 2,5 -ГУЗ поз. FI-1, посредством эжектора поз. 2 подается воздух совместно с избыточным илом. Данная иловоздушная смесь по трубопроводу К-5.2н откачивается на узел напорных баков №52/1,2» [19].

“Напорный бак представляет собой емкость, гуммированную изнутри, с объемом 2 м<sup>3</sup> и рабочим давлением 0,5÷0,6 МПа (5÷6 кгс/см<sup>2</sup>) кг/см<sup>2</sup>” [19]. Иловоздушная смесь через эжектор, находящийся внутри напорного бака, дополнительно насыщается воздухом и под давлением 0,5÷0,6 МПа (5÷6 кгс/см<sup>2</sup>) кг/см<sup>2</sup> поступает по трубопроводу К5.2н на флотаторы 2047/1-2. “В

резервуаре флотатора снимается давление поступающей жидкости и происходит интенсивное выделение пузырьков воздуха, которые связывают взвешенные частицы (флотируют) избыточного ила и поднимают к поверхности флотатора. Образовавшаяся флотационная пена (уплотненный ил) вращающимися скребками отводится в лоток и поступает по трубопроводу К5.3 в резервуар уплотненного ила 2048, а затем насосами поз. 1,2 иловой насосной станции корпус 2049, откачивается по линии К5.3н на иловые площадки корпус 2050. Осветленный сток, отделенный во флотаторе от избыточного ила, сливается в сборный лоток, расположенный вдоль борта флотатора, а затем по трубопроводу К19 поступает в резервуар осветленного стока 2053. Сток из камеры 2053 насосами поз. 3-4 откачивается по трубопроводу К-19н в денитрификатор - корпус №27” [19]. Очистные сооружения аммоний содержащего стока представлены на рисунке 1.8.

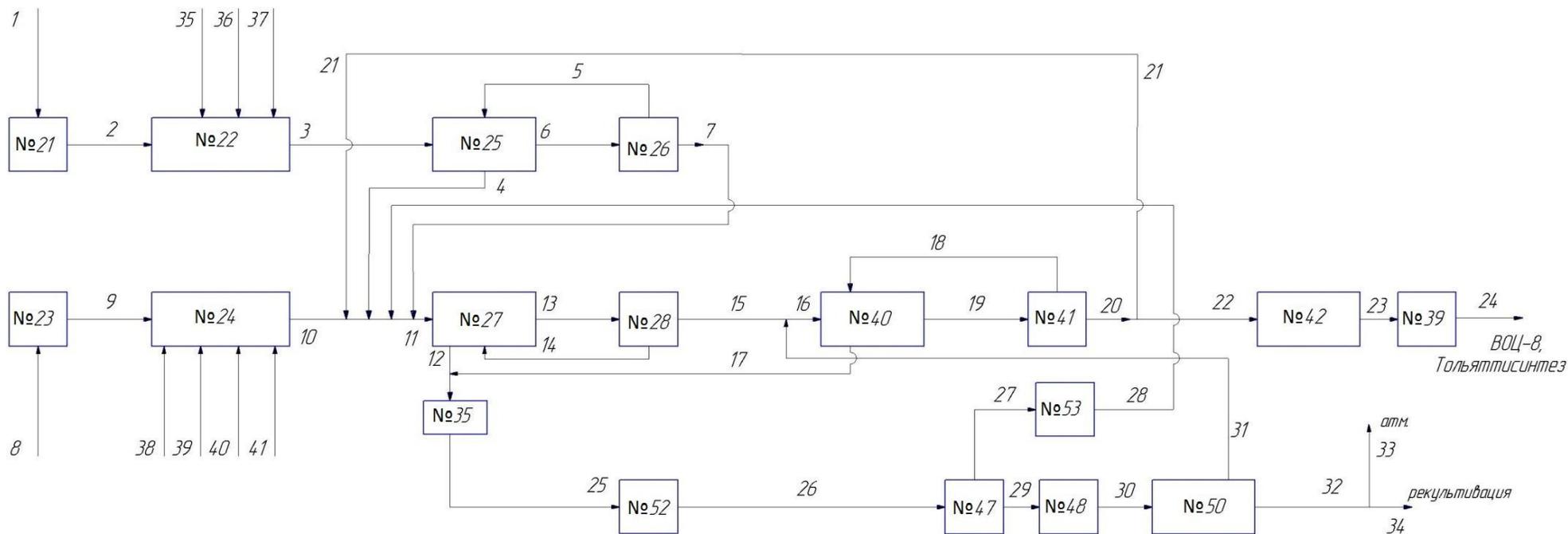
Иловые площадки корпус 2050, представляют собой земляные резервуары, днище и боковые склоны которых бетонированы.

Рабочие размеры: площадки № 3,4 размером 40 х 90 м, площадки № 1,2 - 25 х 70 м. Общая площадь - 1 ,07 га, максимальная высота заполнения уплотненным илом - 0,5 м. Иловые площадки представлены на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – иловые площадки корпуса 2050

“С целью полного обезвоживания и подсыхания уплотненного ила, на основании иловых площадок расположена дренажная система, состоящая из железобетонных лотков, в которых проложены перфорированные трубы. Железобетонные лотки засыпаны послойно щебнем разного размера, диаметром от 5÷10 мм до 40÷70 мм” [19].



38

Потоки процесса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N-NH <sub>3</sub> тонн/сутки	1,440	1,440	0,720	0,01152	0,216	0,3159	0,0999	0,0494	0,0494	0,0494	0,1950	0,0015	0,2187	0,0958	0,1229	0,1235	0,0051	0,1005	0,2189	0,1184
N-NO <sub>x</sub> тонн/сутки	0,360	0,360	0,360	0,1152	2,160	3,1594	0,9994	4,1035	4,1035	2,4720	3,6151	0,0010	0,1480	0,648	0,0832	0,0836	0,0038	0,0756	0,1482	0,0890
ХПК тонн/сутки	1,224	1,224	1,224					24,720	24,720	24,720	25,575	0,0499	7,0694	3,096	3,9733	3,9927	0,1152	2,2680	4,9384	2,6704
Расход м <sup>3</sup> /сут	3600	3600	3715,281	384	7200	10531,281	3331,281	2472	2472	2791,16	9356,441	116	16440,441	7200	9240,441	9285,441	384	7560	16461,441	8901,441

0,0319	0,0865	0,0390	0,0390	0,0067	0,0067	0,0027	0,0027	0,0003	0,0003	0,00027	0,00003	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,024	0,0650	0,0650	0,0650	0,0050	0,0050	0,0045	0,0045	0,0005	0,0005	0,00045	0,00005	H <sub>2</sub> O	ил	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
0,720	1,9504	1,9504	1,9504	0,1500	0,1500	0,135	0,135	0,015	0,015	0,0135	0,0015	атм.	подсуш.	газ	73%	сада 5%	газ	73%	сада 5%	ВЩС
2400	6501,441	6501,441	6501,441	500	500	450	450	50	50	45	5	4	1	1060,56	0,081	115,2	728,25	0,056	79,104	240,0

Рисунок 1.8 - Схема материального баланса ОС

“Поступающий ил подвергается на иловых площадках дальнейшему уплотнению и высыханию в естественных условиях. При наполнении иловой площадки, подсушенный ил вывозится автотранспортом на рекультивацию. Иловая вода дренируется через щебень в лотки и по перфорированным трубам сливается в колодцы поз” [19]. 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, “расположенные между иловыми площадками. Далее дренажная вода по трубопроводу К19 поступает в резервуар опорожнения №44, откуда погружным насосом «Гном» откачивается в корпус №40. При необходимости для ускорения высыхания, осветленная вода, отстаившаяся над уплотненным илом, сливается через систему шиберов К1-16 по трубопроводу К19 в резервуар 2044. Для промывок при засорении дренажных систем иловых площадок используется очищенная вода, подаваемая по трубопроводу К15.2н из корпус№29. После вывоза подсушенного ила и очистки площадки дренажные системы промываются химзагрязненной водой поочередно в теплое время года” [19].

Таким образом, оптимальным решением очистки сточных вод является биологическая очистка методом нитриденитрификации. Основным преимуществом такой очистки является возможность круглогодичной работы системы, эффективная 100% обработка стоков, безопасность для окружающей среды.

Внедрение замкнутой системы водопользования решит ряд проблем, связанных с загрязнением природных водоемов и использованием речной воды для подпитки.

## 2 Выбор технологической схемы биологической очистки сточных вод ПАО «КуйбышевАзот»

### 2.1 Описание технологического процесса и схемы

На очистные сооружения поступают загрязненные сточные воды от производства капролактама и цеха №3 по трубопроводам.

По трубопроводам на очистные сооружения со всех корпусов поступают загрязненные промышленные воды. С корпуса 714, 909, 914 идут КСП стоки и с цеха №3 также поступают загрязненные стоки. Очистные сооружения находятся в корпусе 2021 цеха №39.

ВСТ стоки также поступают на очистные сооружения, но только по отдельным трубам, не смешиваясь с КСП стоками. От корпусов 946, 912, 916, 2080 ВСТ стоки впадают в камеру корпуса 2023.

Если стоки превышают нормы по загрязняющим веществам или технологического режима, то их сливают по той же линии с ВСТ в специально оборудованную камеру. Превышающие норму стоки разбавляют оборотной водой. При поступлении таких сточных вод и по КСП, и ВСТ, то сброс осуществляется только с одного коллектора.

Направление потоков.

Направление потока очищаемых сточных вод идет по схеме. КСП сток, то есть сток содержащий аммоний, поступает в корпус 2021, затем после распределительного лотка в усреднитель, в контрольную емкость, затем стоки поступают в нитрификатор, во вторичный отстойник и в денитрификатор

Далее по схеме подготавливается нитрат содержащий сток. ВСТ сток попадает в корпус 2023, затем в приемную камеру, распределительный лоток, усреднитель и после контрольной емкости стоки поступают в денитрификатор, после во вторичный отстойник, в аэротенк, в биореакторы и потом стоки обеззараживаются и очищенные промышленные воды сбрасываются на ЗАО БОС «ТольяттиСинтез».

Усреднители.

Все усреднители по строению одинаковы, они располагаются ниже приемных камер. Сооружения представляют собой многокоридорные строения, коридоры разных размеров и разной длины. Сточные воды, поступившие в приемную камеру, дальше попадают на усреднитель через выпуски. Стоки затем по каналам собираются в нижнем лотке, они поступают с разной скоростью, после стоки поступают в контрольную емкость. [19].

Со всех сторон усреднители окружены резервуарами для накопления стоков. Эти резервуары соединены с приемными камерами с перекрывающимися шиберами. В водосливе стоки находятся на определенном уровне. Во время расхода какая-то часть стока поступает в аккумулирующий резервуар, оттуда, по колодцам поступает в камеру, после насосом откачивается в приемную камеру.

Из этого следует, что разная скорость движения стоков в усреднителях позволяет усреднить КСП и ВСТ стоки по загрязняющим веществам и расходу, за счет аккумулирования.

Контрольные емкости.

Стоки после усреднения из нижнего лотка поступают в две из 3х контрольных камер. Промышленные стоки подготавливаются к биологической очистке в контрольных камерах. Сначала две камеры заполняются, затем в сточные воды добавляют реагенты и одновременно с этим происходит непрерывное перемешивание стоков и их подача на очистку. В третьей камере подготовки в резерве находится сток. При подготовке КСП стока корректируется рН, щелочность, фосфор, за счет введения углекислого газа, раствора ортофосфорной кислоты и раствора соды.

Когда стоки пройдут аналитический контроль и после получения результатов стоки через шиберы поступают в лоток, откуда по трубопроводам перетекают в нитрификатор.

Нитрат содержащий сток при подготовке подвергается корректировке ХПК, рН, фосфора за счет введения ВЩС, раствора соды и ортофосфорной кислоты и при этом сток должен перемешиваться.

Как показатели станут удовлетворительными, стоки поступают в нижний лоток, откуда по трубопроводу стоки поступают денитрификатор.

Реагентная обработка.

По трубопроводам в стоки подаются реагенты. Реагенты необходимо для выравнивания показателей сточных вод до требуемых норм.

Реагенты подаются через специальные трубопроводы, которые соединены с насосами гидроперемешивания. Отдельно подведены трубы для подачи воздуха, за счет этого воздуха происходит перемешивание, также для технологического воздуха сжатого, для пара, для спутникового обогрева.

Камера некондиционного стока

Если поступают некондиционные стоки, то ВСТ сточные воды насосами направляются в камеру некондиционного стока и так же КСП стоки насосами перекачиваются в следующую камеру. Затем насосами откачивается необходимое количество воды в соответствующую приемную камеру.

Аэротенки-нитрификаторы

Аммоний содержащий сток поступает в нитрификатор. Нитрификатор состоит из 3х секций и 3х коридоров с железобетонным дном и стенами. Рабочий объем нитрификатора составляет – 6420 м<sup>3</sup>. Все коридоры сооружения могут работать автономно, не прерывая процесс очистки, то есть при поломке он может отключаться без нарушения технологического процесса и схемы. Каждая секция состоит из трех коридоров. По всей длине и ширине распределены фильтросные трубы для аэрации стока и ила. Через эти трубы поступает сжатый воздух, он сжимается за счет турбокомпрессоров. Таким образом происходит перемешивание сточных вод.

Проектная схема

Загрязненные промышленные воды, содержащие аммоний из коллектора по трубам заводятся сверху тремя выпусками в коридоры сооружений. Активный ил подается в начало коридоров по специальным трубам из иловой камеры. За счет перемешивания сжатым воздухом в иле происходит обмен между бактериями активного ила и загрязнениями сточной воды. И

одновременно происходит насыщение растворенным кислородом активного ила, что благоприятно сказывается на работе очистных сооружений. Сам процесс нитрификаций протекает при высоком содержании кислорода –  $3\div 7$  мг/л и при бикарбонатной щелочности в соотношении –  $\text{HCO}_3: \text{N-NH}_4 = 0,1: 0,2$ . Удовлетворительный возраст для активного ила – 20 суток. Для того чтобы поддерживать возраст ила нужно выводить  $1/20$  часть объема иловой смеси из нитрификатора, этот процесс осуществляется эрлифтами, установленными в конце каждого третьего коридора. После откачивания ил попадает в специальный иловый отсек, а затем по трубам сбрасывается в нижний лоток и далее идет в секцию денитрификации [19].

#### Отстойники нитрификаторов.

Из нитрификатора сток попадает в нижний лоток и после поступает в верхний лоток вторичных отстойников. После происходит разделение стока от ила. Благодаря полу пружинной перегородке, которая направляет иловую смесь в зону отстойника, происходит оседание. После оседания ил перекачивают в иловую камеру. Раз в смену этот ил продувают специальными перемешивающими системами, чтобы ил не залеживался и не гнил.

После отстойника нитрифицированный сток поступает в нижний лоток, затем распределяется по секциям денитрификатора.

#### Аэротенки-денитрификаторы.

Сточные воды, поступающие на денитрификацию после прохождения нитрификации направляются в трехкоридорное, трехсекционное сооружение. Сооружение состоит из железобетонного днища и монолитных стен. Рабочий объем денитрификации составляет –  $7020 \text{ м}^3$ . Все секции работают самостоятельно независимо друг от друга и их можно отключать при аварии это не мешает работе технологической схемы.

Сначала в коридоры поступает активный ил по специальным трубам из иловой камеры. Затем поступает по трубам нитрат содержащий сток в коридоры. Стоки вводятся с помощью гребенок с соплами. Распределение стока происходит по показателям расходомеров.

В денитрификации проходят процессы окисления под воздействием кислорода, который бактерии получают из нитратов. Из этого следует, что условиями в денитрификаторе для эффективной работы является наличие отношения в стоках N - (NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub>): ХПК, как 1: 6÷10, растворенный кислорода не должен превышать 0,5 мг/л и нужно поддерживать его на низком уровне. Также необходимо постоянное перемешивание воды и активного ила. Для перемешивания установлены специальные системы гребенки с соплами, которые распределены по всей длине коридоров, и система крупнопузырчатой аэрации, перфорированные трубы которой расположены на тех же уровнях.

Системы гидроперемешивания можно отключать на период, когда нужно определить удовлетворительные показатели аналитического контроля сточных вод в денитрификаторе. Когда система отключена не ведется контроль НТР по расходу стока и давлению для перемешивания сточных вод в денитрификаторе.

Если произойдет передозировка ВЩС или одновременный сброс органики в стоках, когда нужно повышение концентрации растворенного кислорода, используется мелкопузырчатая аэрация при помощи специальных труб в первом и втором коридорах. Восстановление активности ила происходит в камере регенерации, также происходит отдувка газообразного азота, пузырьки которого препятствуют оседанию ила в отстойниках корпус 2028.

Оптимальный возраст, который нужно поддерживать в денитрификаторе составляет 60 суток. Избыточный ил отбирается так же эрлифтами. Избыточный ил из иловой камеры идет самотеком в определенную камеру и оттуда насосами распределяется на сооружениях или направляется на участок обработки осадка.

Отстойники денитрификаторов.

Денитрифицированные сточные воды с активным илом направляются в верхний лоток, а затем в четыре отстойника. Устройство и работа всех отстойников одинакова и ничем не отличаются друг от друга. После оседания

ила его отправляют по трубам в иловую камеру и затем в первые коридоры денитрификатора. После осветленная вода собирается в нижний лоток.

Из этого лотка часть стока поступает самотеком в камеру, после поступает на перемешивание сточных вод. Гидроперемешивание происходит денитрифицированным стоком при помощи насосов. Распределительная система в корпусе 2027 размещена в 2-х уровнях.

Другая часть сточных вод самотеком поступает на доочистку по трубопроводам.

Аэротенки доочистки.

Аэротенк и нитрификатор схожи по принципу действия и по конструкции строения и применяется для снижения органики в стоках. Активный ил не должен превышать возраст 20 суток. Растворенный кислород должен быть равен 3 мг/л [22].

Отстойники доочистки.

После этапа доочистки сточная вода и активный ил поступают в нижний лоток, затем распределяется в четыре отстойника. Отстойники доочистки схожи с остальными отстойниками и функции не отличаются. Лишний ил сбрасывается в отдельный резервуар, а после направляется на сооружения либо на участок обработки осадков. Активный ил сбрасывается в иловую камеру, затем поступает в аэротенк. Из отстойника осветленные сточные воды собираются в нижнем лотке и оттуда через трубы разделяется на два потока.

Первый поток направляется на доочистку в биореакторы, второй поток – в резервуар рециркуляции и оттуда при помощи насосов и труб направляется на разбавление стоков.

Биореакторы.

В биореакторах происходит процесс биологического разложения на биопленке, которая образуется его насадках. За счет этого снижается ХПК, БПК, снижается содержание азота аммонийного и других загрязняющих веществ в сточных водах. Снижение азота аммонийного в стоках происходит при помощи бактерий-нитрификаторов, которые формируются на биопленке.

Биореактор состоит из пластиковых насадок, которые расположены в специальных кассетах. Кассеты устанавливаются по четыре штуке в секции. К каждой секции подается поток воды при помощи насосов, вода подается снизу - вверх. За счет постоянного потока воды обеспечивается обмен между бактериями, образующимися на биопленке и загрязняющими веществами сточных вод.

На насадках биореактора во время работы накапливается ил, который при его большом количестве начинает смываться с водой, что приводит к увеличению взвешенных веществ в стоках. Это негативно сказывается на качестве очистки вод и на работе ультрафиолетового обеззараживании очищенного стока, по этой причине на теплообменниках водооборотного цикла происходит биообрастание.

Для того, чтобы удалить лишнюю биопленку применяют водовоздушную смесь. В воду по трубам, расположенных под кассетами поступает сжатый воздух. Обработка длится примерно двадцать минут, затем сточные воды сбрасываются в камеру опорожнения и оттуда откачиваются на доочистку в аэротенк.

В сточные воды, которые прошли доочистку в аэротенках, добавляют раствор флокулянта и гипохлорит натрия. При помощи флокулянта улучшается оседание взвешенных веществ, а именно активного ила и загрязнений, которые окислились при действии гипохлорита натрия.

В здании ультрафиолетовой установки предполагается размещение реагентного узла. В крайнем случае можно использовать хлорирование воды, который будет подаваться в сеть потребителю.

Специальными мембранными насосами гипохлорит натрия подается в сточные воды. Для приготовления раствора флокулянта из товарного сухого реагента применяется установка непрерывного приготовления флокулянта. Дозирование 0,05% раствора флокулянта производится шнековыми насосами.

Обработанные реагентами сточные воды поступают на седиментационные сооружения.

Конструкции существующих сооружений биореакторов (2042) с коническим днищем путем несложных доработок позволяет разместить в них четыре ламельных осветлителя.

Объем сооружений обеспечит гидравлическое удержание стоков более чем 30 минут.

Осветленная вода направляется в промежуточный резервуар, откуда насосами направляется на самопромывающиеся фильтры.

Обеззараживание (дезинфекция) стоков при помощи хлора – один из наиболее эффективных методов уничтожения болезнетворных бактерий и вирусов. Хлорирование очищенного стока – метод старый и проверенный, он основан на обезвреживающем действии хлора на большинство микроорганизмов, в том числе и на болезнетворные.

Ввиду сложности и опасности применения хлора в чистом виде для дезинфекции сточных вод, в качестве обеззараживающего вещества, применяются безопасные и максимально эффективные соединения хлора, такие как: гипохлорит натрия или гипохлорит калия. Это жидкие реагенты с содержанием активного хлора около 11%.

Проведение лабораторных испытаний с хлорной известью представлены на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Результаты очистки воды

На рисунке 2.1 представлены пробы сточной воды, отобранные со вторичного отстойника нитрификации корпуса 2026.

В первой колбе находится сток, не обработанный реагентами, во второй колбе сток обработан флокулянтom гипохлорит натрия и коагулянтom марки PuroFlock, в третьей колбе сток обработан хлорной известью.

По результатам мы видим, что наилучший результат по очистке воды достигается обработкой хлорной известью. Но данный метод не целесообразен с экологической точки зрения, т.к. хлор является ядовитым отравляющим веществом, его добавление в процесс очистки сточных вод может служить причиной увеличения штрафов за загрязнение окружающей среды.

Обеззараживание ультрафиолетовым (УФ) излучением — безопасный, экономичный и эффективный способ дезинфекции. Однако, к наиболее распространенным средствам обеззараживания воды относится хлорирование и озонирование.

Существенным недостатком данных способов обеззараживания является то, что вода меняет свой химический состав, что сказывается на качестве питьевой воды, а сточные воды становятся еще более токсичными для окружающей среды. Кроме того, химические средства обеззараживания требуют постоянного наличия реагентов, например, той же самой хлорки.

Технология ультрафиолетового обеззараживания воды экологически безопасна и требует меньших эксплуатационных затрат. Ультрафиолетовое излучение воздействует только на живые организмы.

УФ-обеззараживание.

В водооборотные системы производства очистные сточные воды поступают после биореакторов, что позволяет обеззараживать при помощи ультрафиолетовых лучей в УФ-установке (корпус 2043) стоки от болезнетворных бактерий.

В биореакторах сток проходит дополнительную очистку, после чего поступает в камеру 2039 по трубопроводу и откачивается из корпуса 2029 на УФ -установку (корпус 2043) насосами (поз. VII/1-4).

УФ-дезинфекция сточных вод позволяет добиться исключения отрицательных экологических эффектов, которые характерны для

озонирования и хлорирования, а также позволяет исключить образование компонентов в обработанной сточной воде, которые являются опасными и токсичными для живых организмов.

В отличие от хлорирования, при УФ-дезинфекции воды изменение ее окислительных характеристик не наблюдается, повышается эксплуатационный ресурс стальных трубопроводов и запорной арматуры, а также для достижения стабильности воды не требуются дополнительные реагенты.

Вода, прошедшая обработку поступает в камеру облучения, в которой она подвергается УФ-излучению от ртутных газоразрядных ламп низкого давления ДБ-75, которые размещены в защитных кварцевых чехлах.

Однако, качество очищенных сточных вод по солесодержанию, взвешенным веществам, солесодержанию не позволяет использовать данное оборудование с необходимой эффективностью.

Сброс очищенных сточных вод.

Под действием ультрафиолетового облучения специальных ламп, которые расположены УФ-установке, очищенный сток проходит дезинфекцию, после чего направляется на промышленное водоснабжение по трубопроводу.

Согласно схеме откачки, загрязненные сточные воды подаются на БОС ЗАО «Тольяттисинтез» без УФ-дезинфекции по существующему трубопроводу.

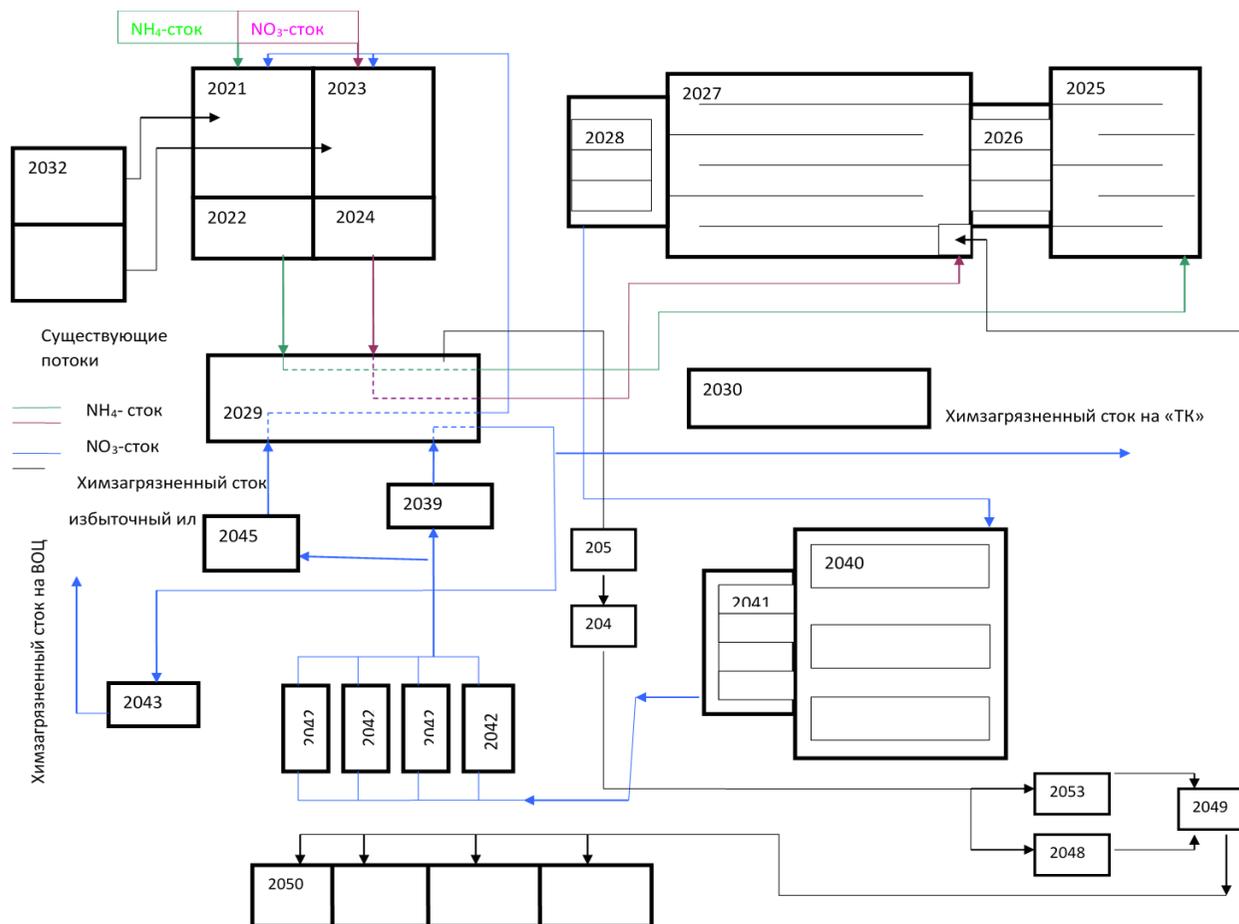
Поступающие на очистные сооружения, стоки представляют собой воды сточные технологические (ВСТ) и конденсат сокового пара (КСП). Нитратное загрязнение характерно для стоков ВСТ, а аммонийное – для стоков КСП.

Если сток превышает нормируемое значение, то он отводится в резервуар некондиционных стоков.

Схема основных сооружений ПАО «КуйбышевАзот» представлена на рисунке 2.2, технологическое оборудование и технические устройства представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Сооружения и технологическое оборудование

Позиция, наименование	Длина х ширина х количество	Т0С, макс	Т0С, среднегодовая
2021-усреднитель NH4-стока	45х39	70	55
2022-камера подготовки NH4-стока	13х9,5х3	60	50
2023-усреднитель NO3-стока	45х39	45	35
2024-камера подготовки NO3-стока	13х9,5х3	40	30
2025-нитрификаторы	36х13,5х3	50	30
2026- отстойники нитрификаторов	18х6х5	40	30
2027-денитрификаторы	54х13,5х3	40	30
2028-отстойники денитрификаторов	18х6х4	40	30
2029-насосная станция			
2030-воздуходувная станция			
2039-резервуар доочищенного стока	3х3	35	30
2040-аэротенки доочистки	36х13,5х3	35	30
2041-отстойники аэротенков	18х6х4	35	30
2042-биореакторы доочистки	12х6х4	35	30
2043-установка УФ-дезинфекции			
2042-биореакторы доочистки	12х6х4	35	30
2043-установка УФ-дезинфекции			
2045- резервуар очищенного стока	3х3	35	30
2047- флотаторы			
2052-напорные баки			
2048-резервуар уплотненного ила	6х3		
2053-резервуар осветленного стока	3х3		
2050-иловые площадки	90х40х2, 70х25х2		
2049 насосная станция			
2032-емкость некондиционного стока	22х28х2		



Условные обозначения зданий и сооружений: 1) 2021-усреднитель  $\text{NH}_4$ -стока; 2) 2022-камера подготовки  $\text{NH}_4$ -стока  
 2023-усреднитель  $\text{NO}_3$ -стока; 3) 2024-камера подготовки  $\text{NO}_3$ -стока 2025-нитрификаторы; 4) 2026-отстойники  
 нитрификаторов; 5) 2027-денитрификаторы; 6) 2028-отстойники денитрификаторов; 7) 2029-насосная станция; 8) 2030-  
 воздуходувная станция; 9) 2039-резервуар доочищенного стока; 10) 2040-аэротенки доочистки; 11) 2041-отстойники  
 аэротенков; 12) 2042-биореакторы доочистки; 13) 2043-установка УФО; 14) 2045- резервуар очищенного стока

Рисунок 2.2 - Основные сооружения НДФ

## 2.2 Основные параметры и технические требования

Параметры химического состава исходной оборотной воды представлены в таблице 2.2. Технические данные системы охлаждающей воды представлены в таблице 2.3. Общий объем системы оборотной воды оценочно составляет ~25-30 м<sup>3</sup>, расход (оборот) воды ~300 м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 2.2 – Параметры химического состава оборотной воды

Параметр	Значение
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup> , не более	6
Жесткость (общая), 0Ж, не более	15
Содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> , не более	15
Температура, 0С, не выше	25

Таблица 2.3 – Параметры системы оборотной воды

Параметр	Значение
Содержание воды	~25-30 м <sup>3</sup>
Оборот	~300 м <sup>3</sup> /ч
Температура на входе в градирню	от 26 до 28 °С
Температура на выходе из градирни	от 36 до 40 °С

В качестве подпиточной воды используется турбинный конденсат. Его качественные показатели приведены в таблице 2.4. Максимальный его расход — 6,6 м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 2.4 - Качественные показатели турбинного конденсата

Параметр	Единица измерения	Значение
рН	ед	7,0-8,0
Прозрачность по шрифту	см	30-50
Щелочность по фенолфталеину	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0
Щелочность общая	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,2-0,6
Жесткость общая	мг-экв/дм <sup>3</sup>	5
Солесодержание по NaCl	мг/дм <sup>3</sup>	1,6-2,0
Содержание железа	мкг/дм <sup>3</sup>	106-452
Содержание нефтепродуктов	мг/дм <sup>3</sup>	нет

На основании предоставленных данных подпиточной воды, для снижения накипеобразующей способности и коррозионной агрессивности охлаждающей воды можно производить обработку воды ингибитором двойного действия (защита от накипеобразования и коррозии). Максимально рекомендуемый

коэффициент упаривания по хлоридам, гарантированно обеспечивающий безнакипный режим эксплуатации с минимальной коррозией - таблица 2.5.

Таблица 2.5 - Коэффициент по упариванию хлоридов

Коэффициент упаривания по хлоридам	Содержание ингибитора в добавочной воде, мг/дм <sup>3</sup> по 100% продукту	Содержание ингибитора в добавочной воде, г/м <sup>3</sup> по 95% товарному порошкообразному продукту	Дозировка 10% рабочего раствора ингибитора, мл/м <sup>3</sup> (ρ=1,1 г/см <sup>3</sup> )	Дозировка 10 % рабочего раствора ингибитора, мл/м <sup>3</sup> с учетом коэффициента сработки (K <sub>ср</sub> =2,0)
0-3,9	2	2,11	18,2	36,4
4,0-5,9	3	3,16	27,3	54,6
6,0-8,0	4	4,21	36,4	72,8

Максимальный расход подпиточной воды составляет — 6,6 м<sup>3</sup>/ч.

Режим работы — 8000 часов в год.

Расход реагента в сутки — 1,334 кг/сут.

Расход реагента в год — 450 кг/год.

В состав поставки включен комплект реагентов на 3 суток (72 часа в непрерывном режиме работы оборудования) для проведения наладочных работ.

Борьба с микробиологией основана на шоковой обработке не окисляющим биоцидом широкого спектра действия. Для представленной системы охлаждения с учетом параметров качеств воды обработку биоцидом рекомендуется проводить концентрацией 10 мг/дм<sup>3</sup> по 100% продукту на объем системы с периодичностью, указанной в таблице 2.6. периодичность зависит от температуры.

Таблица 2.6 – Дозировка реагентов

Температура воздуха, С	Периодичность дозирования раз/месяц
0-15,0	1
15,1-20,0	2
20,1-27,0	3
>27,0	4

Рекомендуемая концентрация рабочего раствора — 20% (товарный продукт без разбавления).

Объем оборотной системы — 30 м<sup>3</sup>.

Расход реагента на 1 шокую обработку — 1,5 кг.

Реагент поставляется в пластиковых бочках объемом 200 л, вместимостью 200 кг.

Данный реагент применяется в качестве биоцидной добавки пролонгированного действия против биообрастаний, вызванных различного рода грибами, водорослями, а также ингибитора биологической коррозии для обработки оборотной воды замкнутых оборотных циклов, оборотных систем предприятий (технологические циклы), а также водооборотных систем тепловых электростанций. Данный реагент обладает широким спектром антимикробного, антивирусного, фунгицидного, пестицидного и алгицидного действия.

В таблице 2.7 указаны нормы, которым должно удовлетворять качество химзагрязненных сточных вод (концентрация нормируемых загрязнений). Также необходимо, чтобы качество химзагрязненных сточных вод отвечало проекту конкретного очистного сооружения.

Таблица 2.7 – Соответствие качественных показателей нормативным требованиям

Наименование показателя	Единица измерения	Нормативные требования	Фактические значения
1	2	3	4
рН среды		8,1-8,4	8,4
Хлориды	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 34,0	
Нитрат-анион	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 3,0	6,02
Аммоний-ион	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,1	3,6
Удельная электропроводность при 250С	мкСм/см	н/б 390,0	2890
Сульфаты	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 60,0	63,7
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	н/б 30,0	319
Нитрит-анион	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,09	0,16
Фосфаты (по фосфору)	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,1	0,059
Магний	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 12,0	
Железо Fe <sup>+3</sup>	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,34	
SiO <sub>2</sub>	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 6,2	
Взвешенные вещества	мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 3,0	171,4

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4
Микробиологическая загрязненность		н/б 103	
Щелочность общ.	мг-экв/дм <sup>3</sup>	1,4-2,1	37,64
Са	мг-экв/дм <sup>3</sup>	н/б 2,1	
Жесткость общ.	мг-экв/дм <sup>3</sup>	н/б 3,3	2,5
БПК полн.	мгО/дм <sup>3</sup>	н/б 9,0	45,18

Таким образом, качество очистки стоков на сооружениях ПАО «КуйбышевАзот» в настоящее время не отвечает нормам проекта водооборотного цикла по взвешенным веществам, органическим загрязнениям (ХПК) и солесодержанию.

3 Внедрение разработанной методики очистки сточных вод от загрязнений, с последующим очищением стока (на примере водооборотного цикла цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот»)

### 3.1 Предложения по улучшению разделения иловой воды.

Осадительные методы очистки сточных вод характеризуются образованием твердой малорастворимой фазы, в которой задерживаются растворенные и коллоидные загрязнения стоков внутри или на поверхности. Эта фаза создается за счет введения в обрабатываемые сточные воды специальных реагентов флокулянтов и коагулянтов.

Гипохлорит натрия является перспективным и экономичным коагулянтом нового поколения. Широко используется во многих технологических процессах. Данный препарат является высокоэффективным неорганическим полимерным коагулянтом.

В осветленные сточные воды после вторичных отстойников аэротенков доочистки для обеззараживания планируется подать гипохлорит натрия, а затем раствор флокулянта, при помощи которого увеличиваются седиментационные способности взвешенных веществ, в данном случае вынесенного активного ила и окислившихся гипохлоритом загрязнений. Размещение реагентного узла предусматривается в здании УФ-установки.

#### 3.1.1 Лабораторные испытания коагулянта гипохлорит натрия

Материалы и методы исследования: Коагулянт гипохлорит натрия марки А, водный раствор с концентрацией основного вещества 9% в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}_3$ , ГОСТ 11086-76 Приготовление рабочих растворов. Для приготовления рабочего раствора ГПХН марки А (1% раствор по  $\text{Na}_2\text{O}_3$ ) 11,11 г коагулянта помещали в мерный стаканчик на 100 мл и доводили до массы 100 г дистиллированной водой, после чего раствор тщательно перемешивали.

Исходные данные: Проба сточной воды, отобранная с вторичного отстойника нитрификации корпуса 2026, рН - 8,7, ХПК – 16,0 мг/л, взвешенные

вещества – 228,7 мг/л Проба сточной воды, отобранная из резервуара 2039 химически загрязненных стоков, рН – 8,8, ХПК – 448 мг/л, взвешенные вещества – 325 мг/л Проба сточной воды, отобранная с вторичного отстойника азротенка 2041, рН – 8,7

Коагулирование опытного образца сточной воды: Коагуляцию проводили в колбах объемом 500 мл. К 500 мл опытного образца добавляли коагулянт ГПХН марки А. Для достижения уровня рН исходных проб воды 6-7 единиц в опытные образцы добавляли серную кислоту. Раствор тщательно перемешивали в течение 3 минут. Пробы воды после коагуляции под номерами 1, 8, 10, 12 для определения основных показателей (рН, ХПК, взвешенные вещества) отбирали через 1 час отстаивания.

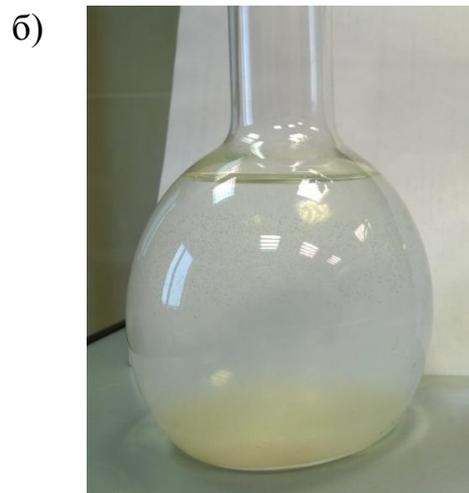
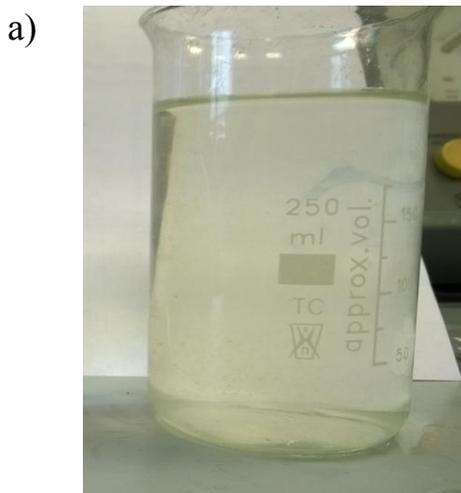
Наблюдения: в колбах с добавлением коагулянта ГПХН марки А наблюдался интенсивный процесс образования хлопьев. Скорость осаждения и количество осадка возрастали пропорционально увеличению дозировки коагулянта ГПХН марки А. Через 1 час отстаивания во всех колбах с добавлением коагулянта ГПХН марки А наблюдалось полное осаждение образовавшихся хлопьев. Результаты испытаний представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Значения основных показателей качества воды

Показатель Проба	Доза ГПХН марка А по Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , мг/л	рН	ХПК, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	Хлопьеобра зование
Вода с корпуса 2026	-	8,7	16,0	228,7	
Вода с корпуса 2026 + ГПХН марка А (1)	30	6,6	48,0	13,7	интенсивн ый процесс
Вода с корпуса 2039	-	8,8	448,0	325,0	
Вода с корпуса 2039 + ГПХН марка А (8)	60	6,6	240,0	106,7	интенсивн ый процесс
Вода с корпуса 2039 + ГПХН марка А (10)	80	5,7	160,0	77,3	интенсивн ый процесс
Вода с корпуса 2041	-	8,7	нет контроля	нет контроля	
Вода с корпуса 2041 + ГПХН марка А (12)	100	5,5	168,0	81,0	интенсивн ый процесс

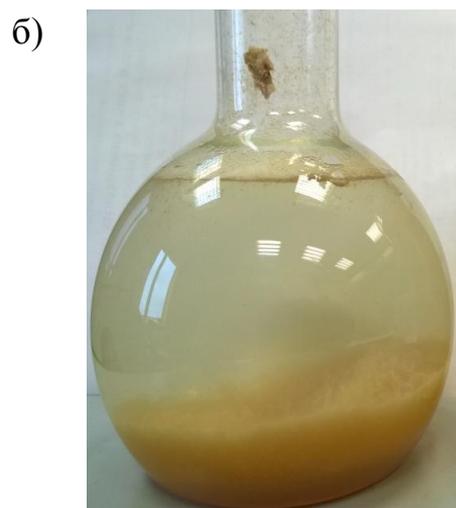
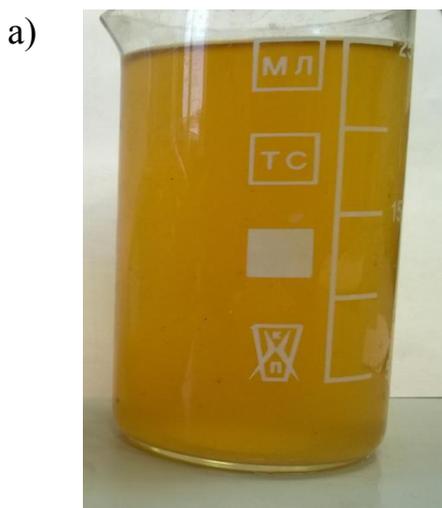
Согласно представленным в таблице данным видно, что при использовании коагулянта ГПХН марки А на воде с корпуса 2026 достигнута эффективность очистки по показателю взвешенных веществ 94%. При использовании коагулянта ГПХН марки А на воде с корпуса 2039 наилучшая эффективность очистки достигнута при дозе 80 мг/л по Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при этом эффективность очистки по показателю ХПК составила 65% и по показателю взвешенные вещества – 76%.

Визуально эффективность очистки через 1 час отстаивания представлена на рисунках 3.1 и 3.2 вода с корпуса 2026, 2. вода с корпуса 2039.



а) исходная вода; б) вода с добавлением коагулянта ГПХН

Рисунок 3.1 – результаты отстаивания



а) исходная вода; б) вода с добавлением коагулянта ГПХН

Рисунок 3.2 – результаты отстаивания

В результате проведенных исследований показана высокая эффективность очистки воды при использовании коагулянта ГПХН марки А производства ООО «КЗХР» по показателям ХПК, взвешенных веществ.

Обработанные реагентами сточные воды поступают на седиментационные сооружения. Конструкции существующих сооружений биореакторов (2042) с коническим днищем путем несложных доработок

позволяет разместить в них четыре ламельных осветлителя. Объем сооружений обеспечит гидравлическое удержание стоков более чем 30 минут.

Осветленная вода направляется в промежуточный резервуар, откуда насосами направляется на самопромывающиеся фильтры.

### 3.2 Предложение по использованию самопромывающегося фильтра

Самопромывающиеся песчаные фильтры удаляют остаточные взвешенные вещества в очищенных стоках перед подачей в систему оборотной воды производства капролактама. Конструкция фильтров предусматривает непрерывную их работу без вывода на промывку.

Фильтр самопромывающийся обеспечивает высокую эффективность очистки воды и очистки бытовых и промышленных сточных вод. В открытом песчаном фильтре процесс фильтрации и промывки слоя происходит непрерывно. Благодаря чрезвычайно простой конструкции не требует технического обслуживания, работает на постоянной основе, и его эксплуатация не требует использования промежуточных резервуаров, насосов или автоматических клапанов. Эти фильтры характеризуются отсутствием движущихся частей, которые могут повредиться или прийти в негодность, а также имеют низкое потребление энергии (только для питания компрессора). Перерывы в работе для промывки фильтра были устранены путем введения системы непрерывного промывания песка одновременного с процессом фильтрации. Принцип работы фильтра представлен на рисунке 3.3.

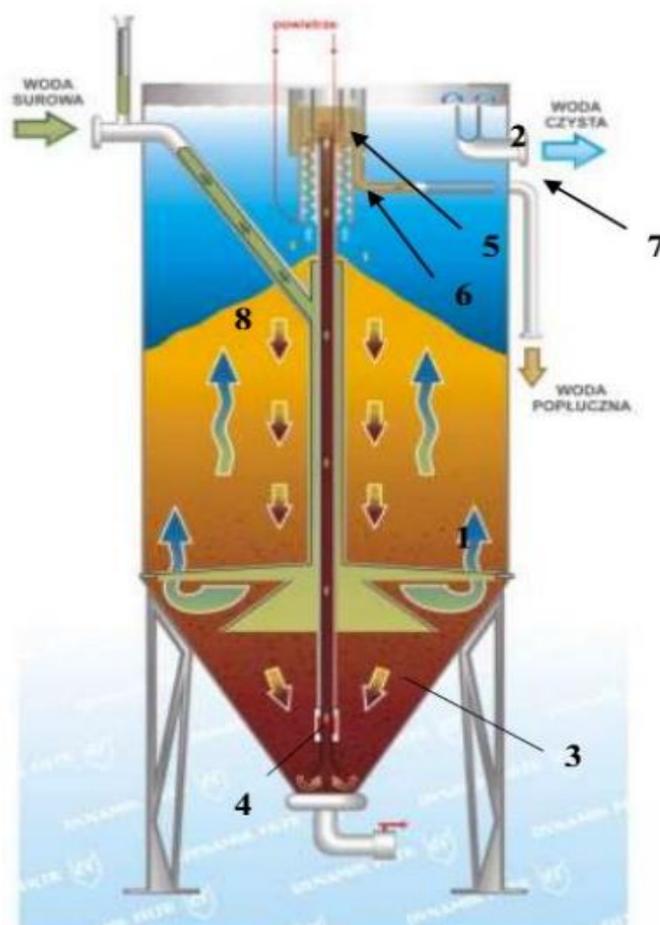


Рисунок 3.3 – Принцип работы самопромывающегося фильтра

Принцип работы песчаного фильтра основан на противоточной фильтрации.

Сырая вода поступает через патрубок в верхней части фильтра и равномерно распределяется в слое через распределитель (1), дополнительно подвергается процессу фильтрации при прохождении через слой песка снизу вверх. Очищенный фильтрат направляется к верхнему водосливу (2). Загрязненный слой фильтрационный из нижней части фильтра (3) транспортируется при помощи воздушного насоса (4) в водно-воздушный промыватель песка (5). Используя разность уровней зеркала стоков в фильтре и промывателя, очистка слоя происходит путем промывания песка чистым фильтратом, поступающим из нижней части в лабиринт промывки. Разделение песчинок от взвеси в результате турбулентности начинается в транспортном трубопроводе, а надлежащая очистка и разделение происходит в лабиринте

промывки (6). Вода после промывки выводится наружу через провод (7), а очищенный песчаный слой фильтрационный падает на верхнюю часть слоя (8). В результате песочный слой находится в постоянном движении вниз, а процессы очистки сточных вод и промывки песка происходят одновременно и непрерывно, без регулировки. Сравнительный анализ качества очищенных сточных вод до и после реконструкции представлен в таблице 3.2.

Промывная вода фильтров отводится в шламовую емкость с коническим днищем, где загрязнения уплотняются и подаются на уплотнение вместе с избыточным активным илом, а осветленная вода отводится в голову сооружений. Для установки фильтров необходимо строительство помещения производственной площадью 216 м<sup>2</sup> (18x12).

Таблица 3.2 - Сравнительный анализ качества очищенных сточных вод до и после реконструкции

Наименование показателя	Нормативные требования	Расчетное качество очищенных стоков после реконструкции	Фактическое качество очищенных стоков	Примечание
рН среды	8,1-8,4	8,0-8,4	8,4	достигается
Жесткость общ., мг-экв/дм <sup>3</sup>	н/б 3,3	2,5	2,5	достигается
Щелочность общ., мг-экв/дм <sup>3</sup>	1,4-2,1	1,3	37,64	достигается
Удельная электропроводность при 25 <sup>0</sup> С, мкСм/см	н/б 390,0	380	2890	достигается
Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 34,0			
Сульфаты, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 60,0	54	63,7	достигается
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	н/б 30,0	15	319	достигается
Нитрат-анион, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 3,0	1,8	6,02	достигается
Нитрит-анион, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,09	0,07	0,16	достигается
БПК, полн. мгО/дм <sup>3</sup>	н/б 9,0	3	45,18	достигается
Фосфаты (по фосфору), мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,1	0,05	0,059	достигается
Магний, мг/ дм	н/б 12,0			
SiO <sub>2</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 6,2			
Железо Fe <sup>+3</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,34			
Взвешенные вещества, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 3,0	1,5	171,4	достигается
Аммоний-ион, мг/ дм <sup>3</sup>	н/б 0,1	0,08	3,6	достигается

### Продолжение таблицы 3.2

Са, мг-экв/дм <sup>3</sup>	н/б 2,1			
Микробиологическая загрязненность	н/б 10 <sup>3</sup>			

По результатам, представленным в таблице, качество очищенных сточных вод после реконструкции соответствует нормам проекта водооборотного цикла. Фильтр способствует эффективному очищению сточных вод от взвешенных веществ.

### 3.3 Блок обработки оборотной воды биоцидом

Борьба с микробиологией основана на шоковой обработке не окисляющим биоцидом широкого спектра действия. Для представленной системы охлаждения с учетом параметров качеств воды обработку биоцидом рекомендуется проводить концентрацией 10 мг/дм<sup>3</sup> по 100% продукту на объем системы с периодичностью, указанной в таблице 3.1 периодичность зависит от температуры.

Таблица 3.1 – Периодичность дозирования продукта

Температура воздуха, С	Периодичность дозирования раз/месяц
0-15,0	1
15,1-20,0	2
20,1027,0	3
>27,0	4

Рекомендуемая концентрация рабочего раствора — 20% (товарный продукт без разбавления).

Объем оборотной системы — 30 м<sup>3</sup>.

Расход реагента на 1 шоковую обработку — 1,5 кг.

Реагент поставляется в пластиковых бочках объемом 200 л, вместимостью 200 кг.

Данный реагент применяется в качестве биоцидной добавки пролонгированного действия против биообрастаний, вызванных различного рода грибами, водорослями, а также ингибитора биологической коррозии для обработки оборотной воды замкнутых оборотных циклов, оборотных систем

предприятий (технологические циклы), а также водооборотных систем тепловых электростанций. Данный реагент обладает широким спектром антимикробного, противовирусного, фунгицидного, пестицидного и алгицидного действия.

Расходы реагентов носят расчетный характер и могут уточняться в процессе пуско-наладочных работ. В состав поставки включен комплект реагентов на 3 суток (72 часа в непрерывном режиме работы оборудования) для проведения наладочных работ.

Гарантийный срок службы оборудования комплекса составляет 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию.

Таким образом, в результате проведенного анализа предлагаемые методы очистки улучшат качество очистки сточных вод для внедрения замкнутой системы водопользования, что позволит значительно снизить сбросы загрязняющих веществ в водоем и сократит затраты на водоподготовку вследствие минимизации воздействия производства на окружающую среду.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации был проведен литературный обзор на тему исследования, предложены методы повышения эффективности работы очистных сооружений. Подробно была рассмотрена методика биологической очистки сточных вод от органических и неорганических загрязнений методом НДФ на примере ПАО «КуйбышевАзот».

1. В результате исследования было обнаружено, что самым оптимальным решением очистки сточных вод является биологическая очистка методом нитриденитрификации. Основным преимуществом такой очистки является возможность круглогодичной работы системы, безопасность для окружающей среды.

2. Выявлено, что качество воды очищенных сточных вод производства капролактама не соответствует требованиям к качеству подпиточных вод оборотных систем производства по показателям: взвешенные вещества, ХПК, минерализация, жесткость.

3. Предложена технология по оптимизации очистки стока от загрязнений.

4. Предложены методы улучшения разделения иловой воды, позволяющие ускорить процесс осаждения.

5. Предложено применение самопромывающегося фильтра для очистки сточных вод от взвешенных веществ.

Более рациональным и экологически безопасным способом использования сточных вод является система водооборотного цикла. Данная технология позволяет многократно использовать сточные воды для технологических процессов, снижая риск загрязнения окружающей среды, и является более экономичной для предприятия.

Предлагаемые методы улучшат качество сточных вод для внедрения замкнутой системы водопользования, что позволит значительно снизить сбросы

загрязняющих веществ в водоем и сократит затраты на водоподготовку вследствие минимизации воздействия производства на окружающую среду.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анциферов, А.В., Симонов, А.В., Филенков, Д.С., Даирова, В.М., Очистка сточных вод от нефтепродуктов и сокращение сброса очищенных сточных вод в водоем [Текст] / А.В. Анциферов, А.Л. Каплан // Журн. Известия Самарского научного центра РАН, 2008. – Т. 2 – С. 15 – 19.

2. Андреев, И.А. Безопасность водных объектов и принципы управления очистными сооружениями [Текст] / И.А. Андреев // Журн. Известия Самарского научного центра РАН, спец. вып.: Безопасность. Технологии. Управление. 2007 – Т. 1 – С. 7 – 9.

3. Аксенов, В. И. Локальные замкнутые системы водопользования промышленных предприятий [Текст] // ЭЖиП: Экология и промышленность России. -2005. -N 3. - С. 14-16.

4. Архипова, Н.А. Гидроэкология: количественная оценка поступления в водные объекты загрязняющих веществ от рассредоточенных источников [Текст] / Н.А. Архипова // Инженерная экология. -2002. -N1. -С.27- 41.

5. Воронов, Ю. В. Водоотведение [Текст] : учебник / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев, Е. А. Пугачев. — Москва : ИНФРА-М, 2007. — 415 с.

6. Власова, А.Ю., Власов, С.М., Чичиров, А.А., Чичирова, Н.Д. Очистка сточных вод промышленных предприятий от сульфосожержащих продуктов на ТЭС [Текст] // Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении. -2016, С. 297-300.

7. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 25.06.2012). — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=131680;dst=0;ts/> (29.05.2018). — Загл. с экрана.

8. Гришин Л. Б. Совершенствование очистки нефтесодержащих производственных сточных вод [Текст] // Л. Б. Гришин Автореферат. – Пенза, 2009.

9. Гудков, А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод [Текст] / Гудков А. Г. — Вологда : ВоГТУ, 2002. — 127 с

10. Закиров, И.А., Королев, А.Г., Чичирова, Н.Д., Чичиров, А.А., Власов С.М., Паймин, С.С. Ресурсосберегающие технологии при создании замкнутых систем водопользования на ТЭС [Текст] // Известия высших учебных заведений. проблемы энергетики. -2013, С. 55-60.

11. Иванов, Д.Е., Громова, Т.В., Швецова-Шиловская Т.Н. Автоматизированный анализ контролепригодности систем контроля технологического оборудования на опасных производственных объектах [Текст] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. СЕРИЯ: ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. -2016, С. 114-128.

12. Карманов, А. П., Полина И. Н. Технология очистки сточных вод (Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.)

13. Кривошеин, Д.А, Кукин, П.П., Лапин, В.Л. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: [Текст] Учеб. пособие. – М. : Высшая школа, 2003. – 344 с.

14. Курбангалеева, М.Х., Пергушова, Л.Р. Создание замкнутой системы водопользования на производстве асбестоцементных изделий [Текст] // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. -2014, С. 48-50.

15. Кочарян, А.Г. Охрана водных ресурсов России от загрязнений: современное состояние и перспективы [Текст] / А. Г. Кочарян // Журн. Инженерная экология, 2006 - №4. - С.3-17.

16. Нуров, К.Ш. Обеспечение экологической безопасности при расширении производства, внедрении прогрессивной природоохранной техники и технологий на ОАО «Куйбышевазот». [Текст] // Безопасность общества и бизнеса: актуальные проблемы»: Сборник материалов региональной конференции. – Тольятти: ВУиТ, 2010 – С. 34 – 39.

17. Прохоров, Е.И. Водооборотные системы в схемах промышленного водопользования [Текст] // Водоснабжение и санитарная техника. -2015, С. 52-57.

18. Сидоров А. Ф. Шевченко Ю. Н. [Электронный ресурс] // Модернизация биореактора, направленная на повышение качества очистки сточных вод ОАО «КуйбышевАзот» - URL <https://dspace.tltsu.ru> (06.05.2018). – Загл. С экрана

19. Сигалов Ю. М., Дорожкин А. В., Дорожкина Е. Е., Жаббаров И. Р. Механизм оценки эффективности аутсорсинга [Текст] // Журнал Власть и экономика: Управленческое консультирование, 2017 - № 8 – С. 36-42.

20. Сычева, М. О. Экономические предпосылки использования методов экологического аудита на предприятиях системы водопользования [Текст] / М. О. Сычева // Российский академический журнал. -2014, С. 74-76.

21. Саинова, В.Н., Аронова, Т.А., Саинов, Д.И. Оптимизация процесса биологической очистки сточных вод спиртового завода [Текст] // Вестник Астраханского государственного технического университета. -2006, с. 228-232.

22. Самсонов, А.Л. Вселенная воды / А.Л. Самсонов // Журн. Экология и жизнь, 2006. -№5.- С.42-48.

23. Тангиев, Б. Б. Экологическая безопасность водных ресурсов [Текст] / Б. Б. Тангиев // Журн. Гражданин и право, 2006. -№7.- С.76-81.

24. Терещенко, А.Г. Автоматизированный контроль качества поверхностных и сточных вод [Текст] // Журн. ЭКиП: Экология и промышленность России, 2001. -N4. -С.22-25.

25. Хазиахметова, Э. Р., Щипанов, А.В. Очистка сточных вод предприятий от химических загрязнений [Текст] // Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня. Вызовы и решения». – 2018, с. 61-63.

26. Чертков, М.П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод [Текст] / М.П. Чертков // Российский инженер. – 2017, С. 44-49.

27. Юдаков, А.А. Очистка сточных вод от стойких эмульсий нефтепродуктов [Текст] / А.А. Юдаков. // Журн. ЭКиП. -2007.-№2.- С. 22-25.

28. Яковлев, С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В.; Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов [Текст] / Под ред. Яковлева С.В. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.

29. Shkor, A., Briankin O., Shestopalov O., Ponomareva N. Investigation of the treatment efficiency of fine-dispersed slime of a water rotation cycle of a metallurgical enterprise [Текст] // Технологический аудит и резервы производства. -2017, С. 22-29.

30. Alkenova, G.T., Kovrigina T.V., Chalov T.K., Ergozhin E.E. Electro and baromembrane methods of petrochemical enterprises' wastewater treatment // Remediation. -2015, С. 111-126.

31. Ermolaeva, Y.V. The crisis of waste management in russia: new opportunities and risks // Differences, inequalities and sociological imagination. -2015, С. 340-378.

32. Narkis, N. Nava evaluation of ozone induced biodegradability of wastewater treatment plant effluent / N. Narkis, R.M. Schneider // Water Recurs. 1980. - № 8. - P. 929 - 939.

33. Utilisation de l'ozone pour le traitement des effluents urbains & industriels: quelques exemples d'etudes et de realizations. Langlais D. : тез. докл. симпозиума. Варна, 1982 – P. 23 – 48.