

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: «Разработка усовершенствованной схемы реконструкции функционирующих очистных сооружений (на примере установки НДФ цеха 39 ПАО «КуйбышевАзот»)»

Студент	<u>А.В. Горшков</u>	<u>(личная подпись)</u>
Научный руководитель	<u>А.В. Щипанов</u>	<u>(личная подпись)</u>
Консультант	<u>Т.А. Варенцова</u>	<u>(личная подпись)</u>

Руководитель программы к.т.н., доцент М.И. Фесина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)
« » 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

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Оценка состояния сточных вод производства и основные методы реализации очистки.....	7
1.1 Сточные вода производства.....	7
1.2 Основные методы для очистки сточных вод на производстве.....	9
2 Изучение возможности внедрения модернизированной системы очистки на предприятие ПАО «Куйбышев Азот».....	14
2.1 Основная характеристика предприятия.....	14
2.2 Поступление сточных вод.....	17
2.3 Описание технологической схемы.....	17
2.4 Сброс сточных вод и применяемые реагенты для очистки.....	24
2.5 Количественные и качественные характеристики сточных вод.....	25
2.6 Особенности и недостатки сточных вод.....	26
2.7 Расчеты по существующей схеме очистки.....	28
3 Опытнo-экспериментальная апробация модернизированной системы очистки на предприятие ПАО «Куйбышев Азот».....	32
3.1 Рекомендации по выбору технологического режима работы очистных сооружений.....	32
3.2 Применяемые технологические решения.....	32
3.3 Альтернативные технологические решения.....	41
3.4 Рекомендации по реконструкции очистных сооружений.....	43
3.5 Предложенный вариант реконструкции существующей системы очистки на предприятии ПАО «Куйбышев Азот».....	44
3.6 Мероприятия по реконструкции очистных сооружений.....	51
3.7 Стоимостные затраты на реконструкцию очистных сооружений.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	69

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

НДФ – нитриденитрофикация

ВСТ – вода сточная

КСП – конденсат сокового пара

МБР – мембранный биореактор

БПК – биохимическое потребление кислорода

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы очистных сооружений производственных вод всегда актуальна. Кроме того, водоемам страны наносится существенный ущерб, последствия которого непредсказуемы.

Расширение и увеличение производительности функционирования очистных сооружений на предприятиях химической промышленности, один из главных факторов улучшения состояния окружающей природной среды, защиты и сохранения водоемов от различных примесей.

Установки биологической очистки применяются для обезвреживания промышленных сточных вод предприятий химической промышленности. Составом биологических очистных сооружений являются такие стоки как, от хозяйственно бытовой деятельности и стоки сложного комбинированного. С производственной площадки предприятия для стабилизации и регулирования процесса очистки на оптимальном уровне большое значение имеют локальные очистные сооружения, которые позволяют улучшить условия работы биологических очистных сооружений. [1].

В настоящей работе указаны потенциальные возможности существующих очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот» по достижению требований, которые предъявляются к качеству очистки сточных вод для применения в водооборотном цикле предприятия с учетом последних разработок, которые используются в области очистки сточных вод.

Тема работы отличается актуальностью, поскольку потребности в воде огромны и с каждым годом достигают всё больших масштабов. Вызвано это тем, что вода является основным природным ресурсом. Ресурсы – это основа экономического развития страны, которые растут в цене по мере истощения. Основное свойство воды – это незаменимость. Дефицит воды может привести к остановке хозяйственной деятельности и снизить эффективность производства. Вода – незаменимая составляющая практически всех

технологических процессов. В настоящее время вода приобрела большое значение как промышленное сырье.

В последнее время на экологическую систему все большее влияние оказывает большое количество загрязняющих веществ, от которых природа не в состоянии защитить себя самостоятельно. В том числе сточные воды, это огромный по своим масштабам и сильнейший по интенсивности фактор антропогенного воздействия. Требования, которые предъявляются к качеству сбрасываемой воды, связаны с технологиями очистки производственных стоков. Универсальных методов очистки в данный момент для химических предприятий не выявлено. Многообразие технологий производства различных продуктов порождает разные стоки. Исходя из состава стоков, подбирается определенная технология очистки и необходимое оборудование. В связи с чем, вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод имеют большое значение [2].

Целью работы является: Разработка схемы по реконструкции и модернизации очистных сооружений с достижением качества очистки сточных вод соответствующего нормам использования в водооборотном цикле ПАО «КуйбышевАзот».

В соответствии с поставленной целью были определены задачи:

1. Рассмотреть методы очистки сточных вод.
2. Произвести анализ существующего положения цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот».
3. Рассмотреть вариант по модернизации очистных сооружений.
4. Изучить мероприятия по реконструкции.
5. Провести экологическое и экономическое обоснование реконструкции очистных сооружений.

Объектом исследования является ОЧИСТНАЯ УСТАНОВКА НДФ (НИТРИДЕНИТРИФИКАЦИЯ) ПАО «КуйбышевАзот»

Научная новизна. В данной работе была рассмотрена и доказана эффективность модернизирования классической установки для очистки сточных вод.

Теоретическая и практическая значимость диссертации основана на том, что благодаря предложенной системе модернизации установки очистки, воды, используемые на предприятии, очищаются в достаточной мере и могут использоваться в дальнейшем водооборотном цикле предприятия.

Результаты работы были представлены в конференции:

Горшков А.В. ВЫБОР СХЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ УСТАНОВКИ НДФ (НИТРИДЕНИТРИФИКАЦИИ) НА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ // Научное сообщество студентов XXI столетия. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. LXII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 3(61).

Структура диссертации состоит из введения, 3 глав, заключения и списка используемой литературы. Основная часть исследования изложена на страницах 15-64, текст иллюстрирован таблицами на страницах 15, 25-26, 28-30, 34-35, 46-51, 56-65, рисунками на страницах 16, 36, 38-39, 41, 44, 54-55.

1 Оценка состояния сточных вод производства и основные методы реализации очистки

1.1 Сточные воды производства

Сточными водами называют воды, которые сбрасывают в водоемы с промышленных территорий и населенных пунктов посредством системы канализации или самотеком. Они обладают ухудшенными свойствами, что вызвано деятельностью человека.

Сточные воды, которые образуются при производстве на предприятиях химической промышленности, а также стоки, отводимые с территории промышленных предприятий, подразделяют на несколько категорий:

- производственные (промышленные) сточные воды;
- хозяйственно-бытовые сточные воды от различных сантехнических мероприятий и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий, их состав устойчив в связи с однообразием хозяйственной деятельности человека;
- атмосферные стоки, образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков (дождевые и сточные воды, образующиеся от таяния снега). Для них характерна эпизодичность образования.

Производственные сточные воды подразделяют на два вида: незагрязненные и загрязнённые. Сточные воды, которые не имеют производственных загрязнений условно именуют чистыми.

Загрязненные сточные воды могут нанести вред почве, водоемам, атмосфере в целом. К таким водам следует отнести хозяйственно-фекальные (бытовые), банно-прачечные, душевые и значительную часть производственных сточных вод.

Преимущественно данные стоки заражены органическими или минеральными примесями. Вид сырья, который используется для

переработки, имеет значение при формировании состава производственных сточных вод.

Немаловажными факторами при формировании состава сточных вод являются технологический процесс, состав исходных компонентов, промежуточные продукты, выпускаемые продукты, состав исходной воды, местные условия и некоторые другие. На разных предприятиях при условии использования идентичных научно-технических действий, структура производственных вод, порядок водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции будут отличаться.

В целях достижения необходимых показателей очистки применяются такие вещества как флокулянты и коагулянты. Главной задачей флокулянтов выступает образование агрегатов или хлопьев из тонкодисперсных частиц. Посредством этого они обладают способностью разделять двухфазную систему на твердую и жидкую фазу. Применение флокулянтов в системе очистки обеспечивает образование крупных агрегатов. Эти агрегаты могут быть легко удалены из обрабатываемых вод с помощью методов: отстаивания, фильтрации и флотации [3].

Таким образом, в зависимости от нормативов к очищенной воде флокуляционное очищение с большой вероятностью будет считаться одним этапом очистки сточных вод или представлять предварительный этап. Сточные воды, попадающие в окружающую среду с промышленных предприятий, обладают способностью к самоочищению. В случае если, количество таких вод имеет малые объемы, то природа сама справляется с этой задачей. Однако с увеличением числа промышленных производств и ускоренной урбанизацией объемы сточных вод резко возросли. Во избежание в ближайшем будущем проблемы с получением питьевой воды, необходимо подключаться к естественным природным процессам, помогая справляться с нарастающими объемами нечистот. Непосредственно для этих целей используются специальные системы очистки сточных вод.

1.2 Основные методы для очистки сточных вод на производстве

В данный момент существуют небольшое количество методов и способов для очистки производственных сточных вод. К ним можно отнести такие методы как механическая, химическая, физико-химическая и биологическая очистка. Поэтому в работе были рассмотрены и приведены все методы очистки сточных вод.

Механическая очистка.

В данном способе обезвреживания воды используются принципы отстаивания и фильтрации. С помощью различных фильтров, сит, решеток из воды улавливают различные нерастворенные грубодисперсные частицы. При присутствии поверхностных загрязнений таких как (масляные и нефтяные пятна) применяются ловушки и различные улавливатели. После этого вода попадает в отстойник и в нем на дне выпадает осадок. В него попадают различные мелкие частицы, находящиеся в состоянии взвеси в воде. Их размеры слишком малы, чтобы застрять в различных фильтрах и уловителях. После такой механической очистки воды улавливается до 75% всех механических примесей в стоках. Данный метод используется в любых водоочистных системах, но только на первом этапе так как механическая очистка не способна избавить стоки от различных примесей. Поэтому именно эти примеси и вызывают в дальнейшем гниение воды. Так же данный способ не обеспечивает выведения из воды различных химических примесей опасных для окружающей среды и здоровья населения.

Химическая очистка.

В данном методе для очистки сточных вод добавляют различные химические реагенты. Происходит химическая реакция с примесями и данные соединения образуют нерастворимый осадок. Такая методика очистки сточных вод позволяет уменьшить содержание нерастворимых примесей на 93%, а растворимые уменьшаются на 20%.

Физико-химическая очистка.

В данном методе используют окисление, экстракцию, коагуляцию и другие процессы. Это позволяет избавиться воду от различных неорганических соединений. Также такой метод позволяет разрушить органические и плохо окисляемые примеси. Наиболее популярным способом очистки является электролиз. При таком способе в специальных помещениях, вода очищается благодаря электротоку. Такой метод позволяет избавиться почти от 100% всех металлов, кислот и других неорганических веществ. Электролиз хорошо используется для очистки стоков промышленных предприятий [4].

Биологическая очистка

Способы биологической очистки.

В настоящее время существует огромное количество биологических способов очистки, к таким можно отнести: аэротенки; биологические пруды и биофильтры.

Система биологического очищения в большинстве случаев основа на взаимодействии активного ила и очищение сточных вод механическим путем. Таким образом для создания благоприятных условий для микроорганизмов, их функция будет служить для того чтобы в процессе жизнедеятельности из воды будут выводить вредные примеси и за счет этого будет происходить очистка сточных вод. Биологическая очистка осуществляется без остановки, но для этого обязательно непрерывное поступление свежего воздуха. Затем после завершения обработки органики, уровень биохимического потребления кислорода понижается, идет поступление воды в следующие секции. После того как очистка заканчивается, сточные воды поступают во вторичный отстойник. Функция отстойника служит для отстаивания активного ила и образования осадка и в дальнейшем очищенные стоки попадают в водоемы рыбохозяйственной деятельности [5].

Биофильтры

Этот метод является самым распространенным среди собственников частных застройках. Так как это совсем небольшое и компактное устройство представляющее собой небольшой резервуар с определенными материалами. Биологическая методика аналогично осуществляется за счет микроорганизмов, находящихся в биофилтре в виде активной пленки. Биофилтры разделяют на капельную фильтрацию и двухступенчатую. У биофилтров которые имеют капельную фильтрацию производительность небольшая, но данная система обеспечивают высокий уровень очистки сточных вод. А двухступенчатая система обеспечивает большую производительность но и незначительно ниже уровень очистки как у капельной системы.

«Все эти типы имеют схожую конструкцию. Биофилтры состоят из следующих составных частей: тело фильтра или фильтрующая нагрузка; специальное устройство для равномерного распределения сточных вод по телу фильтра; для удаления воды используется дренажная система; для доставки в фильтр воздуха применяется воздухораспределительная система.

В первом случае части, помещенные в резервуар - это крупные неорганические фракции. В качестве таких часто используются гравий, щебень, шлак, керамзит или пластик. В последнем случае без поступления достаточного количества кислорода биологический способ очистки не может быть проведена. Процесс биофилтров во многом схож с процессом очистки с помощью аэротенков. Первым этапом с помощью механических фильтров и отстойника сточные воды очищаются от взвеси и крупных частиц. После этого вода поступает в тело биофилтра, где и происходит очистка. Находясь на активной пленке бактерии с водой получают питательные вещества. Для того чтобы качественно очищать стоки, немало важен тот фактор как поступление свежего воздуха. Капельные биофилтры работают по аналогичной схеме как и двухступенчатые. Отличие этих процессов заключается в том что вода поступает маленькими каплями, либо тонкими

струйками. Обеспечение вентиляции происходит естественным путем за счет открытого пространства» [6].

Биологические пруды.

При использовании данного способа очистки обязательно наличие открытых искусственных водоемов, в которых протекает самоочищение сточных вод. Рассматриваемый способ дает возможность получить наилучший результат в отличие от искусственных методов.

Необходимо использовать неглубокие пруды, глубина которых не должна превышать одного метра. Это позволяет достичь наибольшего соприкосновения поверхности воды с воздухом, тем самым обеспечивая необходимое поступление кислорода в водоем. Кроме того, благодаря большой площади поверхности вода лучше прогревается, что оказывает существенное воздействие на процессы жизнедеятельности микроорганизмов, которые участвуют в очищении. Замечено, что более действенна биологическая очистка в теплое время года. В случае если температура воды опускается до 6 градусов, процессы окисления приостановятся. В зимнее время года процесс данный не актуален, микроорганизмы не способны питаться при отрицательных температурах.

Виды биологических прудов.

Биологические пруды подразделяют на три основных типа: рыбоводческие пруды или с разбавлением; многоступенчатые или пруды без разбавления; пруды, которые предназначены для доочистки воды. В прудах первого типа сточные воды должны смешиваться в определенных пропорциях с речной водой. Продолжительность данного процесса около двух недель и поскольку идет смешивание с речной водой, то в данных прудах можно выращивать рыбу. При применении многоступенчатых прудов, стоки могут направляться сразу в водоемы без разбавления. При таком способе избавление воды от загрязнений происходит в течении одного месяца. В а этот промежуток времени вода перемещается через каскад из 4-5

прудов. Выгода такого метода в его стоимости. В данном случае очищение происходит естественным путем, а перемещение от одного водоема к другому самотеком. В самом нижнем пруду уже получается почти очищенная вода. Водоемы эти хорошо подходят для рыбохозяйственной деятельности [7].

Обратно осмотическая обработка

Осмоз - природное явление, которое происходит, когда два раствора с различной концентрацией растворенных веществ разделены полупроницаемой мембраной. При обычном осмосе вода или другой растворитель проходят через поры мембраны из раствора с меньшей концентрацией в направлении раствора с большей концентрацией.

Обратный осмос - это процесс, обратный обычному осмосу, когда под действием внешнего давления на раствор с большей концентрацией растворенного вещества растворитель проникает через поры мембран в направлении раствора с меньшей концентрацией, а растворенные примеси задерживаются мембраной.

Обратный осмос позволяет удалить вплоть до 98% растворимых солей из исходной воды с солесодержанием до 47 г/л. Данная технология также крайне эффективна для удаления из воды бактерий, пирогенов и органических загрязнений [8].

Вывод: таким образом все методы очистки актуальны и должны применяться на предприятиях по очистке сточных вод для улучшения показателей воды, сбрасываемой в объекты рыбохозяйственной деятельности.

2 Изучение возможности внедрения модернизированной системы очистки на предприятие ПАО «КуйбышевАзот»

2.1 Основная характеристика предприятия

Очистные сооружения цеха № 39 введены в эксплуатацию в 1989 г.

Цех занимается переработкой органических и не органических соединений производства капролактама на установки НДФ, по технологии биологической очистке сточных вод.

Функционирование очистных сооружений ежедневное, 24 ч/сут.

Проектная мощность установки нитриденитрификации промстоков производства капролактама:

- по азот аммонийным- 545,521 т/год;
- по азот нитратным- 1630,1850 т/год;
- по количеству перерабатываемых промстоков - 2215,200 тм /год или 6062м³/сут.

Достигнутая производственная мощность на момент составления регламента

(за 2012 год):

- по азотаммонийным- 515,7 т/год;
- по азот нитратным - 741,1 т/год;
- по количеству перерабатываемых промстоков - 1824,000 тм /год или 4823м³/сут.

Продукцией цеха переработки органических и неорганических продуктов является химзагрязненная сточная вода производственных цехов предприятия для возврата в промышленное водоснабжение производства капролактама в количестве 6072 м³/сут [9].

Показатели качества загрязнения сточных вод должны отвечать проекту данных очистных сооружений и отвечать нормам котрые представлены в таблице 2.1.

Основная схема НДФ представлена на рисунке 2.1.

Таблица 2.1 – Качество химзагрязненных сточных вод

Наименование показателей	Концентрация загрязнений, мг/дм ³
1	2
рН	7,5÷9,5
Азот аммонийный, не более	7,0
Азот нитратный, не более	11,0
Азот нитритный, не более	1,5
ХПК, не более	320,0
Фосфор, не более	6,5
Сульфаты, не более	500,0
Циклогексано́л, не более	14,0
Циклогекса́нон, не более	12,0
Капролакта́м, не более	17,0
Взвешенные вещества, не более	55,0
БПК ₅ , не более	20,0

2.2 Поступление сточных вод

Основным источником образования сточных вод служит производство капролактама и производство аммиачной селитры.

Среднесуточный расход сточных вод:

- проектный - $6000 \text{ м}^3/\text{сут.}$,
- фактический: - средний $-4500 \text{ м}^3/\text{сут.}$,
- максимальный - $6000 \text{ м}^3/\text{сут.}$,

Среднемесячный расход сточных вод:

- проектный - $180\,000 \text{ м}^3/\text{мес.}$,
- фактический: - средний $-130\,000 \text{ м}^3/\text{мес.}$,
- максимальный - $180\,000 \text{ м}^3/\text{мес.}$,

Поступление загрязненных сточных вод осуществляется двумя потоками.

Потоки КСП (конденсат сокового пара) - аммоний-содержащие сточные воды. Имеют высокое содержание аммония и солей. Поступление равномерное (стабильно $\pm 10-15\%$), в диапазоне $\pm 20-25\%$ в кратковременном режиме. Характеристика выбросов:

- проектный - $110\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$,
- фактический: - средний $-150\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$,
- максимальный - $200\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$,

1) Потоки ВСТ (вода сточная) - нитрат-содержащие сточные воды. Сильно загрязнены, имеются значительные колебания качественного состава. Производительность нитрат содержащих сточных вод:

- проектная - $50 \text{ м}^3/\text{ч.}$,
- фактическая: - средняя $-50 \text{ м}^3/\text{ч.}$,
- максимальная - $115-125 \text{ м}^3/\text{ч}$

2.3 Описание технологической схемы

Поступление сточных вод осуществляется от производства капролактама по проложенным трубопроводам от чеха №3.

Трубопровод к 9 – это аммоний содержащие стоки (КСП – конденсат сокового пара) от корпусов 615, 808, 814 проложен в приемную камеру корпуса 2021..

Трубопровод К14– нитрат содержащие стоки (ВСТ – вода сточная)направлены от корпусов. 846, 609, 812, 816, 1080 проложен в приемную камеру корпуса.20:23.

Стоки которые имеют превышение загрязнений сливаются в некондиционные стоки по проложенному трубопроводу с эстакады в камеру 20:32/1, сток КСП - в камеру 20:32/2..

Поступление реагентов так же осуществляется по трубопроводам И₇₋₁, И₇₋₃, И₇₋₉:

Трубопроводы по которым подаются реагенты подключены к насосом гидроперемешивания поз. IА/1,3 корпус 20:22, поз. IIА/1,4 корпус 20:24.

«Стоки аммоний содержащие(NH_4^+) подготавливаются и очищаются по схеме: приемная камера корпус20:21 → распределительный лоток → усреднитель → контрольные емкости корпус20:22 → насосы (поз.I/1-3) в корпус 20:29 → нитрификатор корпус 20:25 → вторичные отстойники корпус 20:26 → денитрификатор корпус 20:27» [10].

«Стоки нитрат содержащие подготавливаются и очищаются по схеме: приемная камера корпус 20:23 → распределительный лоток → усреднитель корпус 20:23 → контрольные емкости корп.20:24 → насосы (поз.II/1-3) в корпус 20:29 → денитрификатор корпус 20:27 → вторичные отстойники корпус 20:28 → аэротенк корпус 20:40 → вторичные отстойники корпус 20:41 → биореакторы корпус 20:42 → насос (поз.VII/1-4) → УФ-установка корпус 20:43 → ЗАО БОС «ТольяттиСинтез», ВОЦ-8 производства капролактама» [10].

Усреднители.

Расположение усреднителей корпусов 20:21,20:23 идет ниже приемной камеры. Они имеют схожую конструкцию и выполнены по типу многоканальных проточных сооружений с различной длиной и шириной

каналов. Далее после приемной камеры эти стоки поступают в каналы определенного усреднителя через выпуски верхнего лотка. Стоки по каналам двигаются с разной скоростью и собираются в нижнем лотке и после этого они поступают в контрольные камеры корпусов 20:22 или 20:24..

Аккумулирующие резервуары находятся с трех сторон усреднителя. Соединяются они с приемными камерами. Расположение водослива сделано таким образом чтобы всегда поддерживался уровень в верхнем лотке.

Поэтому за счет разной скорости в усреднителях осуществляется усреднение стоков конденсат сокового пара и сточной воды.

Контрольные емкости.

После усреднения стоки из нижнего лотка корпуса 20:21 переливаются в контрольные емкости корпуса 20:22 и из корпуса 20:23 в корпус 20:24. Предназначение контрольных емкостей служит для того чтобы подготавливать стоки для дальнейшей биологической очистке. Их процесс заключается в том что идет заполнение двух камер в соответствии определенных контролируемых данных в сточные воды добавляются реагенты и идет тщательное перемешивание и дальше подаются на биологическую очистку.

Аммоний содержащий сток подготавливается путем корректировки pH, содержания бикарбонатной щелочности (HCO_3^-) и фосфора, путем введения углекислого газа, раствора соды и ортофосфорной кислоты в систему гидроперемешивания.

Далее производится аналитический контроль и если показатели становятся удовлетворительными сток через открытые задвижки поз. 33/10,11,12 поступает в нижний лоток корпуса 20:22, и далее благодаря насосам откачиваются в нитрификатор корпуса 20:25.

Нитрат содержащий сток корпус 20:24 подготавливается путем корректировки ХПК, pH, фосфора, путем введения водно щелочного

раствора, раствора соды, ортофосфорной кислоты через гребенку на всасывание насоса поз. 11а/1 -2 гидроперемешивания.

Далее производится аналитический контроль и после того как показания показывают удовлетворительные результаты подготовленный сток через открытые задвижки направляется в нижний лоток корпуса 20:24, и далее благодаря насосам поступает в денитрофикатор корпуса 20:27.

Реагентная обработка.

Подача реагентов осуществляется благодаря трубопроводам.

- трубопровод ГУ - трубопровод газа углекислого от цеха №11, заведен в корпус 20:29;

- трубопровод водно-щелочных стоков К17 от цеха №35, заведен в корпус 20:29;

- трубопровод Щ - трубопровод содового раствора от корпуса 917, заведен в корпус 20:30 к емкостям поз. Е8/1,2, насосам поз. 9/1-3 и далее в корпус 20:29;

- трубопровод КФ - трубопровод ортофосфорной кислоты от корпуса 20:30, заведен в корпус 20:29.

Камера некондиционного стока.

При образовании некондиционных стоков в корпусах 20:22 и 20:24, эти стоки благодаря насосам направляются в специальные камеры для некондиционных стоков. Аммоний содержащие стоки направляются в корпус 20:32/2 а нитрат содержащие стоки в корпус 20:32/1.

Аэротенки-нитрификаторы.

Нитрификатор корпус 20:25, в который поступают аммоний содержащие сточные воды, представляет собой 3-хсекционное, 3-хкоридорное сооружение с монолитным железобетонным днищем и стеновыми панелями. Рабочий объем - 6520 м³. Секции имеют по три коридора. Работает каждая секция автономно и беспрепятственно может отключаться на ремонт, без каких либо последствий. В этих коридорах смонтирована система аэрации из фильтросных труб или установленных в

ряд эрлифтов. Система аэрации выполняется путем сжатого воздуха, который сжимается при помощи турбокомпрессоров в корпус 20:30, по коллекторам и трубной разводке подается на биологическую очистку.

Отстойники нитрификаторов.

В отстойнике нитрификатора этот сток собирается в корпусе 20:25 и далее направляется во вторичный отстойник корпуса 20:26. В нем идет разделение стока от активного ила. Осевший в конусные части ил, перекачивается при помощи эрлифтов в иловую камеру корпуса 20:25. Чтобы избежать залеживания ила его раз в смену продувают.

После этого осветленный нитрифицированный сток из отстойников собирается в нижний лоток корпуса 20:26, из которого через выпуски распределяется по секциям денитрификатора.

Аэротенки-денитрификаторы.

В корпус 20:27 поступают сточные воды на денитрофикацию после корпуса 20:24. Это 3-х секционное, 3-х коридорное сооружение с монолитным железобетонным днищем и стеновыми панелями. Рабочий объем - 7030 м³. Так же каждая секция работает автономно и может беспрепятственно отключаться не создавая никаких последствий.

В первый коридор идет поступление стока из корпуса 20:26 и идет подача активного ила.

Поступление нитрат содержащего стока из корпуса 20:29 осуществляется по первому и второму коридорам.

Система денитрофикации основана на окислении органического вещества кислородом, который бактерии извлекают из нитратов. В связи с этим, основными условиями ведения данного процесса является наличие в стоках отношения $N-(NO_2 + NO_3): XПК$, как 1 : 6¹⁰, поддержание растворенного кислорода на низком уровне - не более 0,4 мг/л и осуществление интенсивного перемешивания сточных вод с активным илом. В том случае если идет превышение водно-щелочного

раствора то в корпус 20:24 требуются повышенные концентрации кислорода, предусмотрена мелкопузырчатая аэрация при помощи фильтросных труб в 1-м и 2-м коридорах и камере регенерации. Камера регенерации предназначена для восстановления работоспособности ила и отдувки газообразного азота, пузырьки которого препятствуют оседанию ила в отстойниках корп. 20:28.

В денитрофикаторе активный ил хранится 60 суток.

Отстойники денитрификаторов.

В отстойнике денитрофикатора сток с активным илом из корпуса 20:27 направляется в верхнюю емкость корпуса 20:28, а далее уже в четыре отстойника. Часть стока из сборного лотка направляется по самотечному коллектору в камеру 20:36, из которой подается на гидроперемешивание.

Остальная часть стока поступает самотеком по трубопроводу Ду500 в корпус 20:40 на доочистку.

Аэротенки доочистки.

Аэротенк доочистки имеет схожую конструкцию как нитрификатора корпуса 20:25 и свойственен он в первую очередь для снятия избыточной органики. В нем концентрация кислорода категорически не должна превышать 3 мг/л и возраст ила поддерживается около 20 суток.

Отстойники доочистки.

В отстойнике доочистке сток с активным илом направляется в нижнюю емкость а затем за счет регулировки он поступает в четыре лотка корпуса 20:41 в отстойник аэротенка. Процесс их работы такой же как и у корпусов 20:26 и 20:28. Сброс ила осуществляется в резервуар 20:35 а далее на место для обработки осадков. После этого ил направляется в иловую камеру и уже далее в аэротенк. Очищенный осветленный сток собирается в нижней емкости корпуса 20:41 и далее идет его разделение на два потока. Один поток направляется в резервуар рециркуляции и оттуда в корпус 20:29, далее насосами поз. VI/1-3 сточные воды подаются на разбавление в корпус 20:21-20:24, 20:25, 20:27; второй поток по трубопроводу Ду 400 направляется на доочистку в биореакторы корпуса 20:42.

Биореакторы.

В корпусах биореактора осуществляется снижение биохимического потребления кислорода, химического потребления кислорода, азот аммонийного и тд. Главным процессом доочистки остаточных загрязнений имеется процесс биологического разложения биопленки. На биопленке так же идет формирование бактерий которые влияют на показания азот аммонийного в сточных водах и тем самым его снижают.

При работе биореактора на этой насадке идет накопление активного ила и когда он накапливается в больших количествах то он начинает появляться и влияет на наличие взвешенных веществ в стоках.

Для того чтобы удалить лишнюю биопленку осуществляется процесс регенерации воздушным потоком. Подача сжатого воздуха осуществляется через трубы расположенными под кассетами. Далее после этого процесса сточные воды направляются в камеру опорожнения 20:44 и далее насосами перекачиваются на дальнейшую доочистку в аэротенк корпуса 20:40.

УФ-обеззараживание.

Для того чтобы стоки можно было пустить на водооборотные системы предприятия, стойки должны пройти УФ обезвреживание от различных бактерий в корпусе 20:43.

Процесс обезвреживания сточных вод нужен для того чтобы в стоках уничтожить различные токсичные примеси и нежелательных бактерий которые бы негативно сказывались для живых организмов.

Стоки направляются в камеру для облучения под действием УФ-излучения газоразрядных ртутных бактерицидных ламп низкого давления ДБ-75, помещенных в защитные кварцевые чехлы.

Сброс очищенных сточных вод.

После этого очищенный сток пройдя все системы направляется

на промышленное водоснабжение. А без УФ обработки по существующей схеме стоки направляются на дальнейшую доочистку на БОС ЗАО «Тольяттисинтез» без УФ- дезинфекции.

Сушка осадков.

Площадки для накопления ила корпуса 20:50 это земельные резервуары полы и стены бетонные

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.

Ил который поступает на иловые площадки уплотняется и высыхает в естественной среде. Далее при заполнении этих площадок ил вывозят на дальнейшую рекультивацию. Вода с илом проходит через дренажные отверстия и далее сливается в колодцы, поз. 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 20:44, и насосами откачивается в аэротенка доочистки корпуса 20:40.

Воздуходувная станция.

Станция предусмотрена для того чтобы обеспечивать процесс очистки воздухом который сжимается при помощи компрессоров

Температура сжатого воздуха турбокомпрессоров до +75 °С.

2.4 Сброс сточных вод и применяемые реагенты для очистки

В настоящее время сбрасывание очищенных сточных вод осуществляется 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 300 м³/ч. Для ВОЦ используется речная вода.

«Применяемые реагенты:

- ортофосфорная кислота (H₃PO₄) 75-97%, 20 л/сут., подается в к. 2022, к. 2024;

- углекислый газ (CO_2), от цеха №11 производства аммиака АМ-70, подается в к. 2022, к. 2024;

- содовый раствор (Na_2CO_3) 5-10% (из 100% соды кальцинированной), от цеха №23 получения кальцинированной соды, подается периодически для нейтрализации, до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ - в к. 2022, к. 2024;

- адипат натрия (NaOH), водно-щелочной сток от цеха №35 получения циклогексанона, подается в к. 2024.

- узел нейтрилизации серной кислотой - демонтирован.

Пар - в зимний период для подогрева - объекты к.2021, к. 2023, при необходимости.

Подача воздуха от воздуходувной станции, расположенной в БПВП, к.2030. Температура воздух с ВДС - 40°C » [10].

Средняя концентрация растворенного кислорода по аэротенкам:

- нитрификатор - 2-4 мг/л,
- денитрификатор - 2 мг/л,
- аэротенк доочистки - 4 мг/л.

Потоки конденсат сокового пара и воды сточной активного ила и избыточного и остальных процессов постоянно контролируется приборами КИПиА и происходит регулировка помощи запорной аппаратуры или заслонками.

2.5 Количественные и качественные характеристики сточных вод

Расчетные количественные характеристики сточных вод, поступающих на очистные сооружения для каждого потока, представлены в таблицах 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2 – Расчетные количественные показатели аммоний содержащего стока (КСП)

Наименование	Единица измерения	Величина показателя
Среднесуточные затраты	м ³ /сут	4150
Среднечасовые затраты	м ³ /ч	180
Максимальносуточные затраты	м ³ /сут	4900
Максимальномесячные затраты	м ³ /ч	135 000
Максимальночасовые затраты	м ³ /ч	250

Таблица 2.3 – Расчетные количественные показатели нитрат содержащего стока (ВСТ)

Наименование	Единица измерения	Величина показателя
Среднесуточные затраты	м ³ /сут	1950
Среднечасовые	м ³ /ч	85
Максимальные затраты за сутки	м ³ /сут	2550
Максимальные затраты за месяц	м ³ /мес	75000
Максимальные затраты за час	м ³ /ч	120

Указанные расчетные значения, как показали дальнейшие расчеты, не позволяют даже приблизиться к существующему качеству очистки.

Поэтому дальнейшие расчеты будут выполнены с учетом фактических усредненных значений с погрешностью $\pm 35\%$. Данная вариабельность обеспечивается подготовкой сточных вод к биологической очистке в усреднителях, контрольных емкостях, и наличием емкостей некондиционного стока. Кроме того, расчетная вариабельность системы обеспечивается количественным показателем сточных вод.

2.6 Особенности и недостатки сточных вод

Особенности поступающих химически загрязненных сточных вод:

Воды, которые поступают на очистку отличаются высокой температурой в летний период. Это в значительной степени вызвано с временной неисправностью системы охлаждения в Цехе №3 аммиачной селитры, до +80°C.

Высокая степень загрязненности сточных вод, которые выражаются в единицах химического потребления кислорода, прежде всего нитрат содержащих.

Высокое солесодержание (минерализация, удельная электропроводность).

Высокие концентрации соединений азота: аммонийного и нитратного азота.

Наличие специфических загрязняющих примесей (капролактама, циклогексанона, циклогексанола, смолы и др.) в высоких концентрациях.

Высокая щелочность сточных вод, значительные колебания pH.

Значительные колебания состава сточных вод. Существенных проблем с неравномерностью нагрузки не отмечено. Коэффициент часовой неравномерности не превышает 1,5.

Высокая температура сточных вод, преимущественно конденсат сокового пара (температура аммоний содержащего потока до +75 C), в особенности в летний период. В летний период не стабильная работа нитрификатора. Высокая цветность сточных вод, что свидетельствует о возможном нарушении работы УФО.

Несбалансированность состава сточных вод (нарушение соотношения БПК :N: P = 100 : 5 1) Высокое значение химического потребления кислорода при низких концентрациях отдельных компонентов загрязняющих веществ, которые входят в состав определения химического потребления кислорода. Относительно низкие концентрации фосфатов.

Для очистки сточных вод существуют следующие технологические приемы:

- Усреднение поступающих сточных вод, коррекция температуры.

- Коррекция качественного состава – предварительная реагентная обработка, нейтрализация (CO_2 , P_3PO_4 , Na_2CO_3 , NaOH).
- Длительный период контакта сточных вод с илом.
- Применение многоступенчатой биологической очистки: 3 ступени биологической очистки в системе с активным илом, 1 ступень с прикрепленной микрофлорой.
- Продолжительное время контакта сточных вод с илом в сооружениях.

Рассредоточенная подача более загрязненных сточных вод [11].

2.7 Расчеты по существующей схеме очистки

В данном разделе проведены технологические расчеты по существующей схеме очистки, с учетом модернизации сооружений, с целью возврата сточных вод в ВОЦ предприятия.

Характеристика отдельных сооружений.

Время нахождения сточных вод в основных сооружениях при различных расходах представлено в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Время контакта сточных вод

Наименование	Кол-во, шт.	Параметры, БхБхИр, м	Вместимость об-щая, м ³	Время контакта, ч		Примечание
				средн.	миним	
1	2	3	4	5	6	7
КСП (4100 м ³ /сут.)						170-200 м ³ /ч
Усреднитель к.2021	1	41,7х32,4х1,0	1350	7,9	6,7	
Аккумулирующий резервуар к.2021	1	128х3,3х2,0	800	(4,7)	(4,0)	периодич.

Продолжение таблицы 2.4

Контрольная емкость к.2022	3	13x9,5x2,8	1020	6,0	5,1	
Емкость некондиционного стока к.2032/1	1	24x30x5,0	3600	(21,2)	(18,0)	периодич.
Нитрификатор к. 2025	3 секц.	36x13,5x4,4	6420	37,8	32,1	
Отстойники нитрифи-каторов к. 2026	5	12x6x3,9	1400	8,2	7,0	
ВСТ (1900 м ³ /сут.)						80-110 м ³ /ч
Усреднитель к.2023	1	41,7x32,4x1,0	1350	16,9	12,3	
Аккумулирующий резервуар к.2023	1	128x3,3x2,0	800	(10,0)	(7,3)	периодич.
Контрольная емкость к.2024	3	13x9,5x2,8	1020	12,7	9,3	
Емкость некондиционного стока к.2032/11		24x30x5,0	3600	(45,0)	(32,7)	периодич.
КСП + ВСТ (6000 м ³ /сут.)						250-310 м ³ /ч
Деитрификатор к. 2027	3 секц.	54x13,5x3,2	7020	28,1	22,6	
Отстойники денитрификаторов к. 2028	4	18x6x3,2	1400	5,6	4,5	
Аэротенк доочистки к. 2040	3 секц.	36x13,5x4,4	6420	25,7	20,7	
Отстойники доочистки к. 2041	4	18x6x4,2	1800	7,2	5,8	
Биореакторы 2х-секционные к. 2042	4	11,8x5,8x3,5	672	2,7	2,2	
Резервуар химзагрязненного стока к. 2039	1	6x3x4,0	72	0,3	0,2	

Потенциальные возможности существующих сооружений

Для оценки потенциальных возможностей существующих сооружений были рассмотрены следующие способы интенсификации процесса очистки:

- корректировка pH сточных вод,
 - изменение режима подачи реагентов, прежде всего ортофосфорной кислоты,
 - изменение способа подачи сточных вод: внутри аэротенков (сосредоточенная, рассредоточенная, использование регенерации), распределение стоков между аэротенками и секциями,
 - изменение количества подаваемого воздуха и способа распределения воздуха и изменения кислородного режима (замена систем аэрации),
 - изменение способа сбора и подачи возвратного ила из отстойников
- [12].

Таблица 2.5 - Достижимое качество очистки по существующей схеме с модернизацией

Наименование Показателей	Единица измерения	Значение показателя			Требование ВОЦ
		мин.	среди.	макс.	
pH		8,1	8,25	8,4	8,1-8,4
БПК5	мгО ₂ /л	37,5	50,5	63,5	БПКполн-9,0
Взвешенные вещества	мг/л	39,5	52,0	64,5	3,0
Азот аммонийный	мг/л	4,0	5,3	6,7	0,08
Азот нитритов	мг/л	0,4	0,5	0,6	0,03
Азот нитратов	мг/л	3,8	5,0	6,3	0,68
Фосфаты (по Р)	мг/л	0,1	0,2	0,3	0,1
Капролактам	мг/л	0,2	0,2	0,2	н/н
Циклогексанон	мг/л	1,0	2,2	3,5	н/н

Продолжение таблицы 2.5

Циклогексанол	мг/л	1,5	1,7	1,9	н/н
Жесткость	мг/л	2,5	2,7	3,0	3,3
Щелочность общая	мгХЭКВ/л	22,5	30,0	37,5	1,4-2,1

Вывод по существующему положению очистных сооружений.

Таким образом техническое состояние зданий, сооружений, технологического оборудования хорошее.

Анализ состава сооружений показывает высокую степень их гибкости для реализации очистки сточных вод.

Однако качественный состав поступающих сточных вод не позволяет достичь значительного увеличения качества очистки сточных вод [13].

3 Опытнo-экспериментальная апробация модернизированной системы очистки на предприятие ПАО «КуйбышевАзот»

3.1 Рекомендации по выбору технологического режима работы очистных сооружений

Критериями оценки технологической схемы очистки сточных вод являются следующие показатели:

- критерии качества очистки сточных вод;
- минимизация количества и размеров рециклов иловой смеси;
- минимизация нового оборудования;
- минимизация СМР на модернизацию.

Концепцией технологии очистки является следующая:

- реализация эффективной предварительной очистки – подготовка сточных вод к биологической очистке,
- многоступенчатая биологическая очистка с реализацией технологии нитриденитрификации,
- разделение иловой смеси при помощи мембранных биореакторов,
- обратный осмос,
- утилизация минеральных остатков обратного осмоса путем накопления в шламонакопителе или выпаривания [14].

3.2 Применяемые технологические решения

Технология нитрификации и денитрификации.

Использование технологии нитриденитрификации является наилучшим приемом для борьбы с нитчатым вспуханием активного ила, ибо микроорганизмы денитрификаторы являются естественными антагонистами нитчатых бактерий.

Кроме того, реализация указанной технологии способствует быстрому росту

микроорганизмов, адаптированных к потреблению специфических субстратов, содержащихся в сточных водах [15].

Основным технологическим приемом денитрификации является создание в части сооружений биологической очистки условий, при которых бактерии активного ила используют в качестве окислителя кислород нитратов (NO_3). В результате, инертный газообразный азот высвобождается в атмосферу.

Эффективность процесса удаления азота в целом зависит от обеспеченности $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ (быстро разлагаемое органическое вещество). Эффективность нитрификации при прочих равных условиях зависит от обеспеченности процесса кислородом. Эффективность денитрификации зависит от обеспеченности процесса быстро разлагаемым органическим веществом.

Организация денитрификатора сводится, как правило, к выделению в аэротенке анаэробной и аноксидной зон. В зону денитрификации могут включаться также первичные отстойники [16].

«В анаэробной и аноксидной зонах, для предотвращения осаждения активного ила, устанавливаются погружные механические мешалки или производится пневматическое перемешивание. Принципиальное отличие указанных зон в том, что в аноксидной зоне концентрация растворенного кислорода близка к нулю, а в анаэробной зоне близка к нулю концентрация нитритов и нитратов, которые являются источником кислорода для многих гетеротрофных бактерий. Организация зон требует достаточно точного баланса всех компонентов сточных вод и активного ила.

В аэробную зону помещается мелкопузырчатая аэрационная система.

Кроме существенного улучшения качества очистки по азоту и фосфору, при реализации схем нитриденитрификации, обычно удается достичь снижения энергопотребления на аэрацию (поскольку вместо растворенного кислорода для окисления органики в зоне денитрификации используется кислород нитритов и нитратов) и снижение объема удаляемого

из системы ила за счет повышения его осаждающих свойств. Это позволит легче реагировать системе на залповые выбросы сточных вод с высоким содержанием загрязняющих веществ» [17].

Последним моментом, который требуется обсудить, является возможность биологического удаления фосфора. Согласно современным воззрениям, бактерии, участвующие в этом процессе, способны запасать внутри своих клеток (до 50 % массы сухого вещества клеток) фосфор в виде полифосфатов. Эти полифосфаты используются в анаэробных условиях для поддержания жизнедеятельности бактерий. В качестве источника углерода в этих условиях используются запасные вещества, например, полипексималяную кислоту или гликоген. В свою очередь запасные вещества образуются из легкоразлагаемых веществ, например, ацетата.

Для нормального проведения этого процесса требуется, чтобы в системе с активным илом были анаэробные, аноксидные и аэробные зоны. Оптимальное соотношение этих зон позволяет достичь очень высоких показателей по качеству очистки одновременно от соединений углерода, азота и фосфора. Создание таких зон создает предпосылку для повышения эффективности удаления тяжелых металлов (осаждение ортофосфатами) и жиров (воздействие липолитических ферментов анаэробных бактерий) [18].

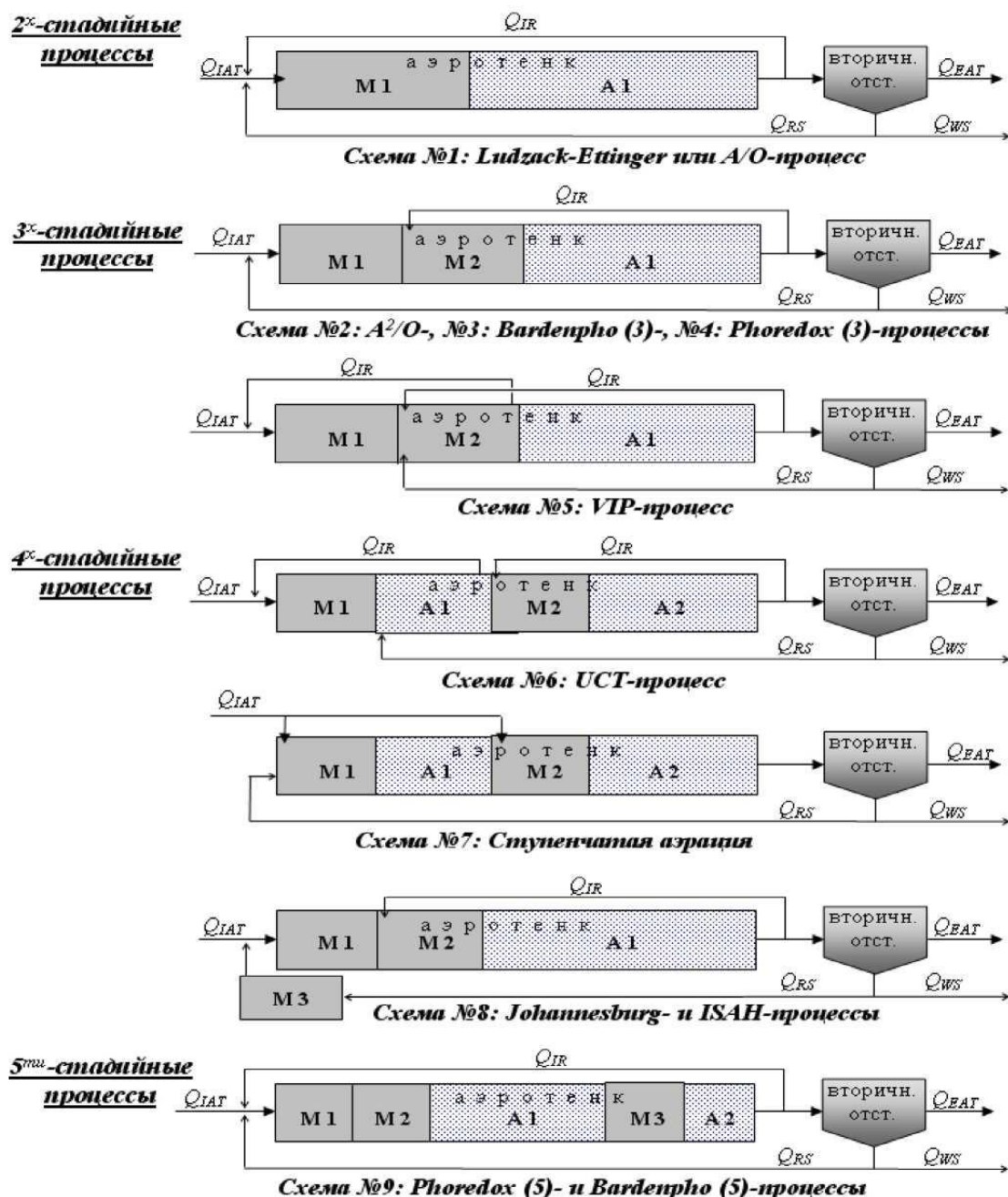
Поэтому были рассмотрены схемы комбинированного удаления соединений азота и фосфора в системе с активным илом, которые представлены на рисунке 3.1. Технологические параметры представлены в таблице 3.1. Технологическая схема нитрификации и денитрификации представлена на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 — Наиболее распространенные схемы нитриденитрификации

Параметры	A^2/O	<i>VIP</i>	<i>UCT</i>	<i>Bardenpho</i> (5-stage)	<i>Ludzack-</i> <i>Ettinger</i>	<i>UG</i>
-----------	---------	------------	------------	-------------------------------	------------------------------------	-----------

Продолжение таблицы 3.1

Нагрузка на ил, г БПК ₅ /г	0,10 - 0,20		0,2 - 0,3		0,1 - 0,2		0,1 - 0,2		0,1 - 0,25		0,1 - 0,2	
Возраст ила, сут.	3 - 25		6 - 11		13 - 33		11 - 45		10 - 50		15– 35	
Доза ила, г/л	2 - 4		1,5 - 3		3 - 7		3 - 8		2 - 5		1–3	
Зоны	ч	%	ч	%	Ч	%	ч	%	Ч	%	ч	%
Анаэробная бескислородная аэробная	0,4-	13-	1-3	23-	1-2	1-2	8-12	8-11	1-4	25-	1-	15-
	1,7	19	1-3	27	2-4	2-4	18-	18-21	4-11	35	4,5	20
	0,6-	13-	2,5-4	23-	2-4	4-12	23	42-52		60-	2-	15-
	1,0	15		25	4-12	2-4	42-	17-21		75	4,5	20
Время удержания, ч	4,5 - 8,5		4,5 - 8		9 - 22		9,5 - 23		5 - 17		6 – 22	
Рецикл ила, % расхода	25 - 55		50 - 105		50 - 100		55 - 100		50 - 70		50 – 100	
Внутренний рецикл, %	100 - 300		200 - 400		100 - 600		400		100 - 200		100 – 200	



M1, M 2, M 3 - зоны перемешивания; A 1, A 2 - зоны аэрации; Q_{IAT} - поступающие сточные воды; Q_{RS} - возвратный активный ил; Q_{WS} - избыточный ил; Q_{EAT} - очищенные сточные воды; Q_{IR} - внутренний рециклиловой смеси.

Рисунок 3.1 - Технологические схемы нитрификации и денитрификации.

«На данных схемах видно, представленных на рисунке 3.1, для схем удаления азота и фосфора необходима организация анаэробных и аноксидных (бескислородных) зон, а также внутренних рециклов иловой

смеси.

Все эти процессы принадлежат к низко нагружаемым, так как нагрузка на активный ил составляет менее 0,5 г БПК₅ на 1,5 г беззольного вещества в сутки. На таблице 3.1 представлено что при обычных значениях эти процессы требуют вместимости сооружений, обеспечивающей время удержания. Но аппаратное оформление данных процессов требует колоссального изменения.

Как правило считается, что при использовании новейших технологических схем для биологического удаления 1 мг азота нитратов требуется не менее 8.5 мг ХПК быстро разлагаемого органического вещества. Для биологического удаления 1 мг фосфора требуется не менее 20 мг ХПК быстро разлагаемого органического вещества. Данные примеры способствуют осуществлять оценку возможности удаления азота и фосфора для различных производственных сточных вод. Поэтому способностью к денитрификации микроорганизмов, аккумулирующих фосфор, можно пренебречь вследствие их низкой концентрации (от 4 до 15 % от общего количества гетеротрофных бактерий).

Таким образом, для проведения реконструкции существующих секций аэротенков, в сооружения по биологическому удалению биогенных элементов, необходима их ретехнологизация с выделением анаэробной, аноксидной и оксидной зоны в каждом из аэротенков» [19].

Расчеты показали наилучшее достижимое качество очистки при использовании УСТ-процесса.

Мембранные биореакторы.

Для очистки сточных вод была выбрана технологическая схема на основе мембранного биореактора (МБР) с использованием ультрафильтрационных мембран.

Система МБР включает в себя следующие стадии обработки после прохождения биологической очистки по технологии нитрификации и денитрификации:

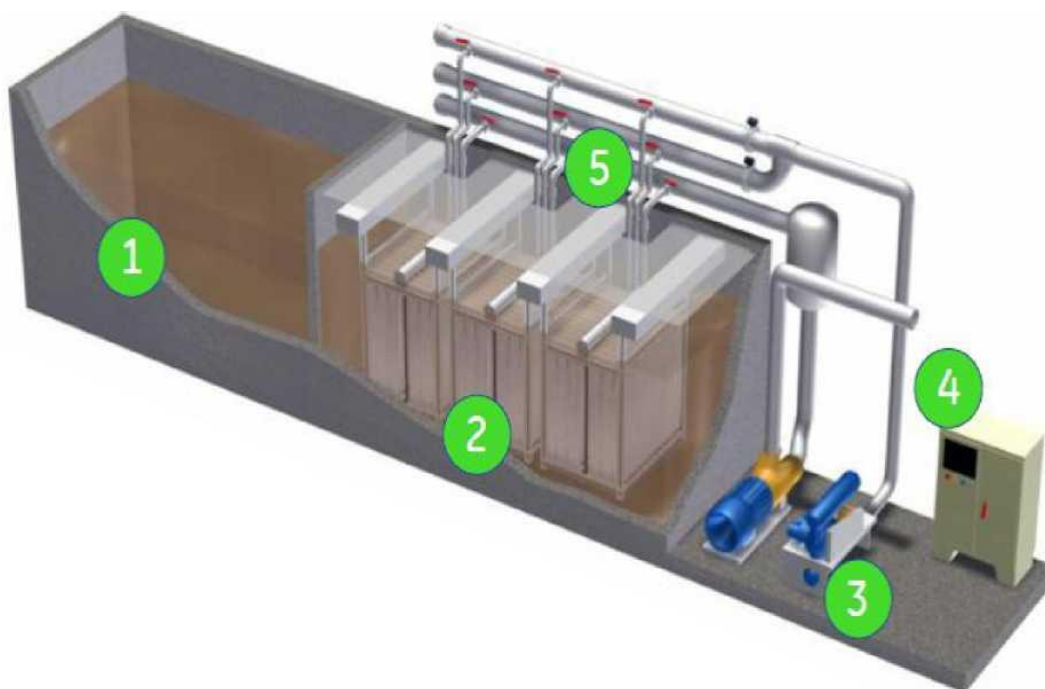
- Разделение фаз методом ультраfiltrации иловой смеси,
- Рециркуляция активного ила,
- Перекачка избыточного активного ила на дальнейшую обработку.

Краткое описание системы

Сточные воды, прошедшие предварительную обработку очистку, поступают в распределительный канал, где смешивается с рециркуляционным активным илом [20].

Далее сточные воды поступают в биореактор, в котором последовательно располагаются преаноксидная, аэробная и постаноксидная зоны. 1-Биореактор/аэротенк; 2- мембраны; 3-насос пермеата, воздуходувка; 4- панель управления; 5-трубопроводы фильтрата и воздуха. Мембранный биореактор представлен на рисунке 3.2.

Аноксидные емкости оборудованы мешалками.



1 – Биореактор/аэротенк; 2 – мембраны; 3 – насос пермеата, воздуходувка; 4 – панель управления; 5 – трубопроводы фильтрата и воздуха.

Рисунок 3.2 – Основные узлы МБР.

Аэробные емкости оборудованы мелкопузырчатыми аэраторами, чтобы

обеспечить требуемую концентрацию растворенного кислорода (более 2 мг/л), который необходим для окисления органических соединений и для нитрификации. После биологической обработки иловая смесь поступает в рециркуляционную насосную станцию, откуда насосами подается в мембранные емкости. Таким образом, организуется рецикл возвратного ила из мембранных емкостей в аэробную зону. Кроме того, для возврата нитратов дополнительно организуется рецикл (внутренний) из аэробной зоны в преаноксидную [21].

Система обратноосмотической обработки.

Система обратноосмотической установки предназначена для удаления растворимых солей, в том числе хлоридов и сульфатов. Установка представлена на рисунке 3.3.

Пульт управления с
программным контроллером



Мембранный бак



Модуль с
технологическим
оборудованием

Рисунок 3.3 – Установка обратного осмоса

Обратный осмос позволяет удалить вплоть до 99% растворимых солей из исходной воды с солесодержанием до 45 г/л. Данная технология также крайне эффективна для удаления из воды бактерий, пирогенов и органических загрязнений.

Для задержания взвесей подаваемая на обработку вода первоначально

проходит через картриджные фильтры с тонкостью фильтрации 1 микрон.

Работа установок обратного осмоса состоит из повторяющихся стадий фильтрации - 20-60 минут и обратной промывки фильтратом (пермеатом) 20-90 секунд, образующих фильтроцикл. Также для очистки используется подача воздуха с внешней стороны мембран [22].

Обратноосмотическая технология реализована в целом ряде вариантов в зависимости от производительности, назначения, удобства транспортировки. Реализация технологии ультрафильтрации для обработки того или иного типа воды включает в себя следующие стадии:

- Сбор данных химического и бактериологического анализа воды;
- Проведение пилотных испытаний на объекте с определением рабочих характеристик установки: фильтроцикла, дозы реагентов (коагулянтов, чистящих средств), которые необходимы для проектирования.
- Проектирование установки обратного осмоса на полную производительность, а также всех вспомогательных узлов и технологических линий.
- Поставка, монтаж и запуск оборудования ультрафильтрации в эксплуатацию.
- Гарантийный и пост гарантийный сервис.

Компактные установки обычно применяются без предварительного пилотирования, т.к. они позволяют произвести настройку рабочих параметров в ходе пусконаладки.

Выпарная установка.

Установка выпаривания концентрата обратного осмоса (рапа, рассол) до сухого состояния используется для уменьшения количества отходов производства [23].

Она представлена на рисунке 3.4.

Установка выпаривания состоит из последовательно расположенных ступеней: 1 ступень - испаритель (1 шт.), 2 ступень - сушилка (2 шт.), см. Рис. 4. Источник тепла - пар давлением 5 кг/см², температура 160°C.

Потребность в ресурсах: пар - до 1,5 т/ч, охлаждающая вода (20-30°C) - ок. 50 м³/ч, электроэнергия - ок. 25 кВт/ч (без учета насосов подачи воды). Установка выпаривания обратного осмоса представлена на рисунке 3.4.



испаритель



сушилка

Выпаривание до влажности сухого вещества 15%.

Рисунок 3.4 – Установка выпаривания концентрата обратного осмоса

3.3 Альтернативные технологические решения

Были рассмотрены инновационные направления очистки своеобразных производственных сточных вод

Анаммокс - альтернативный вариант удаления азот-содержащих соединений, требующих дальнейших проработок.

Для очистки сточных вод, содержащих высокие концентрации аммония (от 55 мг/л N-NH₄) и концентрации доступного органического вещества, недостаточные для традиционной технологии нитриденитрификации, применяют процесс инновационный процесс автотрофного аноксидного окисления аммония (Анаммокс) или, другими словами деаммонификации [24].

Характерной особенностью данного процесса является длительный рост микроорганизмов Анаммокс, благодаря этому для относительно быстрого запуска технологии необходим завоз инокулята, который обеспечивается поставщиком технологии за счет уже работающих глобальных установок.

Универсальной температурой для технологии деаммонификации является 28-35 °С, что в случае ПАО «КуйбышевАзот» легко обеспечивается.

Основными преимуществами технологии являются:

- 1) очистка без дополнительного дозирования органического вещества, так как процесс проводится автотрофными бактериями;
- 2) низкое энергопотребление за счет сниженных потребностей в кислороде—на 60% меньше воздуха относительно нитриденитрификации (окисление только половины аммонийного азота и не до нитрата, а до нитрита);
- 3) низкий прирост избыточного ила, то есть уменьшение объемов осадка на утилизацию - на 80% меньше, чем при традиционном процессе нитриденитрификации;
- 4) отсутствие металлоемкого дорогостоящего оборудования при высоком уровне автоматизации;
- 5) простота и надежность эксплуатации.

Технология деаммонификации обеспечивает 90-95 % удаления аммонийного азота, поэтому для достижения нормативов «рыбхоза» вторая ступень очистки является обязательной.

Этот процесс может быть организован в реакторе нитрификации аммоний содержащего стока. Если сток содержит нитриты (данных по нитритам в аммонийном стоке нет), то процесс пойдет быстрее. Дополнительно реактор необходимо будет оснастить декантером (устройством слива воды с поверхности) и гидроциклонами для селекции анаммоксила. Процесс полностью автоматизирован.

3.4 Рекомендации по реконструкции очистных сооружений

В разделе представлены рекомендации по реконструкции существующих сооружений и строительству новых с целью достижения качества очищенных стоков до установленных нормативов.

Для достижения нормативных показателей требуется:

Интенсификация смешения сточных вод, предотвращение оседания, отдувка летучих веществ. Достигается установкой системы аэрации барботирования в усреднители к.2021 и к.2023.

Корректировка pH сточных вод. Требуется нейтрализация сточных вод. Для обеспечения оптимального протекания окислительных процессов необходимо осуществлять перед биологической очисткой, в контрольных емкостях. Достижение требуемых значений pH 8,1 -8,4.

1. Корректировка pH сточных вод. Требуется нейтрализация сточных вод. Для обеспечения оптимального протекания окислительных процессов необходимо осуществлять перед биологической очисткой, в контрольных емкостях. Достижение требуемых значений pH 8,1 -8,4.

2. Дозирование соединений фосфора для обеспечения окислительных процессов (соотношение БПК :N: P = 100 : 5 : 1).

3. Изменение способа подачи сточных вод внутри аэротенков - применение регенерации (увеличение окислительной способности системы активного ила).

4. Изменение количества подаваемого воздуха и способа распределения воздуха (изменение кислородного режима) с частичной заменой систем аэрации.

5. Интенсификация восстановления окисленных форм азота - применение механического перемешивания сточных вод в зонах денитрификации.

6. Изменение способа сбора и подачи возвратного ила из отстойников (применение скребковых систем и погружных насосов).

7. Применение на стадии доочистки разделения иловой смеси и ила

при помощи мембранных биореакторов.

8. Для доочистки деминерализации ультрафильтрации (обратного осмоса).

9. Дооснащение приборами контроля и учета: рН-метрами, кислородомерами, расходомерами на сточные воды и воздух [25].

3.5 Предложенный вариант реконструкции существующей системы очистки на предприятии ПАО «КуйбышевАзот»

Модернизация существующей системы очистки включает в себя очистку смеси аммоний содержащего стока (КСП) и нитрат содержащего стока (ВСТ) после азротенка доочистки (к.2041). Система очистки представлена на рисунке 3.5.

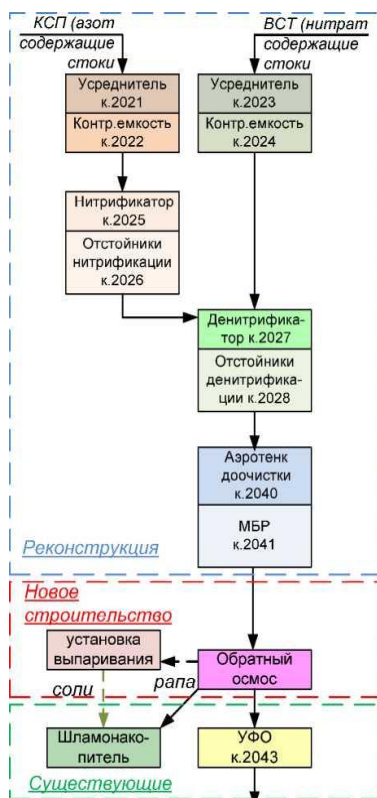


Рисунок 3.5 – Модернизированная технологическая схема очистки

Состав основных сооружений

1. Сооружения усреднения азот содержащих сточных вод (к.2021, к.2022) Q= 4800 м /сут. Реконструкция.

2. Сооружения усреднения нитрат содержащих сточных вод (к.2023, к.2024) $Q = 2500$ м /сут. Реконструкция.
3. Сооружения реагентной обработки сточных вод (к.2029) $Q = 7300$ м /сут. Реконструкция.
4. Сооружения биологической очистки в аэротенках азот содержащих сточных вод (к.2025, к.2026) $Q = 4800$ м³/сут. Реконструкция.
5. Сооружения биологической очистки в аэротенках смеси сточных вод 1 ступень (к.2027, к.2028) $Q = 7300$ м³/сут. Реконструкция.
6. Сооружения биологической очистки в аэротенках смеси сточных вод 2 ступень (к.2040, к.2041) $Q = 7300$ м³/сут. Реконструкция.
7. Сооружения доочистки на МБР смеси сточных вод (к.2042) $Q = 7300$ м /сут. Реконструкция.
8. Установка обратного осмоса 310 м /ч. Новое строительство.
9. Выпарная установка 20 м /ч. Новое строительство.

Таблица 3.2 - Расчетные качественные показатели биологически очищенных стоков (после МБР)

Наименование показателей	Единица Измерения	Значение показателей			Требования ВОЦ
		мин.	средн.	макс.	
1	2	3	4	5	6
рН		8,2	8,35	8,5	8,0-8,5
ХПК	мгО ₂ /л	45,0	57,5	70,0	40,0
БПК ₅	мгО ₂ /л	9,3	12,4	15,6	БПКполн.-9,0
Взвешенные вещества	мг/л	1,5	1,75	2,0	3,5
Азот аммонийный	мг/л	1,1	1,5	1,9	0,08
Азот нитритов	мг/л	0,3	0,4	0,5	0,03
Азот нитратов	мг/л	6,4	8,6	10,7	0,68
Фосфаты (по Р)	мг/л	0,1	0,2	0,2	0,2
Капролактам	мг/л	0,1	0,1	0,1	н/н
Циклогексанон	мг/л	0,8	1,0	1,3	н/н

Продолжение таблицы 3.2

Циклогексанол	мг/л	0,5	0,7	0,8	н/н
Жесткость	мг/л	0,9	1,3	1,7	3,5
Щелочность общая	мг'экв/л	3,6	4,8	5,9	1,4-2,1
Удельная электропроводность	мкСм/см	4 216,1	4 339,3	4 546,7	390,0
Общее солесодержание	мг/л	2 277,2	2 343,3	2 454,8	205,0
Сульфаты	мг/л	23,9	116,5	366,0	60,0
Хлориды	мг/л	25,0	45	65,0	40,0
Железо Fe + ³	мг/л	0,2	0,2	0,2	0,3
Магний	мг/л	0,4	0,6	0,9	12,0
Соединения кремния SiO ₂	мг/л	53,2	60,2	62,7	6,2
Кальций Са	мг/л	0,8	1,0	1,1	2,1

Таблица 3.3 - Расчетные качественные показатели очищенных стоков после обратного осмоса.

Наименование показателей	Единица измерен ия	Значения показателя			Требования ВОЦ
		Е			
		мин.	средн.	макс.	
рН		8,1	8,25	8,4	8,1-8,4
ХПК	мгО ₂ /л	4,8	6,4	8,0	30,0
БПК ₅	мгО ₂ /л	0,6	0,8	0,9	БПКполн.-9,0
Взвешенные вещества	мг/л	0,3	0,4	0,5	3,0
Азот аммонийный	мг/л	0,1	0,2	0,2	0,08
Азот нитритов	мг/л	0,03	0,04	0,05	0,03
Азот нитратов	мг/л	0,64	0,86	1,07	0,68
Фосфаты (по Р)	мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1
Капролактам	мг/л	0,01	0,01	0,01	н/н
Циклогексанон	мг/л	0,05	0,06	0,07	н/н
Циклогексано́л	мг/л	0,04	0,05	0,07	н/н
Жесткость	мг/л	1,0	0,9	0,9	3,3
Щелочность общая	мг'экв/л	1,7	2,1	2,5	1,4-2,6
Удельная электропроводно	мкСм/см	337,3	347,1	363,7	390,0

Продолжение таблицы 3.3

Общее солесодержание	мг/л	182,2	187,5	196,4	205,0
Сульфаты	мг/л	2,9	16,2	29,5	60,0
Хлориды	мг/л	2,1	4,1	6,2	34,0
Железо Fe + ³	мг/л	0,05	0,05	0,05	0,3
Магний	мг/л	0,5	0,6	0,8	12,0
Соединения кремния SiO ₂	мг/л	4,5	4,8	5,1	6,2
Кальций Ca	мг/л	1,8	2,0	2,3	2,3

Таблица 3.4 - Анализ расчетного качества очистки по этапам.

Наименование Показателей	Ед. измерения	ПДК ВОЦ	Результат	Предельное Значение	ПДК р/х
1	2	3	4	5	6
рН		8,1-8,4	+		6.5-8.5
ХПК	мгО ₂ /л	30,0	+		15 (30)
БПК ₅	мгО ₂ /л	БПКп- 9,0	+		БПКп-3,0
Взвешенные вещества	мг/л	2,0	+		X+0,20
Азот аммонийный	мг/л	0,08	-	0,4	0,4
Азот нитритов	мг/л	0,03	-	0,08	0,08
Азот нитратов	мг/л	0,68	-	1,5	9,0
Фосфаты (по Р)	мг/л	0,1	+		0.2
Капролактамы	мг/л	н/н	+		0.01
Циклогексанон	мг/л	н/н	+		0,00053
Циклогексано́л	мг/л	н/н	+		0,002
Жесткость	мг/л	3,3	+		н/н
Щелочность общая	мг'экв/л	1,4-2,1	+		н/н
Уд. Электропроводность	мкСм/см	390,0	+		н/н

Продолжение таблицы 3.4

Общее солесодержание	мг/л	205,0	+		1000
Сульфаты	мг/л	60,0	+		100
Хлориды	мг/л	34,0	+		300
Железо Fe + ³	мг/л	0,3	+		0,1
Магний	мг/л	12,0	+		40
Соединения кремния SiO ₂	мг/л	6,2	+		н/н
Кальций Ca	мг/л	2,1	+		180

Таким образом, для поступления в ВОЦ ,есть превышения :
- азот аммонийный, нитритный, нитратный.

3.6 Мероприятия по реконструкции очистных сооружений

В разделе представлены объемы реконструкции по отдельным сооружениям.

1. Усреднители к.2021 , к.2023 .

Монтаж системы барботирования воздухом. Назначение: предотвращение оседания частиц, охлаждение, отдувка летучих соединений. Количество барботеров на один усреднитель составит 308 п.м.

2. Реагентная станция к.2029 и контактные емкости к.2022 , к.2024.

Нейтрализация сточных вод до pH 8,1-8,4.

Дозирование фосфорсодержащих соединений (ортофосфорная кислота или триполифосфат натрия) для соотношения БПК :Р = 100 : 1.

3. Емкость некондиционного стока к.2032 - монтаж системы барботирования воздухом. Количество барботеров на одну емкость составит 147 п.м.

4. Нитрификатор к.2025. Организация регенерации, рассредоточенной подачи сточных вод, выделение зон с механическим перемешиванием.

Эксплуатация аэротенков - параллельная в режиме

нитриденитрификации. В каждом аэротенке выделяются регенератор, зоны перемешивания и зоны аэрации.

Необходимость регенерации продиктована требованиями СНиП 2.04.03-85. Под регенераторы выделяется 1-я половина 1-го коридора каждого аэротенка. Оборудование - система аэрации.

Под зоны перемешивания выделяется 2-я половина 1-го коридора и 2-я половина 2-го коридора каждого аэротенка. Оборудование - погружные электромеханические мешалки, по 4 шт. в каждую секцию.

Под зоны аэрации выделяется 1-я половина 2-го коридора и весь 3-й коридор каждого аэротенка. Оборудование - система аэрации.

Подача возвратного ила - в начало 1-го коридора.

Подача сточных вод - в середину 1-го и середину 2-го коридоров в соотношении примерно 60:40%.

Предусмотрен внутренний рецикл иловой смеси из 3-го в 1-й коридор каждого аэротенка.

5. Отстойники нитрификатора к.2026. Замена системы сбора и удаления ила.

Для этого потребуются засыпка второго конусообразного приемка в каждом отстойнике и монтаж скребковой системы для сбора осадка к первому приемку. В приемке монтируется погружной насос для удаления осадка. Система трубной развязки эрлифтов и воздухопроводов демонтируется.

6. Денитрификатор к.2027. Организация регенерации, рассредоточенной подачи сточных вод, выделение зон с механическим перемешиванием [26].

Эксплуатация аэротенков - параллельная в режиме нитриденитрификации. В каждом аэротенке выделяются регенератор, зоны перемешивания и зоны аэрации.

Необходимость регенерации продиктована требованиями СНиП 2.04.03-85. Под регенераторы выделяется 1-я половина 1-го коридора каждого аэротенка. Оборудование - система аэрации [27].

Под зоны перемешивания выделяется 2-я половина 1-го коридора и 2-я половина 2-го коридора каждого аэротенка. Оборудование - погружные электромеханические мешалки, по 6 шт. в каждую секцию.

Под зоны аэрации выделяется 1-я половина 2-го коридора и весь 3-й коридор каждого аэротенка. Оборудование - система аэрации. Подача возвратного ила - в начало 1-го коридора. Денитрификатор представлен на рисунке 3.5.

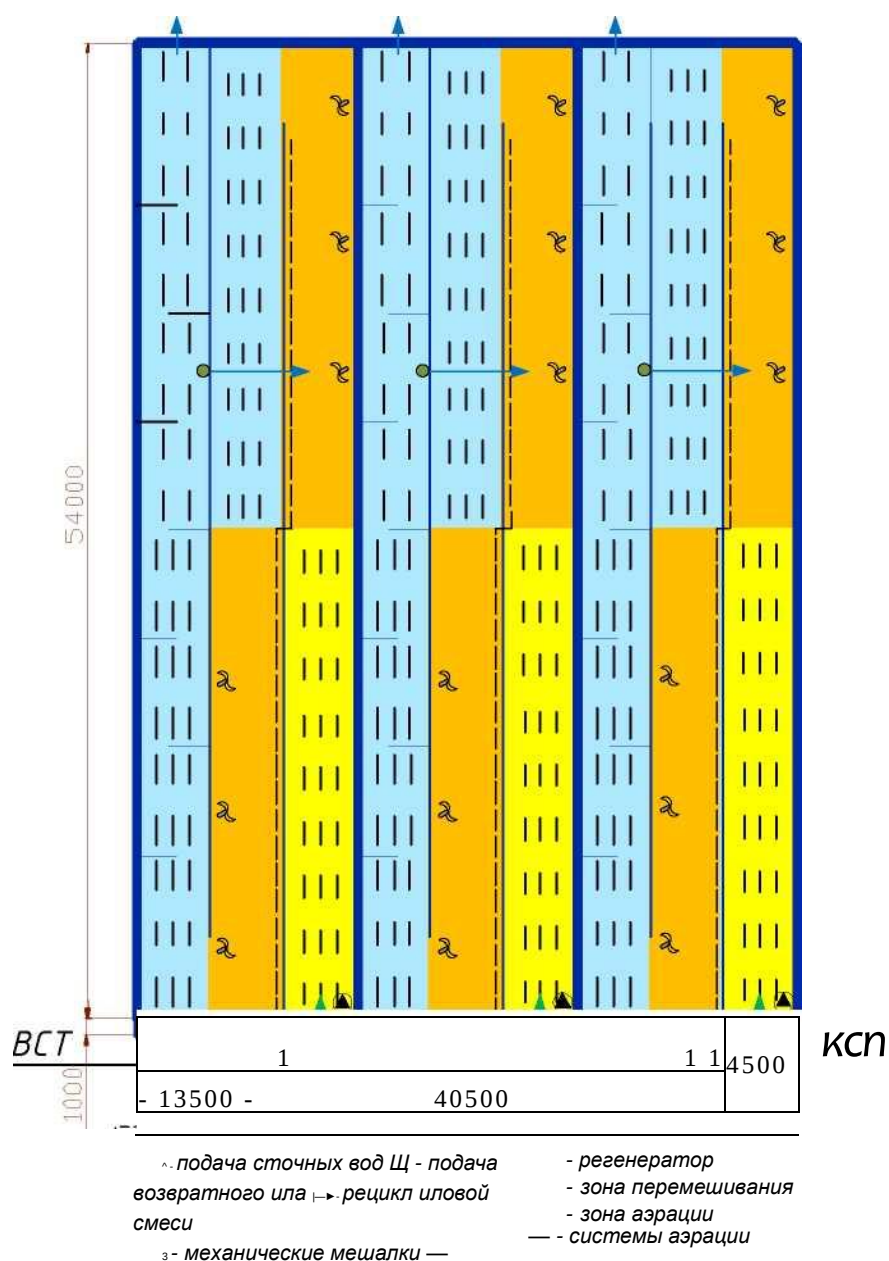


Рисунок 3.5 - Реконструкция денитрификаторов к.2027

Подача сточных вод - в середину 1-го и середину 2-го коридоров в соотношении примерно 60:40%. Сточные воды КСП (азот содержащие) - сосредоточенно, КСП (нитрит содержащие) - рассредоточено по всей длине зоны перемешивания. Предусмотрен внутренний рецикл иловой смеси из 3-го в 1-й коридор каждого аэротенка. Реконструкция производится поэтапно в каждой секции[28].

7. Отстойники денитрификатора к.2028. Замена системы сбора и

удаления ила.

Для этого потребуется засыпка двух конусообразных приемков в каждом отстойнике и монтаж скребковой системы для сбора осадка к первому приемку. В приемке монтируется погружной насос для удаления осадка. Система трубной развязки эрлифтов и воздухопроводов демонтируется.

Эксплуатация аэротенков - параллельная в режиме нитриденитрификации. В каждом аэротенке выделяются зоны перемешивания и зоны аэрации.

Под зоны перемешивания выделяется 1-я половина 1-го коридора и 1-я половина 2-го коридора каждого аэротенка. Оборудование - погружные электромеханические мешалки, по 4 шт. в каждую секцию.

Под зоны аэрации выделяется 2-я половина 1-го коридора, 2-я половина 2-го коридора и весь 3-й коридор каждого аэротенка. Оборудование - система аэрации [29].

Подача возвратного ила - в начало 1-го коридора.

Подача сточных вод - в начало 1-го и начало 2-го коридоров в соотношении примерно 60:40%.

Предусмотрен внутренний рецикл иловой смеси из 3-го во 2-й коридор каждого аэротенка.

Реконструкция производится поэтапно в каждой секции.

8. Отстойники доочистки к.2041 представлены на рисунке 3.6. Реконструкция с разделением на 3 части: приемная часть, блоки МБР, резервуар очищенной воды.

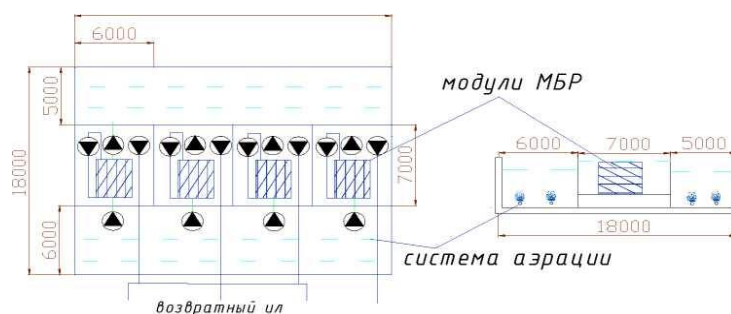


Рисунок 3.6 - Реконструкция отстойников доочистки к.2041

9. Обратный осмос . Новое строительство узла деминерализации.
Размещение - уточняется.

10. Установка выпаривания концентрата обратного осмоса .
Источник тепла - пар давлением 5 кг/см , температура 160°C.

Установка выпаривания применяется вариантно с накоплением на шламонакопителе вместимостью 200 тыс. м . Новое строительство.
Размещение - уточняется.

11. Шламонакопитель существующий, вместимостью 200 тыс. м .
Служит для накопления рапы после обессоливания, в случае введения в эксплуатацию выпарной установки - для депонирования минеральных остатков. Срок заполнения не менее 10 лет. Расстояние ок. 1,5 км от площадки очистных сооружений [30].

12. Без реконструкции эксплуатируются объекты к.2030, к.2039, 2043, к.2045 .

13. Выводится из эксплуатации объект к.2042.

Таблица 3.5 - Производители основного технологического оборудования

Наименование Оборудования	Модель, производитель оборудования	Страна-производитель	Примечание
1	2	3	4
Аэрационная система	АКВА-ПРО-М, ПП «Экополимер»	Россия	
Электромеханические мешалки погружные	SR4640, «Flygt»	Швеция	альтернативно: «Grundfos», «Wilo»
Насосы возвратного ила	«Flygt»	Швеция	-- // --
Мембранные элементы (МБР)	«General Elektrio	США	
Мембранные элементы (обратный осмос)	«General Elektrio	США	

Продолжение таблицы 3.5

Выпарная установка 1 ступень	EV 800 CF (EV 800 CF 2E), «EkipoSrl»	Италия	
Выпарная установка 2 ступень	EV 250 S R, «EkipoSrl»	Италия	
Щитовые затворы электрифицированные	1111 «Экополимер»	Россия	
Задвижки электрифицированные		Франция	
Реагентные станции	«Prominent»	Германия	альтернативно: "Alebro",
Датчики растворенного кислорода	«Endress&Hauser»	Германия	альтернативно: «Hach-Lange»(Германия)
pH-метр	«Endress&Hauser»	Германия	-- // --
Расходомерное оборудование	«Endress&Hauser»	Германия	альтернативно: «Siemens», «Krohne» (Германия)

Таблица 3.6 - Основное технологическое оборудование

Наименование работ	Объекты	Характеристики	Количество	Стоимость млн. руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6
Оборудование усреднителей					
- барботеры	к.2021	перфорир. трубы	308 п.м.	+	
- барботеры	к.2023	перфорир. трубы	308 п.м.	+	
рН-метры					
	к.2021-2022		4 шт.	+	
	к.2023-2024		4 шт.	+	
	к.2039		2 шт.	+	
Реагентные станции с насосами дозаторами	к.2029				
- нейтрализация (H_2SO_4)		$Q = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$	2 шт.	+	
- нейтрализация (NaOH)		$Q = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$	2 шт.	+	

Продолжение таблицы 3.6

- подпитка фосфором (Р)		$Q = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$	2 шт.	+	
Емкость некондиционного стока					
- барботеры	к.2032/1	перфорир. трубы	147 п.м.	+	
- барботеры	к.2032/3	перфорир. трубы	147 п.м.	+	
Нитрификатор	к.2025				
- система аэрации		полимерная	510 п.м.	+	
- погружные мешалки		высокооборотные	12 шт.	+	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q=100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h=0,5 \text{ м}$	3 шт.	+	внутренний рецикл
- датчик кислорода			9 шт.	+	
Отстойники нитрификатора	К. 2006				
- скребковые системы		8x5 м	5 шт.	+	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 8 \text{ м}$	5 шт.	+	возвратный ил
- система аэрации		полимерная	56 п.м.	-	

Продолжение таблицы 3.6

- погружные насосы с ПЧТ		$Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч}, h=20 \text{ м}$	5 шт.	-	подача стоков
мембранные блоки		20 кассет	5 компл.	-	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 20 \text{ м}$	5 шт.	-	Пермеат
- погружные насосы с ПЧТ		$Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 20 \text{ м}$	5 шт.	-	обратная промывка
- промывка, автоматизация			1 компл.	-	
- погружные насосы		$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 8 \text{ м}$	5 шт.	-	возвратный ил
Денитрификатор	к.2002				
- система аэрации		полимерная	858 п.м.	+	
- погружные мешалки		высокооборотные	18 шт.	+	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q=100 \text{ м}^3/\text{ч}, h=0,5 \text{ м}$	3 шт.		
- датчик кислорода			9 шт.	+	
Отстойники денитрификатора	к.2028				

Продолжение таблицы 3.6

- скребковые системы		14x5 м	4 шт.	+	
- погружные насосы с ПЧТ	к.2040	$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 8 \text{ м}$	4 шт.	+	
Аэротенк доочистки					
- система аэрации		полимерная	561 п.м.	+	
- погружные мешалки		высокооборотные	12 шт.	+	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q=100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h=0,5 \text{ м}$	3 шт.	+	
- датчик кислорода			9 шт.	+	
Отстойники доочистки	к.2041				
- система аэрации		полимерная	112 п.м.	+	
- погружные насосы с ПЧТ		$Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h=20 \text{ м}$	4 шт.	+	подача стоков
- мембранные блоки		40 кассет	4 компл.	+	
- погружные насосы		$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 20 \text{ м}$	4 шт.	+	пермеат

Продолжение таблицы 3.6

- погружные насосы		$Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 20 \text{ м}$	4 шт.	+	обратная промывка
- промывка автоматизация			1 компл.	+	
- погружные насосы		$Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 8 \text{ м}$	4 шт.	+	возвратный ил
Обратный осмос					
- насосы высокого давления		$Q = 175 \text{ м}^3/\text{ч}, h=150 \text{ м}$	2 шт.	+	подача стоков
- системы		$Q = 310 \text{ м}^3/\text{ч}$	2 модуля по 27	+	
- промывка,			1 компл.	+	
- насосы		$Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}, h=50 \text{ м}$	2 шт.	+	пермеат
- насосы		$Q = 30 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 50 \text{ м}$	2 шт.	+	концентрат
- насосы высокого давления		$Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}, h=150 \text{ м}$	2 шт.	+	подача стоков
- системы ультрафильтрации		$Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$	2 модуля по 18 мембр. элементов	+	
- промывка, автоматизация			1 компл.	+	

Продолжение таблицы 3.6

- насосы		$Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}, h=50 \text{ м}$	2 шт.	+	пермеат
- насосы		$Q = 20 \text{ м}^3/\text{ч}, h = 50 \text{ м}$	2 шт.	+	концентрат
ИТОГО пп.1-11, млн. руб.				585,4	
Установка выпаривания					
- выпариватель в комплекте		$Q = 20 \text{ м}^3/\text{сут.}$	1 компл.		Концентрат
- выпариватель в комплекте		$Q = 13 \text{ м}^3/\text{сут.}$	1 компл.		концентрат
ИТОГО пп.1-12, млн. руб.					

3.7 Стоимостные затраты на реконструкцию очистных сооружений

Стоимостные показатели.

В разделе представлена ориентировочная стоимость затрат на реконструкцию очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот».

Стоимость работ по реконструкции с учетом НДС представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Стоимость затрат по реконструкции очистных сооружений

Наименование работ	Стоимость, млн. руб.	
	без выпаривания	с выпариванием
1	2	3
Изыскательские работы	2,2	2,5
- геология	1,3	1,5
- геодезия	0,9	1,0
Обследование строительных конструкций	1,5	1,5
Проектные работы (Проектная документация + Рабочая документация)	13,2	14,8
Прохождение экспертизы	0,8	1,0
ИТОГО по пп.1-4:	17,7	19,8
Стоимость основного технологического оборудования*	485,4	529,5
Вспомогательное оборудование**	87,8	157,4
Строительно-монтажные работы	175,6	251,8
Пуско-наладочные работы	4,7	5,7
ИТОГО по пп.1-8:	788,9	984

Продолжение таблицы 3.7

Расход очищаемых стоков ВОЦ		
м /ч	310	310
м /сут.	6 000	6 000
тыс. м /год	2 190	2 190
Удельные капитальные затраты на очистку***, руб./м ³ за год	405,9	495,0

В данной таблице представлены характеристики реконструкций

Таблица 3.8 – Характеристика реконструкции

Наименование работ	без выпаривания	с выпариванием	Примечание
Стоимость комплекса работ по реконструкции и новому строительству, млн. руб.	788,9	984	
Расход очищаемых стоков ВОЦ			
м /ч	310	310	
м /сут.	6 000	6 000	
тыс. м /год	2 190	2 190	
Удельные капитальные затраты на очистку, руб./м ³ за год	405,9	495,0	
- подача в ВОЦ	азот аммонийный, нитритный, нитратный,		
- подача в р/х водоем	циклогексанол, циклогексанон		
Сброс стоков на БОС ЗАО «Тольяттисинтез»	Отсутствует		

Расчет окупаемости данного объекта

На данный момент завод отправляет воду на дальнейшую очистку на БОС ЗАО «ТольяттиСинтез»

1) 15руб м³ Плата за транспортировку и очистку в ЗАО «ТольяттиСинтез»

Расход в час 200 м³

$$24 \cdot 200 = 4800$$

Сутки $4800 \cdot 15 = 72000$

$$\text{Месяц } 4800 \cdot 31 \cdot 15 = 2232000$$

$$\text{Год } 4800 \cdot 265 \cdot 15 = 26280000$$

2) 10руб м³ Плата за речную воду

Расход в час 200 м³

$$\text{Сутки } 4800 \cdot 10 = 48000$$

$$\text{Месяц } 48000 \cdot 30 = 1440000$$

$$\text{Год } 1752000$$

Общая сумма 43800000 за год

Расчет срока окупаемости

Сумма объекта без выпаривания 788,9 млнруб

$$788,9 \text{ млн} / 43800000 = 18 \text{ лет срок окупаемости}$$

Сумма объекта с выпариванием 984 млнруб

$$984 / 43800000 = 22 \text{ года срок окупаемости}$$

Таким образом есть незначительное превышения показателей, но это не препятствует использованию сточных вод на ВОЦ. Также произведен расчет окупаемости проекта. На основе полученных данных можно судить о том, что данная схема рациональна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы разработана схема по реконструкции и модернизации очистных сооружений с достижением качества очистки сточных вод соответствующего нормам использования в водооборотном цикле ПАО «КуйбышевАзот».

Предложен вариант усовершенствования технологии схемы биологической очистки сточных вод, путем внедрения установки обратного осмоса после мембранного биореактора при очистке смеси аммоний содержащего стока (КСП) и нитрат содержащего стока (ВСТ) после аэротенка доочистки. Расчетные данные показывают, что качество очистки улучшается, небольшое превышение присутствует но это не запрещает использовать сточные воды на водооборотный цикл предприятия. Проведен расчет ориентировочного срока окупаемости данной установки.

Основные результаты:

1. Рассмотрена схема существующего положения.
2. Выявлены недостатки.
3. Проведены технологические расчеты по существующей схеме ОС, с учетом модернизации сооружений, с целью возврата сточных вод в ВОЦ предприятия.
4. Проведен анализ технического состояния сооружений и оборудования.
5. Сформулировано заключение по достижимому качеству очистки сточных вод.
6. Представлены рекомендации по выбору технологического режима работы ОС.
7. Выданы рекомендации по реконструкции существующих сооружений и строительству новых с целью достижения качества очищенных стоков до установленных нормативов.
8. Проведен расчет ориентировочной стоимости реконструкции очистных сооружений с новым строительством, в том числе затраты на

проектирование, строительно-монтажные работы, поставку оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голубовская, Э.К. Биологические основы очистки воды[Текст]/ Э.К. Голубовская М.: Высшая школа, 1978. 135 с.
2. Рублева, И.М., Ромадина Е.С. Методы очистки и анализ сточных вод [Текст] / И.М. Рублева, Е.С. Ромадина метод. указания. Яросл. гос. ун-т.; Ярославль: ЯрГУ, 2008. 67 с.
3. Жуков, А.И., Монгайт, И.Л., Родзиллер, И.Д. Методы очистки производственных сточных вод[Текст] / А.И.Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. Справочное пособие. - М.:Стройиздат, 1977, С 45-46.
4. Кожен, Дж. Обзор физико-химических методов очистки сточных вод[Текст]/ Дж Кожен М.: Химия, 1986, 69 с.
5. Яковлев, С.В., Карюхина Е.А. Биологические процессы в очистке сточных вод [Текст]/ С.В. Яковлев, Е.А. Карюхина М.:Стройиздат, 1980, 200 с.
6. Системы водоотведения городов [Электронный ресурс] – URL/https://studopedia.su/20_88156_sistemi-vodootvedeniya-gorodov.html (18.05.2018).
7. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод[Текст]/ Ю.В. Воронов М. Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006 г, С 35-37.
8. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация [Текст]/ Ю.И. Дытнерский - Москва, 1978, С 19-30.
9. Шевцов, М.Н. Водоснабжение промышленных предприятий [Текст] : учеб.пособ. для вузов. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. – 127 с.
10. Сидорова, А.Ф. Модернизация биореактора, направленная на повышение качества очистки сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» [Электронный ресурс] – URL/https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/700/1/Сидорова%20А.Ф._ЗОС_6_1201.pdf (12.05.2018).

11. Биотехнология: [Электронный ресурс]. - URL Учебное пособие для ВУЗов /Под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова.- М.: Высшая школа, 1987, С 25-28.(25.05.2018).
12. Waterqualitycriteria [Электронныйресурс]. – URL R eportof the Nationalte chnicalad visory committeeto the Secretary oftheinterior// April 1968. Wash., 1968. 234 p. (12.05.2016).
13. Яковлев, С.В., Карелин, Я.А., Ласков, Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод [Текст] / С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, Ю.М.Ласков - М.: Стройиздат, 1990, С 112-114.
14. Чертков, М.П. Чертков м.п.применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод[Текст]/М.П.Чертков // Российский инженер. – 2017, С 65-70.
15. Le-Clech,P. Membrane bioreactor sandtheiruses inwastewatertreatments [Электронный ресурс]. - URL/ Р. Le-ClechApplMicrobiol, Biotechnol. 2010. № 88 (27.03.2018).
16. Сернокрылов,Н.С и др.Экология очистки сточных вод физико-химическими методами [Текст] Н.С. Сернокрылов - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009г С 16-18.
17. Охрана труда и противопожарная защита [Электронный ресурс] – URL/[http://coolreferat.com/Охрана труда и противопожарная защита часть=2](http://coolreferat.com/Охрана_труда_и_противопожарная_защита_часть=2) (27.05.2018).
18. Лихачев,Н.И. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий[Текст] / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. Под ред. В.Н. Самохина. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.:Стройиздат, 1981. 628 с.
19. Дзиминскайте,О.Ч. Горбачев,Е.А. Организация процесса нитрификации и денитрификации на городских очистных сооружениях[Электронный ресурс] – URL/http://www.nngasu.ru/word/reki2014/velikie_reki_tom_3_2013.pdf#18 (23.05.2018).

20. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод [Текст] / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1974. С 338 .
21. Membrane Biological Reactors: Theory, Modeling, Design, Management and Applications to Wastewater Reuse [Текст] / ed. by F. I. Hai, K. Yamamoto, C.-H. Lee. London: IWA Publishing, 2013.
22. Кочаров, Р. Г., Теоретические основы обратного осмоса. Учебное пособие [Текст] / Р. Г. Кочаров М: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007, 19 с.
23. Doudoroff, P., Katz, M. Sewage Industrial Wastes [Электронный ресурс]. - URL / P. Doudoroff, M. Katz // 1953, v. 25, № 7, p. 802.
24. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами: [Текст] / Н. С. Серпокрылов, Е. В. Вильсон, С. В. Гетманцев, А. А. Марочки — Санкт-Петербург, Издательство Ассоциации , 2009 г. - 264 с.
25. Поляков, А.М., Соловьев, С.А., Видякин, М.Н. Технология мембранного биореактора (МБР) для очистки природных и сточных вод [Текст] / А.М. Поляков, С.А. Соловьев, М.Н. Видякин. – Москва 2008: С 149-151.
26. Кичигин, М.А., Костенко, Г.Н. Теплообменные аппараты и выпарные установки [Текст] / М.А. Кичигин М.: Госэнерго-издат, 1955. 392 с.
27. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 «Проектирование сооружений для очистки сточных вод» [Электронный ресурс]. - URL М.: Стройиздат 1990. 193 с. (12.04.2018).
28. Жмур, Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н.С. Жмур М.: Луч, 1997. - 172 с.
29. Pettet, A. in: Institute of sewage purification [Электронный ресурс]. - URL / A. Petter // J. and proc., 1956, part 1, p. 36. (25.04.2018).
30. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод [Текст] / А.Г. Ветошкин: Издательство: Инфра-Инженерия, 2016 С 95-100.