

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Мониторинг и снижение негативного воздействия на окружающую
среду нефтеперерабатывающего предприятия (на примере Сызранского НПЗ)

Студент	<u>Е.Б. Богданова</u> (И.О. Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Научный руководитель	<u>к.т.н., доцент А.В. Щипанов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	<u>_____</u>
Консультант	<u>к.п.н., доцент В.В. Петрова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	7
1 Современное состояние проблемы экологического мониторинга промышленных выбросов, сбросов и очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов.....	8
1.1 Виды и методы экологического мониторинга.....	8
1.2 Анализ направлений организации экологического мониторинга на нефтеперерабатывающем заводе.....	12
1.3 Методы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов.....	14
1.4 Анализ направлений модернизации очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий.....	16
2 Организация автоматизированной системы производственного экологического мониторинга на АО «Сызранский НПЗ».....	20
2.1 Характеристика Сызранского НПЗ.....	20
2.2 Структура и функции автоматизированной системы производственного экологического мониторинга.....	23
2.3 Обоснование выбора контролируемых АС ПЭМ источников выбросов.....	26
2.3.1 Техническая характеристика дымовых труб, состав выбросов загрязняющих веществ.....	26
2.3.2 Газоаналитическое оборудование контроля источников выбросов.....	27
2.4 Автоматизированная система контроля качества сточных вод.....	45
2.5 Создание автоматизированной системы промышленного экологического мониторинга.....	50
3 Выбор и обоснование оптимизации биологических очистных сооружений АО «СНПЗ».....	53
3.1 Анализ технологической схемы БОС АО «СНПЗ».....	53
3.2 Принцип работы мембранного биореактора.....	58

3.3	Внедрение мембранного биореактора в технологическую схему биологических очистных сооружений АО «СНПЗ».....	64
3.3.1	Расчет основных параметров мембранного биореактора.....	64
3.3.1.1	Расчет скорости окисления и продолжительности обработки сточных вод.....	64
3.3.1.2	Определение дозы дополнительного субстрата.....	67
3.3.1.3	Расчет рециркуляции иловой смеси.....	68
3.3.1.4	Расчет расхода подаваемого в аэробную зону воздуха.....	70
3.3.1.5	Расчет дополнительной дозы фосфорной кислоты.....	71
3.3.1.6	Определение объемов сооружений и площади мембран.....	72
3.3.2	Описание технологической схемы с учетом внедрения мембранного биореактора.....	75
3.3.3	Биосорбционный способ повышения эффективности биологической очистки сточных вод.....	78
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	83
	Приложение А Спутниковая карта «Сызранского НПЗ» и близлежащих населенных пунктов.....	92
	Приложение Б Расположение контролируемых АС ПЭМ технологических установок на «Сызранском НПЗ».....	93
	Приложение В Протокол о принятии к рассмотрению результатов НИР.....	94

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды от загрязнения является одной из важнейших задач в современном мире. Развитие промышленности и других видов деятельности человека связано с высокой антропогенной нагрузкой на окружающую среду, в результате которой в атмосферу, гидросферу и литосферу, а также в живые организмы, попадают вредные вещества.

Целью исследования является снижение негативного воздействия на окружающую среду нефтеперерабатывающего предприятия за счет организации автоматизированного экологического мониторинга по выбросам и сбросам, а также совершенствования очистки сточных вод

Объектом исследования является экологический мониторинг.

Предметом исследования является минимизация выбросов и сбросов и совершенствование очистки сточных вод на «Сызранском НПЗ».

Задачи исследования:

- Провести анализ современного состояния проблемы промышленных выбросов и сбросов;
- Провести сравнительный анализ методов и способов оценки и снижения выбросов и сбросов нефтеперерабатывающего предприятия (на примере Сызранского НПЗ);
- Разработать комплекс мер по организации системы автоматизированного производственного экологического мониторинга промышленных выбросов и сбросов на примере НПЗ;
- Разработать технологические решения по совершенствованию очистки сточных вод предприятия (биомембранный реактор и биосорбционный метод) и снижению загрязнения окружающей среды стоками предприятия.

Новизна исследования заключается в:

- Разработке и внедрении автоматизированной системы промышленного экологического мониторинга (АС ПЭМ) для получения

достоверной постоянной информации о состоянии водного и воздушного бассейна;

– Рассмотрено внедрение закрытого мембранного биологического реактора на «СНПЗ», который является наиболее щадящим при взаимодействии с окружающей средой.

Методы и методология проведения исследования заключается в рассмотрении теоретических аспектов. В ВКР был рассмотрен мониторинг промышленных выбросов, сбросов и очистки сточных вод на «Сызранском НПЗ», определены загрязняющие вещества, которые подлежат нормированию в НДС. Был применен метод моделирования, составлен перечень цифровых погружных датчиков, предлагаемых к использованию в составе автоматизированной системы промышленного экологического мониторинга (АС ПЭМ). Также, была приведена сравнительная характеристика концентраций загрязняющих веществ сбрасываемой воды СНПЗ в Саратовское водохранилище и рассмотрено качество воды после внедрения мембранного биореактора.

Теоретическая научная и практическая значимость диссертации заключается в том, что предлагаемые внедрения позволят:

– исключить «человеческого фактора» при получении результатов анализа, а также дистанционное информирование в реальном времени о качестве контролируемой воды, о каждом случае превышения концентраций загрязняющих веществ установленных в НДС и масштабе превышений;

– исключить из технологической схемы не востребуемых блоков очистки сточных вод;

– снизить количество емкостных сооружений, за необходимости меньшего количества активного ила;

– повысить микробиологическую безопасность очищенных стоков;

– модернизировать имеющиеся биологические очистные сооружения на АО «Сызранском НПЗ».

Научная обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивались:

- четкостью методологических позиций;
- использованием комплекса современных теоретических методов;
- всесторонним анализом литературных источников по теме исследования.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:

1. Создание и внедрение автоматизированной системы экологического мониторинга выбросов и сбросов на примере «Сызранского НПЗ».

2. Внедрение системы с мембранным биореактором, которая будет применена в условиях действующих биологических очистных сооружений АО «СНПЗ».

Апробация результатов в XLVIII Международная научно-практическая конференция «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» конференции на тему: «Применение автоматизированной системы контроля качества сточных вод на нефтеперерабатывающем заводе».

Личный вклад в исследование заключается в постановке целей, задач исследования, организации и проведении сбора материалов. Была проработана нормативная документация по предприятию АО СНПЗ, а также опубликована научная статья в печатных трудах.

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 94 страницах, текст иллюстрирован 14 таблицами, 28 рисунками.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

ВКР - выпускная квалификационная работа

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ПЭМ - промышленно-экологический мониторинг

АС ПЭМ НПЗ - автоматизированная система производственного экологического мониторинга нефтеперерабатывающего завода

СЭМ - система экологического менеджмента

ИИУС - интегральная информационная управляющая система

МБР - мембранный биореактор

АО «СНПЗ» - Акционерное общество «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»

ПДВ – предельно – допустимый выброс

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ГАК - газоаналитического комплекса

СЗЗ – санитарно-защитная зона

ИАЦ - информационно-аналитический центр

НДС – нормативно-допустимый сброс

БОС – биологические очистные сооружения

УФО - ультрафиолетовое обеззараживание

ТЭЦ – тепловая электростанция

ГИС – геоинформационная система

СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества

ХПК – химическое потребление кислорода

БПК – биологическое потребление кислорода

ЭЛОУ – АВТ – 6 - электрообессоливающая установка, атмосферно-вакуумная трубчатка (цифра обозначает производительность по переработке данной установки 6 млн. тонн в год)

ПАУ – порошкообразный активный уголь

1 Современное состояние проблемы экологического мониторинга промышленных выбросов, сбросов и очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов

1.1 Виды и методы экологического мониторинга

Экологический мониторинг является частью природоохранной деятельности. Одной из главных задач управления охраной окружающей среды является прогнозирование и оценка изменений ее состояния [1].

«Основной целью экологического мониторинга является получение своевременной и достоверной информацией, позволяющей оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека и создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб» [2].

«Основными задачами экологического мониторинга являются:

- наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;
- оценка фактического состояния природной среды;
- прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозирующего состояния природной среды» [3].

По результатам мониторинга качества сточных вод, выбросов в атмосферу и загрязнения почв разрабатываются и внедряются природоохранные мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Организация системы автоматизированного производственного экологического мониторинга промышленных выбросов и сбросов позволит решить задачу по непрерывному контролю состояния окружающей среды.

Также, с ее помощью станет возможным получение оперативной и объективной информации о содержании нормируемых загрязняющих веществ на организованных источниках выбросах и сбросов для последующего принятия управленческих решений.

Для снижения негативного воздействия сточных вод нефтеперерабатывающего завода на основании данных экологического мониторинга необходимо проводить модернизацию очистных сооружений, например с помощью мембранного разделения или при помощи биосорбции.

В процессе изучения хозяйственной деятельности человека на окружающую среду и его влияния появилось понятие «мониторинг».

«Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) — это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Законодательной основой экологического мониторинга являются Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ, постановление Правительства Российской Федерации «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» от 6 июня 2013г. №477» [4].

«Под экологическим мониторингом понимают организованный мониторинг окружающей среды, при котором:

- обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды человека и биологических объектов, а также оценка состояния и функциональной ценности экосистем;
- создаются условия для определения корректирующих действий, если не достигаются целевые показатели экологических условий» [5].

Система экологического мониторинга включает следующие мероприятия (рисунок 1.1) [5].



Рисунок 1.1 - Процедура проведения экологического мониторинга

«По характеру обобщения информации различают следующие виды мониторинга:

- глобальный – слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли, включая все ее экологические компоненты, и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях;
- базовый (фоновый) – слежение за общебиосферными, в основном природными, явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний;
- национальный – мониторинг в масштабах страны;
- региональный – слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному, и по антропогенному воздействию от базового фона, характерного для всей биосферы;
- локальный – мониторинг воздействия конкретного антропогенного источника;
- импактный – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах» [6].

В настоящее время используют различные методы мониторинга, их выбор зависит от точности результатов. Они проводятся по тому или иному

явлению, процессу, компоненту, а также в зависимости от среды, в которой проходят исследования.

«Для обработки данных экологического мониторинга используются методы распознавания образов, методы вычислительной и математической биологии, а также широкий спектр информационных технологий» [2].

«Для управления территориями с учетом экологических факторов необходимо формирование экологической оценки местности. Проблема в том, что состояние территории отслеживается десятками сетей наблюдений разных ведомств и описывается множеством разнородных показателей, в самых разнообразных ведомственных географических типологиях. Это требует, во-первых, «экологического районирования», во-вторых – минимального числа показателей, что представляет нетривиальную задачу их соотнесения. Сокращение размерности выборок показателей и их верификация проводится численным моделированием в кластерно-регрессионных уравнениях вида «экологическое состояние территорий - факторы среды». Это позволяет определить показатели ведомственных сетей наблюдений, имеющих значимые веса на заданном уровне достоверности, информативные по данному фактору, а также получить комплексные оценки, отображающие совокупную реакцию индикаторов и обобщенные факторы воздействий» [7].

«Применение ГИС позволяет проводить прогнозирование изменения состояния окружающей среды при изменении техногенной нагрузки на основе заданных моделей воздействия. Наиболее рациональным и эффективным методом хранения и обработки данных мониторинга природных территориальных систем считается метод геоинформационного картографирования. В основе этого метода лежит использование специального программного обеспечения - геоинформационных систем (ГИС), предназначенных для сбора, хранения, обработки и визуализации пространственно-координированных данных, т.е. данных, имеющих определенную территориальную привязку. Поэтому метод

геоинформационного картографирования изначально, по самой своей идее, адаптирован для обработки данных, относящихся к экосистемам, которые являются системами территориальными» [2].

«Разработка системы мониторинга на любом уровне является сложным междисциплинарным исследованием, направленным на обеспечение информацией о состоянии окружающей среды или объекта с целью минимизации вреда, наносимого природе и обществу. Более надежные критерии наблюдений формируются при условии расширения перечня измеряемых одиночных и комплексных показателей загрязнения. В эти показатели кроме традиционных аналитических измерений могут входить результаты биотестирования и экспресс анализы с целью быстрой идентификации веществ, токсичных для биоты. Такие методы значительно дешевле, чем аналитические определения, регламентированные нормативными документами. Они могут дополнять основные наблюдения (обязательные программы мониторинга) и позволяют быстро реагировать на возникновение негативных последствий загрязнения окружающей среды. Таким образом, современные системы мониторинга основываются на использовании комплекса методов наблюдений, которые наилучшим образом позволяют получить представление о процессах, протекающих в окружающей среде» [2].

1.2 Анализ направлений организации экологического мониторинга на нефтеперерабатывающем заводе

Решение задач по снижению экологического воздействия НПЗ можно реализовать путем внедрения системы экологического мониторинга окружающей среды. Уменьшить отрицательное воздействие на природную среду также помогут мероприятия, направленные на минимизацию негативного воздействия. В совокупности данные составляющие позволят качественно управлять окружающей средой.

«Экологический мониторинг определяется как совокупность систем комплексного наблюдения за состоянием природной среды, включая растительный и животный мир, состояние экосистем, а также влияние источников антропогенных воздействий на человека, животный мир и природу» [3].

«В настоящее время на НПЗ России экологический мониторинг атмосферы и воды осуществляется в основном лабораторными методами с предварительным отбором проб. Посты экологического контроля, имеющиеся на крупных предприятиях, оснащены, как правило, только системами отбора проб и не содержат аппаратуры автоматического контроля загрязнений» [8].

«Основными недостатками наблюдений за состоянием загрязнения окружающей среды при помощи лабораторной сети является ее не оперативность и периодичность. Получение результатов лабораторного анализа от момента отбора проб до их расшифровки занимает в среднем 5–6 часов. Длительность ожидания результатов лабораторных испытаний обуславливает отсутствие достоверной постоянной информации о состоянии атмосферы и водного бассейна в промышленной и санитарно-защитной зон НПЗ. Кроме того, при таком методе мониторинга отсутствует возможность в полной мере реализовывать цели и задачи, предъявляемые к мониторингу окружающей среды НПЗ» [8].

«Решением данной проблемы является создание автоматизированной системы производственного экологического мониторинга НПЗ (далее - АС ПЭМ НПЗ). АС ПЭМ НПЗ позволит увязать все наблюдения за состоянием загрязнения атмосферы и водного бассейна и станет необходимым звеном системы экологического менеджмента (СЭМ)» [8].

«Таким образом, обоснование, разработка и внедрение автоматизированных систем экологического мониторинга для решения проблем повышения экологической безопасности НПЗ является крайне важной и актуальной» [8]. Опираясь на вышеперечисленное, можно сделать

вывод, что целью дальнейшей проработки является разработка и внедрение АС ПЭМ на примере Сызранского НПЗ.

1.3 Методы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов

На заводах нефтепереработки предусмотрено три системы канализации.

Первая система предназначена для приема производственно-ливневой сточной воды с низким содержанием солей. В качестве примера, к ним можно отнести воду от охлаждения сальников насосных, талая вода с территории технологических установок и т.д.

«Вторая система канализации предназначена для отведения и очистки солесодержащих сточных вод. Это стоки электрообессоливающих установок (ЭЛОУ), сернисто-щелочные, подтоварные воды сырьевых парков, солесодержащие стоки от продувки котлов-утилизаторов и др. Они содержат нефтепродукты, реагенты, соли и другие органические и неорганические вещества. Очищенные сточные воды второй системы, если их невозможно использовать в производстве, направляются на доочистку с последующим сбросом в водные объекты» [9].

«Третья система канализации предусматривается для отведения и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от санитарных узлов производственных, административных и бытовых помещений от столовых, прачечных и других объектов» [9].

На заводах нефтепереработки в результате циркуляции воды в системе, образуются сточные воды сложного состава.

Сбор и отведение сточных вод на заводе происходит при помощи двух основных систем канализации. «Первая система канализации предназначена для отведения и очистки производственно-ливневых сточных вод со всей территории завода. Вторая система канализации предназначена для отведения и очистки эмульсионных и химически загрязненных сточных вод,

загрязненных нефтепродуктами, реагентами, солями и другими органическими и неорганическими веществами. Сточные воды завода проходят три стадии очистки: механическую, физико-химическую и биологическую» [9].

«Сооружения механической очистки предназначены для задержания не растворенных примесей. К ним относятся решетки, сита, песколовки, отстойники и фильтры различных конструкций. Для очистки производственных сточных вод, содержащие специфические загрязнения, применяют следующие сооружения» [10]:

– «Песколовки предназначены для задержания грубых минеральных примесей и сбора плавающих нефтепродуктов. Эффект задержания нефтепродуктов составляет до 75%, взвешенных веществ до 20%. По возможности песколовки должны совмещаться с нефтеловушками» [10].

– «Нефтеловушки способствуют улавливанию значительной массы нефтепродуктов. Эффективность данного этапа очистки составляет 28-30%.

Физико-химические методы очистки заключаются в том, что в сточные воды вводят реагенты: коагулянты и флокулянты» [10].

«Установка реагентной напорной флотации предназначена для удаления из сточных вод тонкоэмульгированных нефтепродуктов и коллоидных частиц, а также для частичного удаления растворенных в воде органических соединений» [10].

«Применяются следующие схемы установок реагентной напорной флотации:

– с рециркуляцией при обеспечении подачи сточных вод во флотатор без дополнительной перекачки (самотек);

– без рециркуляции (прямоточная) при необходимости дополнительной перекачки во флотатор всего объема очищаемых стоков» [10].

«Биологические методы очистки основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, которые минерализуют растворенные органические

соединения, являющиеся для микроорганизмов источниками питания. Сооружения биологической очистки условно могут быть разделены на два вида. К первому виду относятся сооружения, в которых процесс биологической очистки протекает в условиях близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды). В сооружениях второго вида аналогичная очистка протекает в искусственно созданных условиях – в аэротенках и биофильтрах» [2].

1.4 Анализ направлений модернизации очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий

Нефтеперерабатывающая промышленность является крупным загрязнителем водных объектов.

«Состав производственных сточных вод нефтеперерабатывающих заводов весьма разнообразен; определяется он качеством нефти и технологией ее переработки, а также ассортиментом выпускаемой продукции. Сточные воды содержат механические примеси, нефть и ее продукты, а также вещества, сопутствующие сырой нефти» [11].

«Основными причинами неэффективной работы очистных сооружений являются:

- залповые сбросы нефтепродуктов при аварийных ситуациях;
- использование устаревших технологий;
- физический износ оборудования;
- реконструкции и модернизации оборудования» [13].

«В настоящее время большая часть предприятий по переработке нефти реализуют программы по усовершенствованию установок, внедрению ресурсосберегающих технологий по очистке сточных вод, водооборотных циклов и водоподготовительных установок. Данная мера связана с финансовой необходимостью по переходу на класс топлива ЕВРО-5, а также с ужесточением природоохранных требований и необходимостью снижения эксплуатационных затрат на водное хозяйство» [14].

Киришский НПЗ, входящий в структуру ПАО «Сургутнефтегаз» перерабатывает нефть в объеме 15 миллионов тонн. В 2013 году на предприятии был осуществлен комплекс мероприятий природоохранного характера. Были построены и введены в эксплуатацию новые линии очистных сооружений, а также, внедрен процесс денитрификации для очистки сточных вод [15].

«Российская нефтяная компания ОАО АНК «Башнефть» проводит модернизацию биологических очистных сооружений и внедряет мембранный биореактор, а также блоки реверсивного электродиализа и обратного осмоса компании General Electric (GE) и ионоселективного ионного обмена для очистки сточных вод нефтеперерабатывающего комплекса «Башнефть-Уфанефтехим» и других предприятий Северного промышленного узла Уфы» [16].

Основой для дальнейшей проработки темы для модернизации на очистных сооружениях нефтеперерабатывающего завода был выбран мембранный биологический реактор закрытого типа. Он является наиболее щадящим при взаимодействии с окружающей средой [19].

«В Тюменской области на «Антипинском НПЗ» экологическим проблемам также уделяется большое внимание.

На предприятии комплекс оборудования российского и зарубежного производства обеспечивает полную биологическую очистку производственно-ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод. Очистка стоков проходит в несколько стадий: предварительная очистка, физико-химическая очистка, биологическая, доочистка и обеззараживание. Блок физико-химической очистки представлен сооружениями - сепараторами и импеллерными флотаторами; блок биологической очистки - нитрификаторами-денитрификаторами и мембранными реакторами; доочистка производится на сорбционных фильтрах; обеззараживание - на ультрафиолетовых установках» [12].

«На сооружениях обезвоживания осадка происходит обезвоживание уловленных нефтепродуктов, которые возвращаются на производство в переработку» [17].

«В отличие от классической схемы сооружений и традиционных технологий на очистных сооружениях Антипинского НПЗ применяются современные технологии, позволяющие в два раза сократить площади сооружений, исключить загрязнение территорий и грунтовых вод нефтепродуктами и обеспечить очистку стоков до ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения» [17].

На предприятии в города Омск, принадлежащем компании ОАО «Газпром нефть» к 2016 году реализовали проект по модернизации очистных сооружений закрытого типа. С помощью современных уникальных технологий новый комплекс очистных сооружений позволит, очистить воду предприятия до 99%, а также сократить водопотребление в два раза. Данный вид модернизации включает механическую, физико-химическую и биологическую очистки сточных вод при помощи активного ила. На завершающей стадии вода проходит этап обеззараживания с применением ультрафиолета. Это позволит циркулировать воду в системе предприятия до 70% и снизить нагрузку на городские очистные сооружения [18].

Самарская область тоже принимает участие в программах по модернизации очистных сооружений завода. Один из них нацелен на реконструкцию системы очистки сточных вод Куйбышевского НПЗ. Проект разработан на 2014-2017 гг. и нацелен на повышение качества сбрасываемых сточных вод.

«Реконструкция очистных сооружений сточных вод и технологических установок Куйбышевского НПЗ, внедрение современных ресурсосберегающих технологий, в том числе мембранного биореактора, позволит заводу сбрасывать в водный объект глубоко очищенную воду, соответствующую нормам рыбохозяйственных водоемов» [21].

«Новокуйбышевский НПЗ реализует экологическую программу направленную охрану и рациональное использование природных ресурсов, в том числе и водных» [21].

«Для повышения эффективности очистных сооружений прошла реконструкция очистных сооружений физико-химической и механической очистки сточных вод с внедрением технологии нитрификации-денитрификации, проведена модернизация нефтеловушек. Это позволило сократить содержание в стоках нитритов. Идет реконструкция оборудования, отвечающего за механическую очистку сточных вод, а также строительство блока мембранной биоочистки. Новое оборудование позволит снизить содержание загрязняющих веществ в сточных водах до норм водоемов рыбохозяйственного назначения» [21].

Рассмотрев и проанализировав мероприятия, связанные с модернизацией очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий, мной была выявлена тенденция усовершенствования и внедрения новых технологий и систем очистки промышленных сточных вод на предприятиях нефтепереработки.

Тема, прорабатываемая мной в дальнейшем, будет нацелена на оптимизацию биологических очистных сооружений Сызранского нефтеперерабатывающего завода за счет модернизации очистных сооружений предприятия и применения закрытого мембранного биореактора (МБР).

«Внедрение МБР обеспечит:

- очистку сточных вод до нормативов, требуемых при сбросе в объекты рыбохозяйственного значения;
- компактность очистных сооружений, за счет замены блока вторичного отстаивания и фильтрации на фильтрах различного вида на мембранную доочистку;
- снижение объемов избыточного активного ила» [25].

2 Организация автоматизированной системы производственного экологического мониторинга на АО «Сызранский НПЗ»

2.1 Характеристика Сызранского НПЗ

Акционерное общество «Сызранский нефтеперерабатывающий завод» (АО «СНПЗ») расположен на территории Самарской области, входящее в состав Самарской группы нефтеперерабатывающих заводов, приобретенной НК «Роснефть» в мае 2007 года.

Завод перерабатывает западносибирскую нефть, добываемую Юганскнефтегазом, а также нефть, компанией Самаранефтегаз.

Мощность нефтеперерабатывающего предприятия в настоящее время составляет 7050 тысяч тонн в год [29].

Предприятие выпускает десятки наименований нефтепродуктов: бензины автомобильные, топливо дизельное, топливо для реактивных двигателей, топливо печное бытовое, битумы нефтяные строительные, дорожные, мазуты различных марок. Кроме этого на заводе имеется производство по получению серной кислоты. Переработка нефти осуществляется на технологических установках и производственных участках.

Предприятие АО «Сызранский НПЗ» на правом берегу реки Волги.

Основная производственная площадка предприятия – Сызранский нефтеперерабатывающий завод. Вторая производственная площадка – наливной причал, располагается в 1,5 километрах от АО «СНПЗ».

С севера производственная площадка Сызранского нефтеперерабатывающего завода ограничена территорией сооружений биологической очистки сточных вод (БОС), с востока граничит с подсобными территориями, с юга – с территорией Сызранской ТЭЦ. В юго-восточном направлении ближайший от предприятия жилой массив расположен на расстоянии 550 м, в южном направлении - 1 100 м. В 650 м от

предприятия Сызранского НПЗ расположен поселок Елизарово. С северо-востока производство граничит с районом Образцовская площадка. Она расположена в 1750 м от границы территории предприятия [26].

В соответствии с санитарной классификацией по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, п. 4.1.1. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» АО «СНПЗ» размер санитарно-защитной зоны составляет 1000 м [27].

Граница расчетной санитарно-защитной зоны АО «СНПЗ» является достаточной для обеспечения уровня безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме. При этом должны соблюдаться критерии не превышения на внешней границе санитарно-защитной зоны и за ее пределами ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Постановление №147 РФ от 19.11.2010 г. Главного государственного санитарного врача Г.Г. Онищенко «Об установлении размера санитарно-защитной зоны имущественного комплекса ОАО «СНПЗ» на территории г. Сызрани Самарской области» установлен размер санитарно – защитной зоны. «Для промышленной площадки АО «СНПЗ»: в северном направлении – 1600 м от границы основной промышленной площадки (500 м от границы биологических очистных сооружений АО «СНПЗ»), в северо – восточном направлении – 450 м от границы основной промышленной площадки, в восточном направлении – 360 м от границы основной промышленной площадки, в юго – восточном направлении – 380 м от границы основной промышленной площадки, в южном, юго – западном, западном, северо – западном направлении – 1000 м от границы основной промышленной площади. Для наливного причала АО «СНПЗ»: 500 м от границы территории промышленной площадки во всех направлениях» [28].

В таблице 2.1 представлен перечень установок завода, их производительная мощность и год ввода в эксплуатацию [29].

Таблица 2.1 – Перечень установок на территории предприятия, их мощность и год ввода в эксплуатацию

Наименование установок	Год ввода в эксплуатацию	Проектная нагрузка установок тыс. тн/год
Установка атмосферно-вакуумной трубчатки ЭЛОУ – АВТ - 6	2001	7000
Установка атмосферно-вакуумной трубчатки ЭЛОУ – АВТ - 5	1967	3500
Установка каталитического риформинга Л – 35 – 6	1965	340
Установка каталитического риформинга ЛГ – 35 / 11 – 300	1968	400
Установка каталитического риформинга ЛЧ -35 / 11 - 600	1973	680
Установки гидроочистки Л – 24 / 7	1969	1400
Установки гидроочистки Л – 24 / 6 (I поток)	1966	500
Установки гидроочистки Л – 24 / 6 (II поток) - РТ	1966	500
Установка легкого гидрокрекинга вакуумного газойля Л – 24 / 8	2001	800
Установка каталитического крекинга 43 / 102 № 1	1960	400
Установка каталитического крекинга 43 / 102 № 2	1963	440
Установка термического крекинга ТК – 3	1959	400
Установка термического крекинга ТК – 4	1961	590
Установка компрессии, адсорбции и стабилизации газов каталитического крекинга	1962	320
Производство битума	1951	480
Газовая фракционирующая установка ГФУ (I секция)	1970	400
Газовая фракционирующая установка ГФУ (II секция)	1970	250
Установка сероочистки 30 / 4	1963	140
Производство серной кислоты	1967	90 по кислоте

Также на территории предприятия «Сызранский НПЗ» расположены:

- центральный блок очистных сооружений, состоящий из объектов механической (нефтеловушечное хозяйство) и биологической очистки (биологические очистные сооружения);
- резервуарные парки, эстакады, АЗС;

- слесарные мастерские, столярные мастерские, сварочные посты, аккумуляторная, прачечная;

- гаражи и открытые стоянки для автотранспорта предприятия [29].

Годовой расход жидкого топлива на технологические установки составляет 46079,00 тонн, газообразного - 3800,00 тонн, природного газа - 11315,00 тонн.

«Производственные стоки завода по условиям образования и составу загрязнения разделены на две системы канализации. Первая система - это сеть нефтесодержащих нейтральных (производственно-дождевых) сточных вод» [29]. Во вторую сеть попадают высокоэмульгированные минерализованные сточные воды установок ЭЛОУ и щелочных стоков. На заводе эксплуатируются 3 блока оборотного водоснабжения (№ 3, 3-а, № 4) [29].

2.2 Структура и функции автоматизированной системы производственного экологического мониторинга

Из ФЗ № 219, стационарные источники объектов I категории, необходимо оснащать автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов, сбросов и концентрации загрязняющих веществ. Также, необходимо установить технические средства фиксации и передачи информации об объеме загрязняющих веществ в фонд государственного мониторинга окружающей среды [30].

АО «Сызранский НПЗ» по критериям отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам I категории. Соответственно, предлагаю внедрение на Сызранском НПЗ автоматизированной системы производственного экологического мониторинга (далее – АС ПЭМ).

Принципиальная схема АС ПЭМ промышленных выбросов приведена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Принципиальная схема АС ПЭМ промышленных выбросов

«Система автоматизированного производственного экологического мониторинга состоит из подсистем:

- мониторинг эмиссий загрязняющих веществ из источников, наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выброса, сброса, расхода или иных параметров и технических показателей;
- мониторинг технологических процессов на основе изменения параметров эмиссий загрязняющих веществ из источников для подтверждения того, что эти параметры находятся в допустимом диапазоне и принятия управленческих решений для их нормирования;

– мониторинг состояния окружающей среды в зоне воздействия предприятия на экосистемы и здоровье населения, в том числе расчет приземных концентраций и прогноз распространения загрязняющих веществ в атмосфере» [32].

В рамках ВКР была выполнена предварительная оценка работ по созданию АС ПЭМ на АО «Сызранский НПЗ», с указанием ориентировочных сроков внедрения автоматизированного мониторинга.

Работа АС ПЭМ осуществляется следующим образом:

1. С помощью автоматических газоаналитических комплексов в непрерывном режиме контролируются организованные источники выбросов, загрязнения атмосферы на границе СЗЗ и в селитебной зоне, метеопараметры пограничного и приземного слоев атмосферы.

2. Результаты измерений в режиме «on-line» передаются по защищенным каналам связи в информационно-управляющий комплекс. Информационно-управляющий комплекс выполняет функции конфигурирования системы источников выбросов, первичной обработки данных, архивирования, управления, визуализации, контроля состояния системы измерения.

3. Результаты измерений концентраций загрязнителей в информационно-аналитическом центре используются в программах расчетах рассеивания и переноса загрязнителей. Учитывается текущее состояние атмосферы и рельефа местности, формируется оценка и прогноз экологической обстановки предприятия, подготовка и поддержка принятия управленческих решений и т.д.

4. Экологическая информация о предприятии в необходимом формате передается в государственные надзорные органы [31].

2.3 Обоснование выбора контролируемых АС ПЭМ источников выбросов

2.3.1 Техническая характеристика дымовых труб, состав выбросов загрязняющих веществ

АО «Сызранский НПЗ» в год выбрасывает в атмосферу более 15 тыс. тонн загрязняющих веществ (Таблица 2.2) [29], из которых более 90 процентов массы веществ образуются при работе 35 технологических печей для нагрева сырья и нефтепродуктов. Печи работают на жидком, газообразном топливе и природном газе. Чаще всего, одна дымовая труба обслуживает несколько печей [29].

Таблица 2.2 – Выбросы загрязняющих веществ АО «Сызранский НПЗ»

Наименование загрязняющего вещества	Выбросы, т/год
Диоксид азота	640,3
Оксид азота	310,7
Диоксид серы	8351,1
Оксид углерода	1447,5
Смесь предельных углеводородов C ₁ -C ₅	3654,7
Пыль с содержанием более 70% диоксида кремния	174,3
Пыль с установки каталитического крекинга	431,3

В соответствии с нормативами ПДВ в дымовых газах от технологических печей контролируется 5 компонентов. Отдельным компонентом выбросов из установок регенерации катализаторов методом обжига является пыль катализаторная (содержание диоксида кремния более 70 процентов). На предприятии в соответствии с технологическим регламентом периодически контролируется состав выбросов из каждой печи. Газы от трубчатых печей шатрового типа (таких печей большинство) поступают к дымовым трубам по подземным дымоходам. Дымоходы вблизи входа в дымовую трубу снабжены люками для отбора проб газов. Если дымовые газы поступают в трубу по воздушному дымоходу, то на дымоходе

имеются штуцера для отбора проб газов. Часть вертикальных радиантно-конвективных печей незначительной мощности снабжены дымовыми трубами, расположенными непосредственно на крыше печи. Отбор проб дымовых газов из подобного рода печей на заводе в настоящее время не производится, поэтому валовый выброс загрязняющих веществ из этих источников определяется расчетным путем [29].

В приложении А приведена спутниковая карта завода и близлежащих населенных пунктов, а в приложении Б обозначено расположение контролируемых АС ПЭМ технологических установок на «Сызранском НПЗ».

2.3.2 Газоаналитическое оборудование контроля источников выбросов

В настоящее время на двух производственных площадках АО «Сызранский НПЗ» зафиксировано 251 действующих источников выбросов, на основную площадку приходится 248 источников: 139 организованных и 109 неорганизованных, на наливной причал 3 неорганизованных источника выброса [29].

На Сызранском НПЗ к организованным источникам выбросов относятся дымовые трубы и, соответственно, работа 35 технологических печей, работа которых периодически контролируется химико-аналитическим методом или расчетным путем. В дымовых газах содержание оксидов азота, оксида углерода, диоксида серы измеряется непосредственно на месте портативным газоанализатором «Монолит». Анализы проб газов по определению углеводородов: предельные C₁-C₅, C₆-C₁₀, C₁₂-C₁₉, метан, бутан, бутилен, амилены, бензол, толуол, ксилол, этилбензол проводятся в химико-аналитической лаборатории газохроматографическим методом. Анализ газовых проб из источников выбросов проводится по план-графику контроля на предприятии нормативов ПДВ на установках и контрольных точках с периодичностью ежегодно или раз в пять лет [29].

АС ПЭМ Сызранского НПЗ, в соответствии требований № 219-ФЗ, предлагается оснастить автоматическими газоаналитическими комплексами (ГАК) измерения и учета объема или массы выбросов и концентрации загрязняющих веществ. На основе анализа сведений о концентрациях, массе выбросов нормируемых загрязнителей и т.д. определено количество автоматических газоаналитических комплексов, достаточных для решения задач промышленного экологического мониторинга на Сызранском НПЗ.

В связи с одинаковым составом загрязняющих веществ и близкими концентрациями, поступающих в атмосферу от технологических печей, для контроля дымовых газов предлагается использовать одну модель газоаналитической системы MIR 9000. Основу газоаналитического комплекса составляет газоаналитическая система MIR 9000, которая служит для непрерывного измерения концентрации загрязняющих веществ, таких как оксидов азота, оксида углерода, серы диоксида, метана и кислорода. MIR 9000 дополняется в зависимости от объекта измерения высокотемпературным пробоотборным зондом с системой измерения физических параметров дымовых газов DTP (температура, скорость, давление), пробоотборником SEC (отбор и осушка пробы) и мультиплексорным модулем MVS [33].

MIR 9000 имеет возможность последовательно анализировать газовые пробы от четырех пробоотборных систем, т.е. одна газоаналитическая система может обслуживать до четырех близкорасположенных печей. Таким образом, на 15 технологических установках 16 автоматическими газоаналитическими комплексами контролируется работа и выбросы от 32 технологических печей. Состав 16 ГАК приведен в таблице 2.3 [33]. Источники выбросов пыли от 4 технологических систем очистки газов предлагается контролировать с помощью автоматических пылемеров QAL 181.

Таблица 2.3 – Состав газоаналитических комплексов контроля выбросов из технологических установок

Номер газоаналитического комплекса (ГАК) Наименование установки, количество контролируемых печей и дымовых труб	№ источника	Точки отбора проб	Состав газоаналитического комплекса, шт.		
			Пробоотборная система SEC	Мультиплексный модуль MVS2	Газоанализатор MIR 9000
ГАК-1 ЭЛОУ-АВТ-5 Две печи, две дымовые трубы.	0069	люк	1	1	1
	0070	люк	1		
ГАК-2, ГАК-3 ЭЛОУ-АВТ-6 Пять печей, одна дымовая труба.	0365	Фланцы	4	1	1
			1	1	1
ГАК-4, Установка каталитического риформинга 35/6 Две печи, две дымовые трубы.	0103	люк	1	1	1
	0104	люк	1		
ГАК-5, Установка каталитического риформинга 35/11 -300 Одна печь, одна дымовая труба.	0112	люк	1	-	1
ГАК-6, Установка каталитического риформинга 35/11 - 600 Три печи, одна дымовая труба.	0118	люк	3	1	1
ГАК-7, Установка каталитического крекинга 43/102 1 блок Одна печь, одна дымовая труба.	0126	люк	1	-	1
Система очистки от пыли из двух циклонов-сепараторов. Один пост (пыль) на выходе из каждого циклона-сепаратора.	0128	Фланец	Пылемер QAL 181		
	0129	Фланец	Пылемер QAL 181		
ГАК-8, Установка каталитического крекинга 43/102 2 блок Одна печь, одна дымовая труба.	0134	люк	1	-	1
Система очистки от пыли из двух циклонов-сепараторов. Один пост (пыль) на выходе из каждого циклона-сепаратора.	0137	Фланец	Пылемер QAL 181		
	0138	Фланец	Пылемер QAL 181		

Продолжение таблицы 2.3

Номер газоаналитического комплекса (ГАК) Наименование установки, количество контролируемых печей и дымовых труб	№ источ ника	Точки отбора проб	Состав газоаналитического комплекса, шт.		
			Пробоо тборная система SEC	мультип лексный модуль MVS2	Газоанали затор MIR 9000
ГАК-9, Установка гидроочистки дизельного топлива и керосина Л - 24/6 Четыре печи, три дымовые трубы.	0143 0144 0145	люк	4	1	1
ГАК-10, Установка гидроочистки дизельного топлива и керосина Л - 24/7 Четыре печи, две дымовые трубы.	0153 0154	люк	4	1	1
ГАК-11, Установка гидроочистки дизельного топлива и керосина Л - 24/8 Одна печь, одна дымовая труба.	0161	люк	1	-	1
ГАК-12, Установка термического крекинга ТК - 3 Одна печь, одна дымовая труба.	0168	люк	1	-	1
ГАК-13 Установка термического крекинга ТК - 4 Две печи, две дымовые трубы.	0177 0178	люк	2	1	1
ГАК-14 Битумная установка Одна печь, одна дымовая труба.	0211	Фланец	2	1	-
ГАК-15 Установка подогрева теплофикационной воды УПТВ. Одна печь, одна дымовая труба.	0311	Фланец	1	-	1
ГАК-16 Установка производства водорода. Одна печь, одна дымовая труба.	0526	Фланец	1	-	1
Установка изомеризации.	0528		Установка автоматических газоанализаторов не планируется.		
Установка производства серной кислоты методом мокрого катализа №1.			Установка автоматических газоанализаторов не планируется.		
Установка производства серной кислоты методом мокрого катализа №2.	0539		Установка автоматических газоанализаторов не планируется		
Итого 16 газоаналитических комплексов MIR 9000			32	9	16
Итого	4 пылемера				

АС ПЭМ с помощью автоматических газоаналитических комплексов в непрерывном режиме будет реализовываться сложившийся на предприятии порядок контроля источников выбросов. По результатам непрерывного измерения физико-химических параметров дымовых газов и количественного состава продуктов сгорания топлива, возможно, контролировать качество горения топлива в технологических печах и формировать управленческие решения для нормирования технологического процесса, снизить выбросы загрязняющих веществ и сэкономить топливо.

Работа АС ПЭМ осуществляется с помощью автоматических газоаналитических комплексов (16 шт.) в непрерывном режиме контролируются организованные источники выбросов из технологических печей (32 шт.), загрязнения атмосферы на границе СЗЗ (три станции контроля) и в жилебной зоне (два поста), метеопараметры пограничного слоя атмосферы. Результаты измерений в режиме «on-line» передаются по защищенным каналам связи в информационно-управляющий комплекс. Информационно-управляющий комплекс выполняет функции конфигурирования измерения источников выбросов, первичной обработки данных, архивирования, управления, визуализации, контроля состояния системы измерения. Результаты концентраций загрязнителей в информационно аналитическом центре используются в программах расчетов рассеивания и переноса загрязнителей с учетом текущего состояния атмосферы. Экологическая информация о предприятии в необходимом формате передается в государственные надзорные органы.

В АС ПЭМ Сызранского НПЗ для измерения содержания загрязняющих веществ в выбросах технологических печей предлагается применять газоаналитический комплекс контроля источников выбросов в составе:

- высокотемпературный пробоотборный зонд $L=1\text{ м}$; $200^{\circ}\text{C}<T<550^{\circ}\text{C}$ (СА-PG-НТ10) с системой измерения физических параметров дымовых газов ДТР (температура, скорость, давление);

- пробоотборник (отбор и осушка пробы) SEC с защищенной линией транспортировки пробы, (длина до 100 м) с мультиплексорным модулем (MVS);

- газоанализатор MIR9000 (NO, NO₂, CO, SO₂, CH₄, O₂) [33].

Газоанализатор многоканальный MIR 9000 предназначен для автоматического непрерывного измерения объемной доли газов-загрязнителей в предварительно подготовленной газовой пробе. Газоанализатор MIR 9000 позволяет измерять объемную долю следующих компонентов: NO, NO_x, CO, CO₂, CH₄, O₂. Газоанализаторы многоканальные MIR 9000 имеют Свидетельство Ростехрегулирования об утверждении типа средств измерений (№55012 от 23.05.2014) и зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений № 57289-14 [33].

Газоанализатор многоканальный MIR 9000 представляет собой стационарный автоматический прибор непрерывного действия, выполненный в стационарном корпусе IP669 [33].

В таблице 2.4 приведены диапазоны измерений и пределы допускаемой основной погрешности для газоанализатора многоканального MIR 9000 [33].

Таблица 2.4 – Диапазоны измерений и пределы допускаемой основной погрешности для газоанализатора многоканального MIR 9000

Исполнение газоанализатора	Определяемый компонент	Диапазоны измерений объемной доли	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %
Стационарное	NO, NO _x	1,5 – 10000	±15
	CO	2 – 5000	±15
	CO ₂	2 – 5000	±10
	CH ₄	1,5 – 2000	±15
	O ₂	0 – 25 %	±5

На рисунках 2.2-2.9 приведен внешний вид блоков газоаналитического комплекса.

В основу работы газоанализаторов положен метод инфракрасной спектроскопии с корреляцией газового фильтра. Измерение объемной доли кислорода осуществляется с использованием парамагнитной ячейки.

Содержание загрязняющих веществ в выбросах осуществляется в предварительно подготовленной газовой пробе. Остаточное значение объемной воды на выходе системы «SEC» - не более 0,1%.

Результаты измерений выводятся:

- на дисплей, расположенный на передней панели;
- в виде аналоговых выходных сигналов: 0-1В, 0-10В, 0 - 20мА, 4 – 20мА (один аналоговый выход на каждый компонент).
- в виде цифрового выходного сигнала через плату последовательного интерфейса RS 232/422 тип RS3i для связи с микрокомпьютером непосредственно или через SAM32E.

Газоанализатор может быть расположен в специальном боксе непосредственно у основания дымовой трубы, максимальное расстояние от точки отбора пробы до прибора 100м.

Время интегрирования по всем газовым каналам – от 5 до 300с (программируется или выбирается автоматически).

Время нагревания прибора до его готовности к работе составляет не более 30 мин.

Потребляемая мощность не более 200 В.

Габаритные размеры, глубина × ширина × высота, мм: 200×400×600,

Масса - 20 кг.

Условия эксплуатации:

- температура окружающей среды:
- от +10 до +35°C для прибора, устанавливаемого в стойку или на пол;
- от -10 до +35°C (до +50°C с дополнительным устройством «Vortex») для корпусных вариантов.

- напряжение питания 220-22 +33В, частота (50±1) Гц.

Параметры и состав анализируемой газовой пробы:

- температура пробы на входе в газоанализатор от 0 до +35°C;
 - максимальная температура точки росы пробы +5°C; в присутствии HCL – минус 10°C;
 - расход газовой пробы на входе в газоанализатор $(0,33 \pm 0,01) \text{ дм}^3/\text{мин}$
- [33].



Рисунок 2.2 – Пробоотборный зонд [34]



Рисунок 2.3 – Внешний вид анализатора твердых частиц QAL 181 [35]



Рисунок 2.4 – Мультиплексная система MVS [36]



Рисунок 2.5 – Система отбора пробы SEC [37]



Рисунок 2.6– Внешний вид газоанализатора MIR9000 [38]



Рисунок 2.7 – Мини-станция мониторинга атмосферного воздуха [39]



Рисунок 2.8 – Газоанализатор MMS [40]



Рисунок 2.9 – Передвижной метеокомплекс КАЗ-1 [41]

Для мониторинга работы циклонов-сепараторов используется анализатор твердых частиц QAL 181 (рисунок 2.3). В таблице 2.5 представлены технические характеристики анализатора твердых частиц QAL181 [42].

Таблица 2.5 – Технические характеристики анализатора твердых частиц QAL181

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения	0 – 300 мг/м ³
Долгосрочный дрейф нуля	<0,1 мг/м ³
Условия применения*	Для проведения измерений в неконденсирующихся дымовых газах.
Диаметр трубы	250 мм – 3 м
Температура окружающей среды	-25°С до +55°С

Продолжение таблицы 2.5

Наименование параметра	Значение
Температура в трубе	-25°С до +500°С
Степень защиты корпуса	IP-65
Электропитание	24В
Характеристики лазера	Лазер класса 3R. Мощность до 5 мВт. Длина волны - 650 нм.

*Не пригоден к использованию при наличии капель воды

Анализатор твердых частиц QAL 181 измеряет свет, испускаемый лазером, рассеянный в прямом направлении по ходу луча. Измерительная камера, находящаяся в зонде, располагается внутри дымовой трубы. Количество рассеянного света прямо пропорционально концентрации пыли. Прибор оптимизирует характеристики дрейфа и разрешения, обеспечивая погрешность измерения менее 0,1 мг/м³, а также обеспечивает надежное функционирование в дымовых трубах, где концентрации выбросов превышают 300 мг/м³. Используемый в QAL 181 метод прямого рассеяния ProScatter™, позволяет собирать полный конус рассеянного частицами света в измерительной камере. Этот метод измерения повышает отношение "сигнал/шум" прибора, обеспечивая высокую стабильность даже при низких концентрациях пыли (< 0,1 мг/м³) и позволяет уменьшить влияние размера частиц на процесс измерения [42].

Отбор и анализ проб будет происходить следующим образом:

1.Каждый подземный дымоход, идущий от технологической печи к дымовой трубе, имеет люк (диаметр 600 мм) для отбора проб. На люк монтируется фланец, в который вставляется висотемпературный пробоотборный зонд с датчиками измерения физических параметров дымовых газов DTP. Из зонда проба поступает в пробоотборник SEC, снабженный эжектором и осушительными патронами. Далее проба по защищенной от внешних воздействий газовой линии (длина до 100 м) направляется в многоканальный газоанализатор MIR9000 (NO, NO₂, CO, SO₂, CH₄, O₂) или через мультиплексный модуль MVS (переключатель газовых

потоков), если анализатор обслуживает несколько точек отбора проб. Схема размещения газоаналитического комплекса с отбором пробы через люк подземного газохода приведена на рисунке 2.10. В качестве примера, на рисунках 2.13-2.18 приведены фотографии пробоотборных люков на подземных газоходах, технологических печей и производственных площадок. На рисунках 2.13 – 2.16 - установка гидроочистки дизельного топлива и керосина Л - 24/7; рисунках 2.17-2.18 - установка изомеризации.

2. Если дымовые газы от технологической печи поступают в дымовую трубу по воздушному дымоходу, тогда пробоотборный зонд вместе с пробоотборником монтируется на дымоходе или на дымовой трубе. Схема размещения газоаналитического комплекса с отбором пробы через фланец из дымовой трубы и газохода и фотографии вариантов монтажа пробоотборника SEC приведена на рисунках 2.11, 2.12 и 2.19-2.20, соответственно. Принципиальная схема системы отбора пробы SEC приведена на рисунке 2.12. В некоторых случаях полезно осуществить контроль выбросов в течение нескольких часов с целью настройки и оптимизации технологического процесса переносным многоканальным газоанализатором MIR9000 (рисунок 2.21).

3. На входе в пробоотборник SEC проба газов проходит через обогреваемый фильтр тонкой очистки (0,5 мкм), после чего проходит через инфильтрационный осушительный патрон, установленный снаружи обогреваемого отделения. Затем проба проходит через второй осушительный инфильтрационный патрон. Таким образом, селективно удаляются пары воды без потери представительности пробы, то есть без изменения компонентного состава загрязняющих веществ. Система работает с использованием сухого сжатого воздуха, подаваемого под давлением не менее 0,45 МПа. Она используется в эжекторах отбора пробы (при отсутствии подачи воздуха КИП предприятием используется без масляный компрессор).

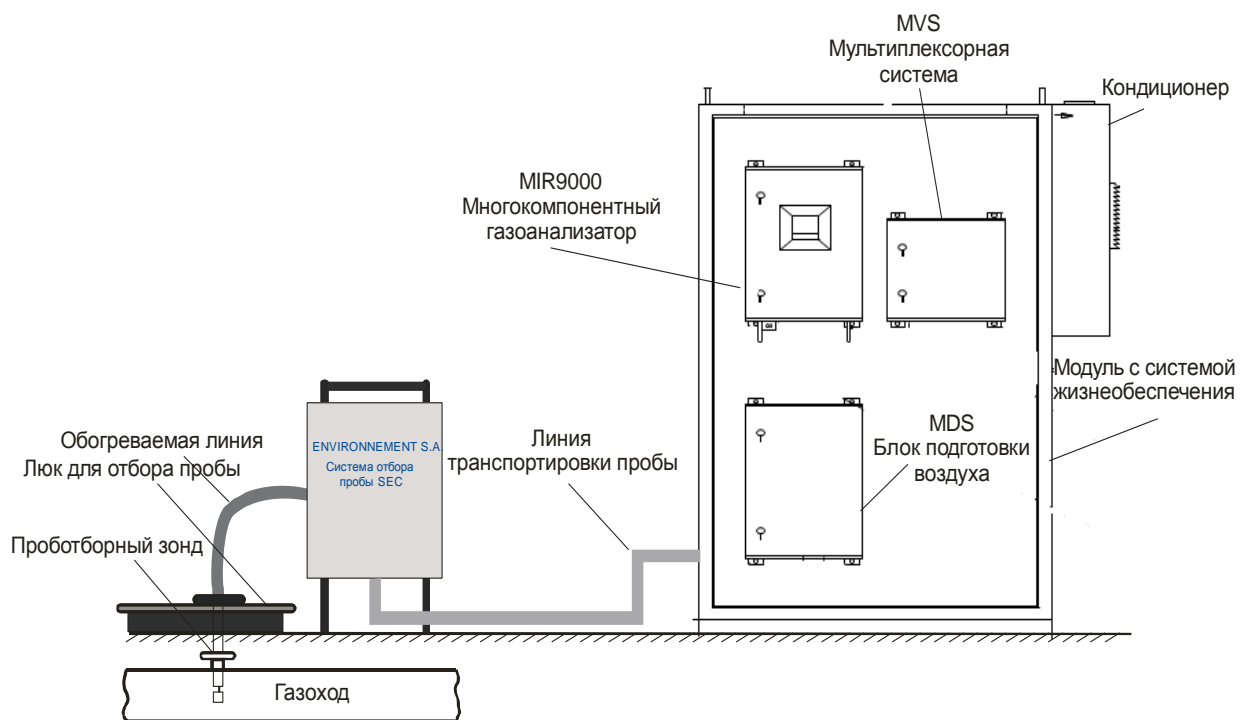


Рисунок 2.10 – Схема размещения газоаналитического комплекса с отбором пробы через люк из подземного газохода [42]

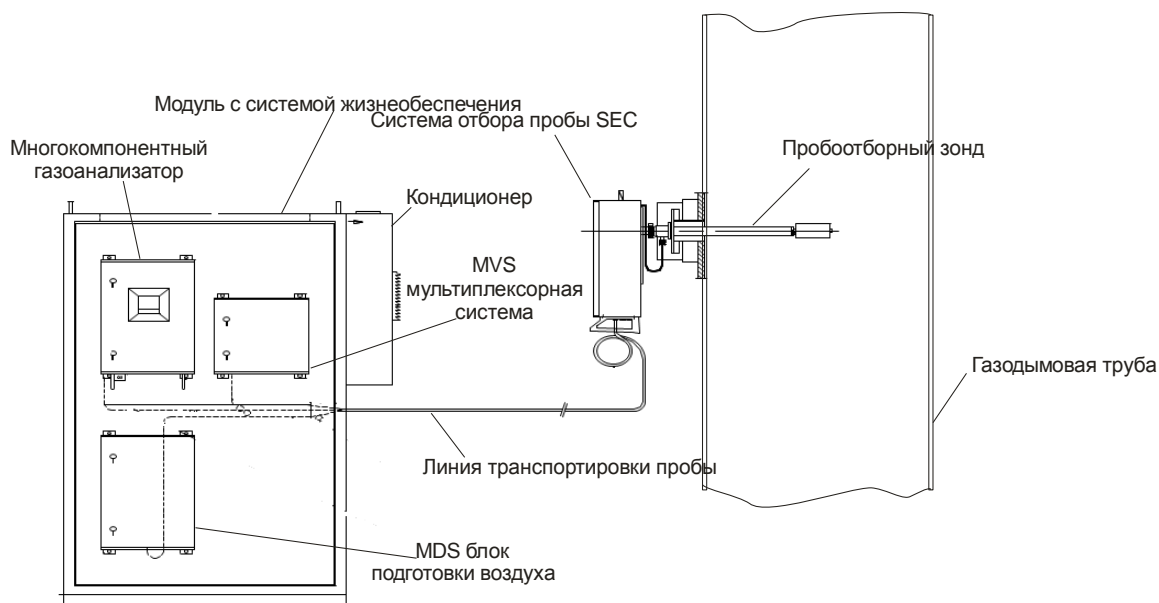


Рисунок 2.11 – Схема размещения газоаналитического комплекса с отбором пробы через фланец из дымовой трубы и газоходов [43]

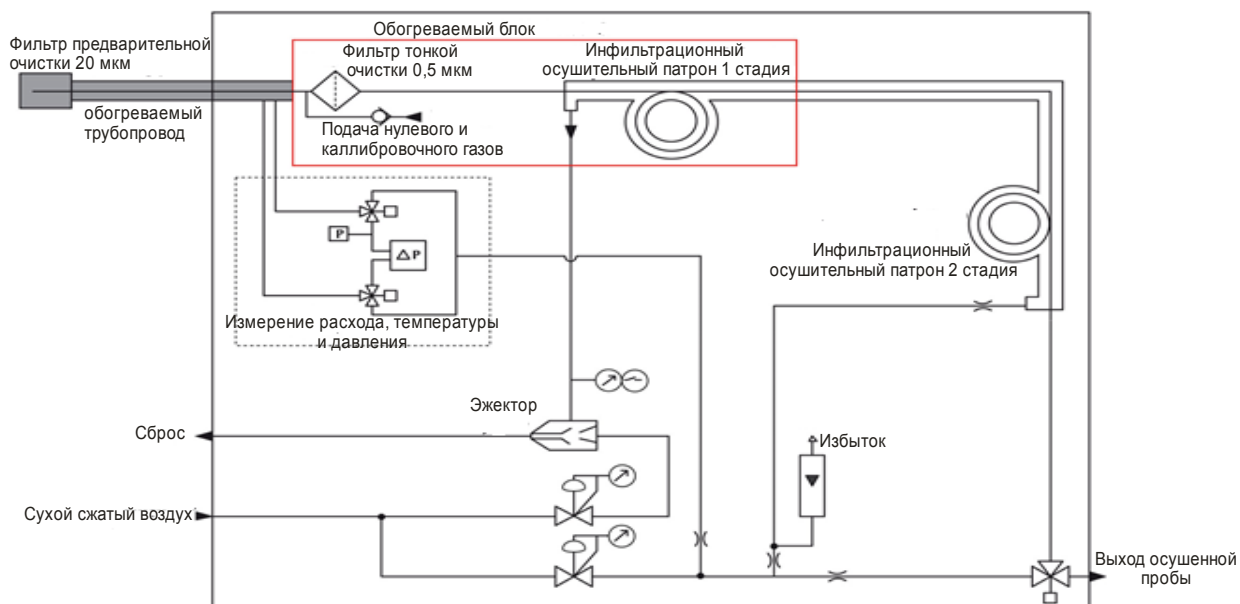


Рисунок 2.12 – Принципиальная схема системы отбора пробы SEC [44]

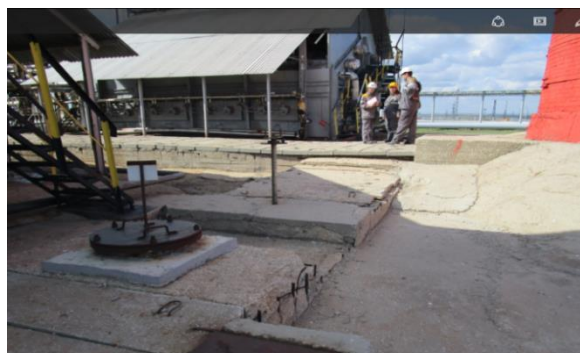


Рисунок 2.13 – Установка Л - 24/7. Печь 3. Точка отбора (люк) проб источника №0154



Рисунок 2.14 – Установка Л - 24/7. Точка отбора (люк) проб источника №0154, печь 3



Рисунок 2.15 – Установка Л - 24/7 [45]



Рисунок 2.16 – Установка Л - 24/7. Источники № 0153 и №0154 – отдельно стоящие дымовые трубы



Рисунок 2.17 – Установка ПГИ-ДИГ/280



Рисунок 2.18 – Источник выброса ПГИ-ДИГ/280 №0528 – дымовая труба вертикальной печи



Рисунок 2.19 – Вариант монтажа системы отбора пробы SEC на дымовой трубе [43]



Рисунок 2.20 – Вариант монтажа пробоотборного зонда в газодымовую трубу [43]



Рисунок 2.21 - Переносной MIR9000 [43]

4. Анализ проб. Анализ проб осуществляется в многоканальном газоанализаторе MIR9000 (NO , NO_2 , CO , SO_2 , CH_4 , O_2) методом инфракрасной спектроскопии. Время анализа проб по всем компонентам не превышает 5 минут. Результаты анализа, условия отбора пробы, физико-химические характеристики дымовых газов по каналу связи передаются в информационно-измерительную систему [33].

Оценка и прогноз экологической обстановки предприятия будет осуществляться в информационно-аналитический центре (ИАЦ), предназначенный для представления результатов мониторинга промышленных выбросов в режиме реального времени, визуализации, расчета рассеивания загрязняющих веществ, формирования и поддержки управленческих решений.

В ИАЦ на основе текущих данных о составе (NO , NO_2 , CO , SO_2 , CH_4 , O_2) и физико-химических параметров дымовых газов (давление, температура, расход) рассчитывается качество процесса сгорания топлива в горелках технологических печей и, соответственно, формируются технические решения о корректировке режима работы горелок. Таким образом, возможно, улучшить технологический режим работы печи, снизить выбросы загрязняющих веществ и сэкономить топливо [46].

Для обеспечения контроля загрязнения атмосферного воздуха на границе СЗЗ, быть установлены стационарные автоматические станции

наблюдения загрязнения атмосферного воздуха на границе СЗЗ и в жилебной зоне, а также метеоконплекс дистанционного зондирования атмосферы.

В настоящее время на границе СЗЗ функционируют три стационарные автоматические станции наблюдения атмосферного воздуха производства ОАО «ЛИГА» г. Саратов. Станции оснащены газоаналитическими приборами ЗАО «ОПТЭК» г. Санкт-Петербург для определения массовых концентраций оксида азота (NO), диоксида азота (NO₂), аммиака (NH₃), диоксида серы (SO₂), сероводорода (H₂S), оксида углерода (CO) в атмосферном воздухе. Массовые концентрации ароматических углеводородов (бензола, толуола, этилбензола, ксилолов и фенола) в атмосферном воздухе измеряются газовым хроматографом «Хроматэк-Газохром 2000». Станции наблюдения ОАО «ЛИГА» снабжены портативной метеостанцией для определения направления и скорости ветра, температуры, относительной влажности атмосферного воздуха, атмосферного давления.

Мини-станция мониторинга атмосферного воздуха в жилебной зоне представляет собой стационарный автоматический газоаналитический комплекс из мини-мультигаза MMS (NO_x, CO, SO₂, H₂S, NH₃), систему отбора пробы и систему передачи данных, портативной метеостанции, смонтированные в компактном обогреваемом шкафу.

Предлагаю внедрить автоматизированную систему промышленного экологического мониторинга, в которой будет работать функция формирования информационных протоколов:

1. Протокол объема выбросов и концентрации загрязняющих веществ от источников и суммарно по НПЗ для передачи в фонд государственного мониторинга. Частота – ежечасно в электронном виде; передача по согласованному графику.

2. Протокол объема выбросов и концентрации загрязняющих веществ по НПЗ передается в городской комитет по экологии г. Сызрани. Частота – ежечасно в электронном виде; передача по согласованному графику.

3. Протокол объема или массы выбросов и концентрации загрязняющих веществ от каждого источника и суммарно по НПЗ, концентраций ЗВ в воздухе на границе СЗЗ, от постов наблюдения в селитебной зоне для передачи в банк данных ИАЦ. Частота – не более 20 минут.

4. Визуализация протокола объема выбросов и концентрации загрязняющих веществ от каждого источника и суммарно по НПЗ, концентраций ЗВ в воздухе на границе СЗЗ для оператора и руководства завода. Частота – не более 20 минут [47].

2.4 Автоматизированная система контроля качества сточных вод

Автоматизированная система контроля над качеством воды, предназначена для автоматического непрерывного дистанционного контроля качества воды, поступающей на очистные сооружения Сызранского НПЗ и сбрасываемой в Саратовское водохранилище.

Система обеспечит:

- контроль объема воды, поступающей на очистные сооружения Сызранского НПЗ и сбрасываемой в Саратовское водохранилище;
- сравнение количества и концентраций загрязняющих веществ в воде с установленными нормами НДС, при сбросе в Саратовское водохранилище;
- учет загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения и сбрасываемых в Саратовское водохранилище после очистки;
- формирование отчетности по сбросам загрязняющих веществ с водой, с учетом загрязнений, поступающих на очистные сооружения предприятия [48].

Целью внедрения автоматизированной системы качества воды, поступающей в очистную систему Сызранского НПЗ и сбрасываемой в поверхностный водоем, является:

- сбор и обработка входной информации от измерительного оборудования;

- контроль количества загрязняющих веществ поступающих на очистные сооружения и сбрасываемых после очистки;
- сравнение фактического количества и содержания загрязняющих веществ с установленными нормативами предельно допустимых сбросов (НДС);
- формирование отчетности предприятия о фактическом сбросе загрязняющих веществ в водный объект;
- дистанционный контроль сбросов.

Предлагаемая автоматизированная система контроля качества сточных вод обеспечит непрерывный контроль концентраций загрязняющих веществ в воде в точках контроля. Также, она позволит исключить «человеческий фактор» при получении результатов анализа, а дистанционное информирование в реальном времени о качестве контролируемой воды сообщит о каждом случае превышения концентраций загрязняющих веществ, установленных в НДС и масштабе превышения.

На рисунке 2.22 приведен общий вид станции автоматизированной системы контроля качества сточных вод [50].



Рисунок 2.22 – Общий вид станции автоматизированной системы контроля качества сточных вод

Автоматизированная система будет оборудована приборами для измерения:

- объемной скорости потока;
- температуры воды;
- рН;
- мутности (взвешенные вещества);
- электропроводности;
- окислительно-восстановительного потенциала;
- содержания растворенного кислорода;
- содержания растворенных органических соединений (ХПК, БПК);
- содержания нитратного и нитритного азота;
- содержания аммонийного азота;
- содержания ПАУ (нефтепродукты).

В структуре автоматизированной системы предусмотрена возможность развития, как в расширение функций, так и в увеличение количества контролируемых параметров.

При выборе оборудования для системы дистанционного контроля над качеством воды учитывались следующие параметры:

- возможность измерения в реальном времени;
- длительный срок эксплуатации и надежность оборудования;
- возможность быстрого ремонта и устранения неполадок;
- оборудование, планируемое к эксплуатации, имеет сертификацию территории Российской Федерации.

Предложенную автоматизированную систему контроля качества сточных вод Сызранского НПЗ, предлагается укомплектовать цифровыми погружными датчиками, приведенными в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Перечень цифровых погружных датчиков, предлагаемых к использованию в составе автоматизированной системы [68]

Марка датчика	Диапазон измерений	Погрешность измерений	Измеряемый параметр
SensoLyt 700 IQ ECA	0-60 ° C	±1° C	Температура
SensoLyt 700 IQ ECA	2-12 ед. рН	±0,1 ед. рН	рН
VisoTurb IQ 700	0,05 – 4 000 FTU 1 мг/дм ³ - 400 г/дм ³	±5,5%	Взвешенные вещества и мутность
TetraCon IQ	10 – 500 000 мксм/см	±2,3%	Электропроводность
SensoLyt 700 IQ PtA	- 1 999 до + 1 999 мВ	±2,2%	RedOx-потенциал
FDO 700 IQ	0 - 20 мг/дм ³	±5,5%	Содержание растворенного кислорода
NiCaVis 705 IQ Ni	0,5 - 100,0 мг/дм ³	±10,0%	Содержание растворенных органических соединений, SAC 254 нм
NiCaVis 701/705 IQ (NI)	0,5 - 200,0 мг/дм ³	±0,5%+0,05 мг/дм ³	Содержание нитритного и нитратного азота
AmmoLyt WTW	0,5 – 1000 мг/дм ³	±0,5%+0,2 мг/дм ³	Содержание аммонийного азота
FP360 cs	0,1 – 5 000 мкг/дм ³	±10%	Содержание ПАУ (нефтепродукты)

Контроль в автоматическом режиме за нормируемыми в НДС веществами позволит принимать неотложные меры при любом отклонении от регламентированного качества сточной воды.

Принципиальная схема автоматизированной системы качества воды приведена на рисунке 2.23.

«Техническое обслуживание с периодическим контролем должно включать осмотр оборудования, выявление, анализ и устранение неисправностей, в том числе непредусмотренных средствами диагностики. Техническое обслуживание не будет прерывать выполнение функций автоматизированной системы контроля сточных вод» [49].

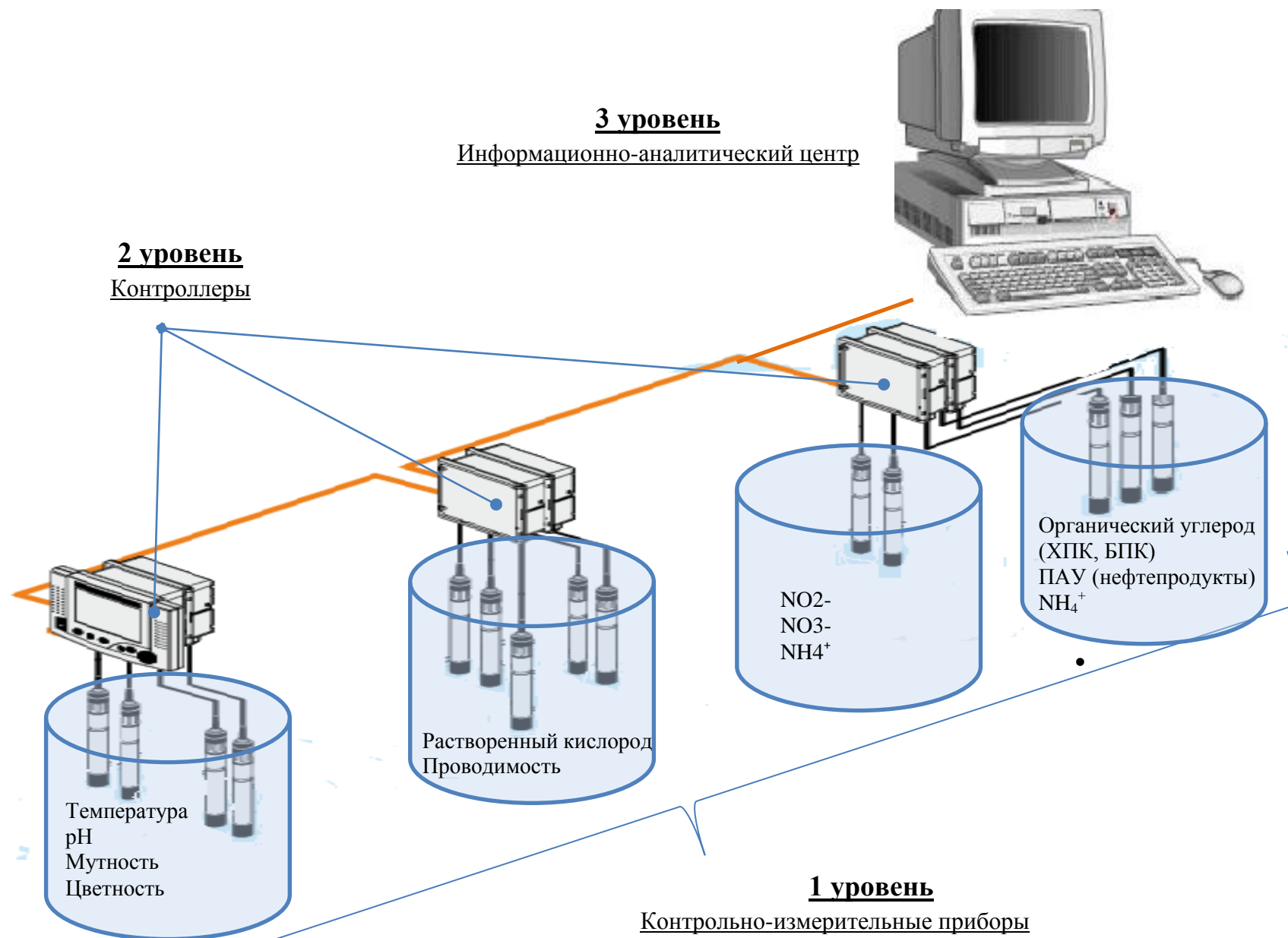


Рисунок 2.23 – Принципиальная схема автоматизированной системы контроля качества

2.5 Создание автоматизированной системы промышленного экологического мониторинга

Создание АС ПЭМ планируется провести в два этапа. На первом этапе проводится уточнение текущего состояния источников выбросов и сбросов предприятия и территориальной системы экологического мониторинга в зоне негативного воздействия НПЗ. В зависимости от производственной необходимости выбираются технологические печи с переменным технологическим режимом и сменой вида топлива; такого рода печи имеют наибольшую длительность нестабильного горения топлива и управление их технологическим режимом посредством контроля выбросов является актуальным. Таких технологических установок будет около 30 из 60, подлежащих контролю. Выбросы из оставшихся источников периодически контролируются лабораторными методами или переносным газоаналитическим комплексом; результаты вносятся в программу расчетного мониторинга.

Выполняется определение контрольных точек на русловом рассеивающем выпуске сточных вод. Конструкция рассеивающего выпуска внутриводного типа. Сточные воды выпускаются в р. Волга (Саратовское водохранилище) по трубопроводу диаметром 500 мм. Рассеивающая часть выпуска (протяженность 20 м) оборудована насадками (8 шт. D 300 мм), располагаемыми через 2,5 м [29].

Информационно-аналитический центр создается в полном объеме.

На втором этапе, по результатам опытной эксплуатации АС ПЭМ завершается ее изготовление с учетом ввода в эксплуатацию будущих производственных мощностей.

В таблице 2.7 рассмотрим этапы выполнения работы по внедрению автоматизированной системы контроля выбросов из технологических установок и сбросов и ориентировочные сроки выполнения.

Таблица 2.7 – Этапы проводимых работ

Этапы работы	Сроки выполнения
Этап 1. Предпроектная проработка создания АС ПЭМ	Три месяца 2020
Уточнение текущего состояния источников выбросов и сброса и территориальной системы экологического мониторинга в зоне негативного воздействия НПЗ.	
Анализ предпроектных предложений по выбору контролируемых источников выбросов и точек отбора проб. Определение количества газоаналитических комплексов, количества точек контроля сбросов.	
Проведение расчетного (уточняющего) мониторинга по территориальному уровню загрязнения.	
Этап 2. Выполнение проектных работ по созданию АС ПЭМ	Три месяца 2020
Проектирование АС ПЭМ первой очереди.	
Разработка проекта, состава и комплектации технических средств промышленного экологического мониторинга: - газоаналитические комплексы; - системы обеспечения оборудования сжатым воздухом, электроэнергией; - трасс пробоотборных линий от точек отбора проб до газоаналитических комплексов; - метеокомплекс дистанционного зондирования атмосферы; - стационарный автоматический пост наблюдения мультигаз MMS. - система контроля качества сточных вод	
Проектирование информационно-аналитического центра с программно-аппаратным комплексом сбора, обработки информации специальным программным продуктом моделирования экологической обстановки.	
Адаптация программного продукта расчета и прогноза экологической обстановки по данным источников выбросов НПЗ, местности и метеоусловий.	
Проектирование системы связи с измерительной аппаратурой и ИАЦ.	
Разработка эксплуатационной документации, программ и методик испытаний АС ПЭМ.	

Продолжение таблицы 2.7

Этапы работы	Сроки выполнения
Разработка регламентов взаимодействия с Росгидрометом, городским комитетом охраны окружающей среды в рамках экологического мониторинга г. Сызрани.	
Этап 3. Изготовление АС ПЭМ.	Шесть Месяцев 2021
Изготовление элементов автоматизированной системы. Приобретение оборудования.	
Выполнение строительных работ по подготовке мест размещения газоаналитических комплексов	
Выполнение монтажных и пуско-наладочных работ АС ПЭМ.	
Проведение опытной эксплуатации АС ПЭМ и корректировка рабочей документации: <ul style="list-style-type: none"> – верификация программно-аппаратного комплекса; – проведение расчетного мониторинга по актуальным данным мониторинга. 	
Корректировка проектной документации АС ПЭМ по результатам опытной эксплуатации. Разработка проекта программы (регламента) экологического мониторинга города.	2022
Этап 4. Проектирование и изготовление АС ПЭМ второй очереди.	

Так как АО «Сызранский НПЗ» является объектом I категории опасности, предлагаемое решение о внедрении автоматизированной системы производственного экологического мониторинга (АС ПЭМ) является актуальным. Система обеспечит учет загрязняющих веществ сбрасываемой воды в Саратовское водохранилище, контроль объема поступающей воды и сравнит концентрации загрязняющих веществ с НДС.

С помощью внедрения предложенных автоматических газоаналитических комплексов будет реализован порядок контроля источников выбросов. Это позволит контролировать качество горения топлива в технологических печах и снизить выбросы загрязняющих веществ и сэкономить топливо.

3 Выбор и обоснование оптимизации биологических очистных сооружений АО «СНПЗ»

3.1 Анализ технологической схемы БОС АО "СНПЗ"

Рассмотрев газоаналитическое оборудование контроля источников выбросов и создание автоматизированной системы промышленного экологического мониторинга, необходимо также уделить внимание оптимизации очистных сооружений.

Система биологических очистных сооружений – это комплекс мер, предназначенный для очистки сточных вод от содержащихся в них загрязнений с помощью микроорганизмов активного ила.

Биологическая очистка сточных вод осуществляется в результате жизнедеятельности активного ила, с целью удаления из них соединений азота, фосфора и других органических веществ.

Активный ил представляет собой жидкую активную биомассу темного цвета, которая густо заселена аэробными микроорганизмами.

Для нормального функционирования микроорганизмов требуется подача углерода, кислорода, азота, фосфора и калия. На жизнедеятельность микроорганизмов также влияют температура, реакция среды и присутствие токсичных веществ.

Биологические очистные сооружения Сызранского НПЗ представляют собой: смеситель 2-х секционный; аэротенк-смеситель I ступени 2-х секционный, 3-х коридорный; вторичные отстойники радиального типа – 3 шт., аэротенк 2-й ступени 2-х секционный, 2-х коридорный – 4 шт.; третичные отстойники радиального типа – 4 шт.; третичные отстойники радиального типа – 2 шт.; воздуходувная станция; иловая насосная; иловые площадки; установка ультрафиолетового обеззараживания [28].

СНПЗ имеет один выпуск сточных вод после биологической очистки. Сброс осуществляется по глубинному рассеивающему выпуску.

Количество образующихся промышленных сточных вод на Сызранском НПЗ составляет 5990 тыс.м³/год, а бытовых 327 тыс.м³/год. Кроме этого, на биологические очистные сооружения поступают бытовые сточные воды от сторонних организаций в объеме 29 тыс.м³/год – промышленных и 1288 тыс. м³/год – бытовых [28].

Заявленная проектная производительность очистных сооружений предприятия составляет 32600 м³/сут, в год это значение равно 11720 тыс.м³ [28].

Сточные воды, поступающие на биологическую очистку Сызранского НПЗ должны соответствовать нормативным значениям, представленным в таблице 3.1 [28].

Таблица 3.1 – Нормативные значения для промышленных сточных вод, поступающих на БОС

Параметры качества сточных вод	Нормативное значение	Фактическое значение
Водородный показатель	6,5-8,5	7,4
Температура воды, °С	15-30	24
Взвешенные вещества, мг/л, менее	65	82
Нефтепродукт, мг/л	20-40	55
Фенолы, мг/л, менее	12	11
Химическое потребление кислорода, мг/л×O ₂	400-600	310
Биологическое потребление кислорода (полн.), мг/л×O ₂	400	440
Азот аммонийный, мг/л	20-30	28
Хлориды, мг/л	500	98
Сульфиды, мг/л, менее	15	9

В хозяйственно-бытовых стоках присутствует большое количество веществ, которые чаще всего имеют растительное происхождение, например, остатки растений, масел, бумаги.

Хозяйственно-бытовые стоки могут содержать минеральные загрязнения. Их особенностью является содержание бактериальной составляющей, которая вызывает заболевание, попав в человеческий организм.

Нормативные значения, предъявляемые к хозяйственно-бытовым сточным водам, поступающие на биологические очистные сооружения, представлены в таблице 3.2 [29].

Таблица 3.2 – Значения показателей качества сточных вод, предъявляемые к хозяйственно – бытовым стокам

Параметры качества сточных вод	Нормативное значение	Фактическое значение
Водородный показатель	6,5-8,5	7,5
Температура воды, °С	15-30	26
Взвешенные вещества, мг/л, менее	65	73,4
Нефтепродукты, мг/л	20	7
Биологическое потребление кислорода (полн.), мг/л×O ₂	250	245
Химическое потребление кислорода, мг/л×O ₂	400	321
Азот аммонийный, мг/л	20-30	30,05

Нефтедержащие стоки, поступающие с установки атмосферно-вакуумной трубчатки (ЭЛОУ-АВТ-6) из буферных прудов самотеком попадают в камеру смешения. Сюда же попадают хозяйственно-бытовые сточные воды с Образцовской площадки, прошедшие стадию механической очистки.

В камере происходит смешение сточных вод с реагентами. Далее, вода попадет в смеситель, представляющий собой железобетонный резервуар, разделенный на две секции, каждая объемом 250 м³. Чтобы смешение происходило тщательнее, на дне резервуара находятся перфорированные трубы, по которым происходит подача воздуха. После этого, водный сток поступает в аэротенк – смеситель [29].

Аэротенк – смеситель состоит из двух секций, каждая из которых коридорная.

После аэротенка-смесителя стоки вместе с активным илом поступают самотеком в распределительную чашу вторичных отстойников, в которых происходит отделение сточных вод от активного ила. Осветленные сточные воды поступают на вторую ступень, которая предназначена для доочистки сточной воды.

Далее, направляются в третичные отстойники, где происходит процесс отстаивания сточных вод от активного ила. Активный ил после третичных отстойников самотеком подается как возвратный ил в аэротенки второй ступени. Осветленная жидкость после второй ступени поступает на установку ультрафиолетового обеззараживания (УФО). Этот этап является завершающим перед сбросом очищенных сточных вод в Саратовское водохранилище [29].

Характеристика очищенных сточных вод, сбрасываемых в Саратовское водохранилище, должно соответствовать нормативам допустимого сброса (НДС), которые представлены в таблице 3.3 [51].

Таблица 3.3 – Сравнение фактических концентраций загрязняющих веществ с НДС.

Параметры качества сточных вод	Нормативно-допустимый сброс (НДС), мг/л	Фактические значения, мг/л
Взвешенные вещества	14,45	16,98
Солесодержание	654,32	483
Азот аммонийный	0,78	0,63
Азот нитритный	0,02	0,049
Азот нитратный	7,91	4,94
Фосфаты	0,38	0,36
Фенолы	0,0098	0,011
Нефтепродукты	0,61	0,88
Сульфиды	<0,01	<0,01
Синтетические поверхностно-активные вещества	0,24	0,26
Биологическое потребление кислорода	13,71	14,73

Продолжение таблицы 3.3

Параметры качества сточных вод	Нормативно-допустимый сброс (НДС), мг/л	Фактические значения, мг/л
Железо общее	0,4	0,3
Хлориды	91,73	101,25
Сульфаты	213,27	183,46

Проанализировав фактические концентрации загрязняющих веществ и нормативы допустимого сброса можно сделать вывод, что превышения наблюдаются по:

- Взвешенным веществам (в 1,18 раза);
- Азоту нитритному (в 2,45 раза);
- Фенолам (в 1,12 раза);
- Нефтепродуктам (в 1,44 раза);
- Синтетическим поверхностно-активным веществам (в 1,08 раза);
- Биологическому потреблению кислорода (в 1,07 раза);
- Хлоридам (в 1,1 раза).

«Эффективная и качественная очистка сточных вод является необходимым условием сохранения чистоты водных объектов. Однако на существующих очистных сооружениях не всегда удается достичь необходимого качества очистки.

Основными причинами неэффективной работы очистных сооружений являются:

- несоответствие технологии очистки составу сточных вод;
- физический износ оборудования;
- применение устаревших технологий очистки сточных вод;
- отсутствие или недостаточность локальной очистки;
- неудовлетворительная эксплуатация очистных сооружений» [29].

После проведения сравнительной характеристики качественных значений сточных вод и нормативно-допустимого сброса, стало очевидным, что некоторые показатели превышают нормативы. Причиной служит

неэффективная работа оборудования по очистки сточных вод биологических очистных сооружений.

«Для решения проблемы загрязнения водных объектов и рационального их использования необходимо создавать на предприятиях ресурсосберегающие химико-технологические водные системы без сбросов загрязненных стоков в водные объекты. Для этого необходимо совершенствовать производственные процессы с целью уменьшения объемов водопотребления и водоотведения и внедрять новые высокоэффективные методы очистки сточных вод на предприятиях, позволяющие создавать замкнутые водооборотные циклы» [29].

«Приведенный выше подробный анализ систем водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях позволяет предположить, что дальнейшее совершенствование этих химико-технологических систем будет идти по пути широкого применения мембранных технологий [29]».

3.2 Принцип работы мембранного биореактора

Впервые идея создания мембранного биореактора была реализована в конце 1960-х годов. Данный вид очистки сточных вод является наиболее перспективным из всех известных технологических решений. Преимуществом данной технологии является высокая степень очистки сточных вод, экономия на электропотреблении, компактность установки и экономия на обслуживании. Внедрение биореактора позволит снизить биологическое потребление кислорода, содержание взвешенных веществ в сточной воде, уменьшить содержание нефтепродуктов, а также количество образующегося избыточного активного ила [52].

«Мембранный биореактор – это комбинация традиционной биологической очистки и мембранного разделения, реализуемого на ультра- или микрофльтрационных мембранах» [53].

«Размер пор таких мембран составляет от 0,01 до 0,1 мкм, что обеспечивает практически полное удаление всех взвешенных веществ и микроорганизмов» [24].

Принципиальная разница традиционной схема очистки сточных вод и схемы с МБР представлена на рисунках 3.1 [54] и 3.2 [54].

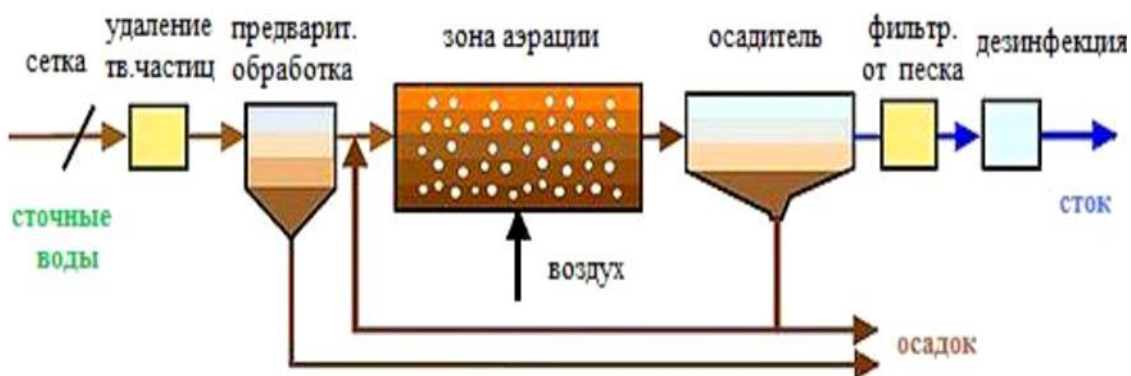


Рисунок 3.1 – Традиционная схема очистки сточных вод с применением активного ила

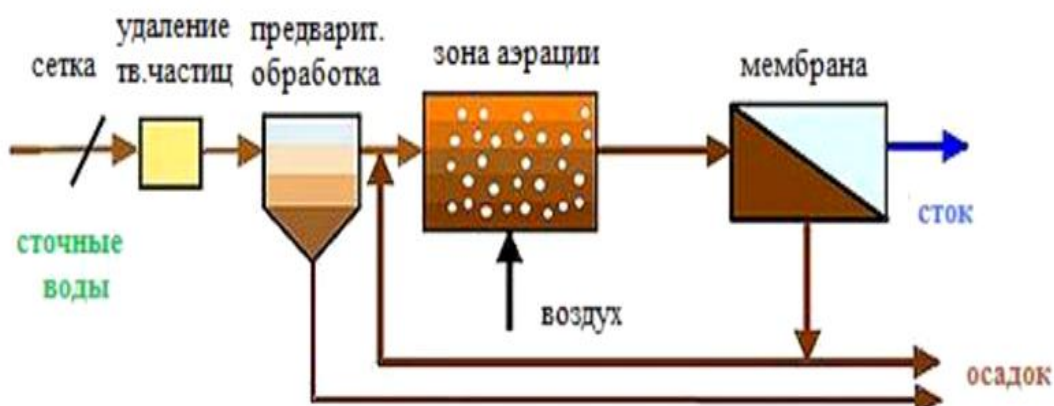


Рисунок 3.2 – Схема очистки с помощью мембранного биореактора закрытого типа

«Существуют два типа аппаратного оформления мембранного процесса:

– напорная фильтрация, когда сточная вода из биореактора насосом подается на мембранный модуль, где разделяется на очищенную воду (фильтрат) и концентрат, содержащий активный ил;

– вакуумная фильтрация с погружными мембранными модулями, которые располагаются непосредственно в биореакторе. Движущей силой процесса в этом случае является перепад давлений, который достигается, созданием вакуума со стороны фильтрата. Перепад давления составляет 0,2 – 0,5 бар, что теоретически позволяет работать погружным модулям под действием сил гравитации без насосного оборудования» [53].

«В основу действия биореактора положен синтез биотехнологии и технологии разделения водных суспензий на ультрафильтрационных полимерных мембранах» [53].

«Система мембранного биореактора состоит из аэротенка и мембранного модуля, оборудованного полволоконными ультрафильтрационными или микрофильтрационными мембранами. Обработываемые сточные воды поступают в аэротенк. Находящаяся в аэротенке иловая смесь циркулирует через мембранный модуль. Ультрафильтрационные мембраны служат для повышения концентрации активного ила в аэротенке и глубокой очистки обрабатываемых сточных вод» [55].

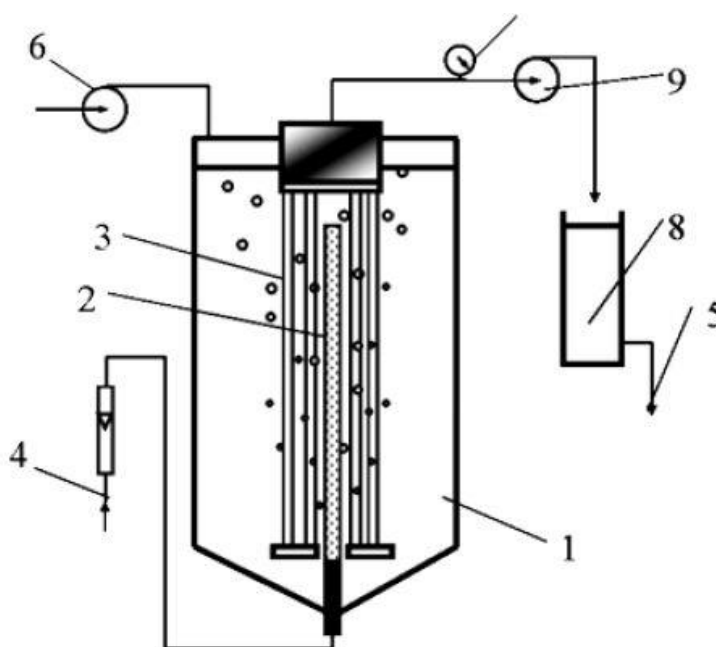
Модуль мембраны представляет собой 10-20 кассет с мембранами. Каждая кассета имеет по 5 – 15 пучков мембранных волокон. Мембрана представляет собой тонкую нить наружным диаметром около 2 мм и в длину до 2 метров [59].

Принципиальная схема мембранной установки представлена на рисунке 3.3 [56].



Рисунок 3.3 – Принципиальная схема мембранной установки

Схематично мембранный биореактор представлен на рисунке 3.4 [57].



1 – реактор, 2 – аэратор, 3 – полуволоконные мембраны, 4 – воздух, 5 – очищенная вода, 6,9 – насосы, 7 – манометр, 8 – фильтрат

Рисунок 3.4 – Модель мембранного биореактора

«Фильтрация происходит под действием вакуума, создаваемого на внутренней поверхности мембранного волокна самовсасывающим насосом фильтрации. При этом смесь сточных вод и активного ила фильтруется через поверхность мембран снаружи вовнутрь» [58].

По трубопроводам вода, прошедшая очистку, поступает на этап обеззараживания. В это время, активный ил поддерживается во взвешенном состоянии за счет системы аэрации [59].

«Аэрирование осуществляется сжатым воздухом с помощью аэрационных систем (воздуходувок). В зависимости от требуемой производительности мембранные модули объединяются в мембранный блок. Число мембранных модулей в блоке может быть увеличено при необходимости повышения производительности системы» [55].

«Применяемое в системах мембранных биореакторов касательное фильтрование иловой смеси предотвращает ее забивание, т.е. накопление отложений (бактерий). Такое движение иловой смеси обеспечивается циркуляционным насосом с производительностью, значительно выше расхода подлежащей обработке сточной воды. Регулярное омывание мембран диспергирует очищающие бактерии, которые более не образуют плотные флоккулы, а потому возможность их прямого контакта с загрязнениями и кислородом значительно увеличивается. Из этого следует, что соотношение активных бактерий и окисляемых загрязнений оказывается большим в системе МБР, чем это обычно встречается в классической системе с активным илом» [55].

«Микроорганизмы активного ила не выносятся из системы МБР, поэтому биореактор работает в условиях высокой концентрации биомассы значительного возраста. Кроме того, постоянная циркуляция приводит к механическому воздействию на оболочки бактерий. Именно поэтому основная потребляемая бактериями энергия используется не для размножения (как это происходит в классических биотехнологиях), а расходуется для поддержания жизнедеятельности, что приводит к снижению прироста избыточной активной биомассы» [55].

Внедрение технологий мембранного биореактора позволят усовершенствовать существующую систему очистки сточных вод на

Сызранском НПЗ. Эффективность очистки сточных вод с помощью МБР представлены таблице 3.4 [60].

Таблица 3.4 – Эффективность очистки сточных вод МБР

Параметры качества сточных вод	Эффективность очистки, %	Качество очищенной воды
Взвешенные вещества, мг/л	>99	<1
Химическое потребление кислорода, мг/л	81-99	<50
Биологическое потребление кислорода, мг/л	>98	<5
Азот аммонийный, мг/л	82-92	<2
Общий азот, мг/л	35-80	<8
Общий фосфор, мг/л	60-93	0,1 – 1
Нефтепродукты, мг/л	>95	0,08 – 1
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	>99,9	<99
Фекальные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	-	<18

«Применение технологии МБР позволяет:

- произвести, без включения в технологическую схему дополнительных блоков, глубокую очистку сточных вод от загрязняющих веществ до показателей, удовлетворяющих требованиям по сбросу очищенных стоков в природные водоемы всех категорий;
- повысить устойчивость работы биореактора к залповым сбросам биорезистивных веществ, характерных для промышленных объектов локального водоотведения;
- снизить массогабаритные характеристики емкостных сооружений, так как необходимое количество активного ила находится в меньшем объеме при более высокой концентрации;
- уменьшить площади, занимаемые оборудованием (ввиду отсутствия вторичных отстойников, блоков доочистки, иловых площадок);

– обеспечить высокую микробиологическую безопасность очищенных стоков (за счет двухступенчатой безреагентной системы обеззараживания: мембраны не пропускают микроорганизмы, и ультрафиолетовое облучение обеспечивает дополнительное обеззараживание воды)» [61].

3.3 Внедрение мембранного биореактора в технологическую схему биологических очистных сооружений АО «СНПЗ»

3.3.1 Расчет основных параметров мембранного биореактора

3.3.1.1 Расчет скорости окисления и продолжительности обработки сточных вод

Значения кинетических констант является оптимальным для нормального протекания процессов очистки сточной воды для предприятия нефтепереработки. В таблице 3.5 приведены значения кинетических констант биологической очистки сточных вод по отношению к концентрации активного ила в мембранном биореакторе. Данное значение равно 3 г/л, при этом, концентрация кислорода равна 3 мг/л, а температура соответствует значению 20°C [20].

Таблица 3.5 – Значения кинетических констант биологической очистки сточных вод НПЗ

Процесс окисления вещества	V_{max} , мг/(г×ч)	K_m , мг/л	α	S_i , мг/л	Этап очистки
Биологическое потребление кислорода	1,9	6,2	-	-	Аэротенк
Химическое потребление кислорода	18,5	80	9,3	60	МБР
Нефтепродукты	2,5	0,5	18,9	0,4	МБР
Нитрификация	1,67	0,38	20 (26,1)*	-	Аэротенк
Денитрификация	0,7	0,17	-	-	МБР
	0,7	0,17	-	-	МБР
Фенолы	0,09	0,028	-	-	Аэротенк
Синтетические поверхностно-активные вещества	0,015	0,37	-	-	Аэротенк

*Примечание. Применяемое значение константы торможения, равное 26,1,

относятся к мембранному биологическому реактору.

Уравнением Михаэлиса-Ментен (3.1) описывает кинетику окисления органических веществ сточных вод, фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ и денитрификацию, нитрификацию – уравнение (3.2) и окисления нефтепродуктов, химическое потребление кислорода – уравнение (3.4).

$$V = \frac{V_{\max} \times S}{S + K_m}, \quad (3.1)$$

где V – удельная скорость окисления, мг/(г×ч),

V_{\max} – максимальная скорость окисления, мг/(г×ч),

S – концентрация органических загрязнений, мг/л,

K_m – константа Михаэлиса –Минтен, мг/л.

$$V = \frac{V_{\max} S}{K_m + S + \frac{S^2}{\alpha K_m}}, \quad (3.2)$$

где α – константа торможения.

Далее следует рассчитать продолжительность пребывания сточной воды в аэробной зоне. При расчете необходимо учесть все нормируемые показатели, такие как окисление нефтепродуктов, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ [64]:

$$t_j = \frac{S_{\text{вх.}j} - S_{\text{вых.}j}}{a_j(1-S)V_j}, \quad (3.3)$$

где $S_{\text{вх.}j}$ и $S_{\text{вых.}j}$ – концентрации j -го загрязнения в воде на входе и выходе, мг/л;

a_i – концентрация активного ила, г/л;

S – зольность, ед.;

V_j – удельная скорость окисления j -го загрязнения, мг/(г×ч).

Как показывает практика, целесообразно принять концентрацию активного ила в аэротенке 2-3 г/л, в мембранном биореакторе 8 г/л, зональность равную 0,16-0,23 ед.

Далее рассчитаем значение при субстратном торможении [64]:

$$V = \frac{V_{max}(S-S_i)}{(S-S_i)+K_m+\frac{(S-S_i)^2}{K_m\alpha}}, \quad (3.4)$$

где S_i – концентрация биорезистентных веществ, мг/л.

S – значение субстрата, принимаем равное 78 мг/л;

Учитывая, что азот убывает при процессах ассимиляции, продолжительность денитрификации и нитрификации определяется учетом материального баланса [65]:

$$t_{\text{нитр}} = \frac{N_{\text{орг.вх.}} + N_{\text{амм.вх.}} - N_{\text{амм.вых.}} - N_{\text{изб.ил.}} - N_{\text{в.в.}}}{a_j(1-S)V_{\text{нитр}}}, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{денитр}} = \frac{N_{\text{общ.вх.}} - N_{\text{общ.вых.}} - N_{\text{изб.ил.}} - N_{\text{в.в.}}}{a_j(1-S)V_{\text{денитр}}}, \quad (3.6)$$

где $N_{\text{орг.вх.}}$ – масса органического азота в воде до очистки, мг/л (примем значение, равное 44% от $N_{\text{общ.}}$);

$N_{\text{амм.вх.}}$ и $N_{\text{амм.вых.}}$ – масса аммонийного азота в воде на входе и выходе, мг/л;

$N_{\text{общ.вх.}}$ и $N_{\text{общ.вых.}}$ – масса общего азота в воде на входе и выходе, мг/л;

$N_{\text{изб.ил.}}$ – масса азота, удаляемого вместе с избыточным илом, принимаемая равной 2,5 мг/л ;

$N_{\text{в.в.}}$ – масса азота, удаляемого со взвешенными веществами, принимаем равной 0,8 мг/л;

$V_{\text{нитр.}}$ и $V_{\text{денитр.}}$ – скорости нитрификации и денитрификации, мг/(г×ч) [7].

Полученные результаты расчётов сведены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета некоторых значений

Наименование I система	$S_{\text{вход}}$ мг/л	$S_{\text{выход}}$ мг/л	НДС	V_{max} мг/(г×ч)	K_m	α	S_i , мг/л	V , мг/(г×ч)	t_j , час
Биологическое потребление кислорода	147	3	13,71	1,9	6,2	-	-	1,823	12,189
Химическое потребление кислорода	400	80	80	18,5	80	9,3	60	3,382	14,601
Нефтепродукты	20	0,5	0,61	2,5	0,5	18,9	0,4	0,271	11,104
Нитрификация	30	0,6	0,78	1,67	0,38	26,1	-	0,413	15,848
Денитрификация без нитратов	0,06	0,016	7,91	0,7	0,17	-	-	0,182	24,848
Денитрификация с нитратами	6	3	7,91	0,7	0,17	-	-	0,680	6,604
Фенолы	4,8	0,008	0,0098	0,09	0,028	-	-	0,089	8,309
Синтетические поверхностно-активные вещества	0,9	0,2	0,24	0,015	0,37	-	-	0,01	10,802

3.3.1.2 Определение дозы дополнительного субстрата

Исходные сведения для расчета представлены в таблице 3.6.

Рассчитаем биологическое потребление кислорода на входе в аэробную зону, учитывая при этом, что значение органических веществ в денитрификаторе уменьшается [65]:

$$S_{\text{аэр.вх}} = S_{\text{вх}} - K_{\text{денитр}} \times t_{\text{денитр}} \times V_{\text{денитр}} \times a_i(1 - s), \quad (3.7)$$

где $K_{\text{денитр}}$ – стехиометрический коэффициент окисления веществ при денитрификации принимаем равный 5,02;

$t_{\text{денитр}} \times V_{\text{денитр}} \times a_i(1 - s)$ - концентрация азота, которая была восстановлена в аноксидной зоне, мг/л.

Присутствие в воде органических веществ может существенно замедлить реакцию нитрификации (если в формуле 3.7 будет получено отрицательное значение). В этом случае следует в аноксидную зону дозировать легкоокисляемый субстрат, например, этанол, уксусную кислоту или глицерин.

$$S_{\text{аэр.вх.}} = 147 - 5,02 \times 0,182 \times 24,848 \times 8 \times (1 - 0,19) = -0,109 \text{ мг/л.}$$

Доза дополнительного субстрата определяется по формуле [65]:

$$d_{\text{доп}} = \frac{1,2K_{\text{денитр}} \times N_{\text{общ.вх}} - S_{\text{вх}}}{l_{\text{доп}}}, \quad (3.8)$$

где $S_{\text{вх.}}$ - полное биологическое потребление кислорода в поступившей воде, мг/л;

$l_{\text{доп}}$ - удельное полное биологическое потребление кислорода субстрата, мг×О/мг;

1,2 - коэффициент запаса.

Значения $l_{\text{доп}}$ принимаем следующие: для этанола равно 1,82; метанола - 1,08; уксусной кислоты - 0,86; глицерина - 0,86. Рекомендующим по многим показателям является метанол.

$$d_{\text{доп}} = \frac{1,2 \times 5,02 \times 36,06 - 147}{1,08} = 65,023 \text{ г/м}^3.$$

$$\text{БПК}_{\text{дополн.субстр}} = \text{БПК}_{\text{удельн.дополн.субстр}} \times d_{\text{доп.доза этан.}}, \quad (3.9)$$

$$\text{БПК}_{\text{дополн.субстр}} = 1,08 \times 65,023 = 70,224 \text{ г/м}^3.$$

3.3.1.3 Расчет рециркуляции иловой смеси

«Важным расчетным параметром является степень рециркуляции иловой смеси между зонами нитрификации и денитрификации, влияющая на

эффективность удаления соединений азота. Она рассчитывается по уравнению материального баланса» [65]:

$$R_{\text{нитр-денитр}} = \frac{t_{\text{денитр}} \times V_{\text{денитр}} \times a_i(1-s) - N_{\text{нитрат.вх.}}}{N_{\text{нитрат.вх.}}}, \quad (3.10)$$

где $N_{\text{нитрат.вх.}}$ и $N_{\text{нитрат.вых.}}$ – концентрация нитратов азота на входе и выходе, мг/л.

$$R_{\text{нитр-денитр}} = \frac{0,680 \times 6,604 \times 8(1-0,19) - 6}{3} = 7,69.$$

Минимальное значение рецикла ила внутреннего принимаем равное $R_{\text{внешн}} = 7$

Рецикл ила внутренний [65]:

$$R_{\text{внутр.}} = R_{\text{нитр-денитр}} - R_{\text{внешн.}}, \quad (3.11)$$

$$R_{\text{внутр.}} = 7,69 - 7 = 0,69.$$

Всего потрачено циркуляционной иловой смеси [65]:

$$Q_{\text{общий расчетн.}} = \frac{R_{\text{нитр-денитр}} \times Q_{\text{сред.сут.}}}{24}, \quad (3.12)$$

где $Q_{\text{сред.сут.}}$ - средний суточный расход, равный 24000 м³/сут.

$$Q_{\text{общий расчетн.}} = \frac{7,69 \times 24000}{24} = 7690 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Всего потрачено циркуляционного ила [65]:

$$Q_{\text{цикул.актив.ила}} = \frac{Q_{\text{сред.сут.}}}{24 \times R_{\text{внешн.}}}, \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{цикул.актив.ила}} = \frac{24000}{24 \times 7} = 142.857 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3.3.1.4 Расчет расхода подаваемого в аэробную зону воздуха

Расчет воздуха, который подается в анаэробную зону можно рассчитать по следующей формуле [64]:

$$q_{\text{возд.}} = \frac{q_0(S_{\text{аэр.вх.}} - S_{\text{вых.}}) + 4,57(N_{\text{орг.вх.}} + N_{\text{амм.вх.}} - N_{\text{амм.вых.}}) + 2(C_{\text{вх.}} - C_{\text{вых.}})}{K_1 \times K_2 \times K_T \times K_3(C_a - C_o)}, \quad (3.14)$$

где q_0 – расход воздуха, мг×О/мг, принимаем равным 1,1;

« $S_{\text{аэр.вх.}}$ – полное биологическое потребление кислорода при входе в аэробную зону, мг/л;

$S_{\text{вых.}}$ – полное биологическое потребление кислорода очищенной воды, мг/л;

$N_{\text{амм.вых.}}$ – масса азота аммонийного в очищенной воде, мг/л;

4,57 – расход кислорода при окислении азота аммонийного до нитратов;

$C_{\text{вх.}}$ и $C_{\text{вых.}}$ – масса сульфидов в поступившей и воде, прошедшей очистку, мг/л;

2 – стехиометрический расход кислорода при окислении 1 мг сульфидов до сульфатов;

K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора;

K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов;

K_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод;

K_3 – коэффициент качества сточных вод [28];

C_a – растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л;

C_o – средняя концентрация растворенного кислорода в аэротенке, мг/л» [64].

$$q_{\text{возд.}} = \frac{1,1(147-3) + 4,57(15,87+30-0,6) + 2 \times 0}{2,3 \times 2,52 \times 0,99 \times 1,1(9,02-2)} = 8,243 \text{ м}^3.$$

3.3.1.5 Расчет дополнительной дозы фосфорной кислоты

Увеличение массовой доли активного ила определяется концентрацией фосфора в воде, поступившей на очистку [64]:

$$P_{min} = P_i \times p, \quad (3.15)$$

где P_i – прирост активного ила, мг/л;

p – концентрация фосфора в активном иле от 0,01 до 0,02 мг×О/мг.

$$P_{min} = (S_{\text{вход БПК}} - S_{\text{выход БПК}} + \text{БПК}_{\text{дополн.субстр}}) \times p, \quad (3.16)$$

$$P_{min} = (147 - 3 + 70.224) \times 0.015 = 3.21 \text{ мг/л}.$$

В случае, если концентрация фосфора в поступившей воде меньше значения P_{min} , то следует уменьшить количество реагента, содержащие фосфаты. Величина фактической концентрации фосфора в исходной воде равна 0,304 мг/л. Данная величина является меньше значения P_{min} . В этом случае необходимо равномерно подавать фосфорную кислоту.

Количество реагента фосфорной кислоты [64]:

$$C = n \times Q, \quad (3.17)$$

где n - количество биогенных веществ добавляемых к очищаемой воде, кг/м³;

Q – средний суточный расход сточных вод, м³/сут.

Биогенное вещество, необходимое для добавления к очищенной производственной воде, равно 1-15% от значения биологического потребления кислорода [66].

$$n = 1.2\% \times N_{\text{БПК}}, \quad (3.18)$$

где $N_{\text{БПК}}$ – концентрация биологического потребления кислорода в исходной воде, мг/л.

$$n = 1.2\% \times 147 = 2.058 \frac{\text{мг}}{\text{л}} (0,001764 \text{ кг/м}^3),$$

$$C = 0,001764 \times 24000 = 42,336 \text{ кг/сут.}$$

3.3.1.6 Определение объёмов сооружений и площади мембран

Чтобы рассчитать объемы оборудования, необходимо использовать данные аноксидной и аэробной зон. Из таблицы 3.6 воспользуемся значением максимального суточного расхода, равного 28800 м³/сут и расчетных параметров денитрификации и фенолов:

$$W_{\text{анокс}} = Q_{\text{max сут}} \times t_{\text{денитр}}/24, \quad (3.19)$$

где $t_{\text{денитр}}$ – продолжительность процесса денитрификации, час.

$$W_{\text{анокс}} = 28800 \times \frac{6,604}{24} = 7924,8 \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{аэробн}} = Q_{\text{max сут}} \times t_{\text{аер}}/24, \quad (3.20)$$

где $t_{\text{аер}}$ – аэробное время, час.

$$W_{\text{аэробн}} = 28800 \times 8.309/24 = 9970,8 \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{общий}} = W_{\text{анокс}} + W_{\text{аэробн.}}, \quad (3.21)$$

$$W_{\text{общий}} = 7924,8 + 9970,8 = 17895,6 \text{ м}^3$$

В основе расчета используется минимум два расчетных значения проницаемости мембран при фильтрации:

i – для длительной работы без перерыва, но не менее месяца;

i_{max} – для пропуска максимального расхода не более 24 ч, а также для обратной промывки $i_{\text{пром}}$.

В качестве расчетных данных, опираясь на лучшие существующие погружных полволоконных мембран, принимаем, л/(м²×ч): $i=20-25$; $i_{\text{max}}=25-30$; $i_{\text{пром}}=15-20$.

Рассчитаем время работы мембран в режиме фильтрации, ч/сут [64]:

$$T_{\text{фильтр}} = 24 - T_{\text{релакс}} - T_{\text{пром}}, \quad (3.22)$$

где $T_{\text{релакс}}$ и $T_{\text{пром}}$ – время, затрачиваемое ежедневно на режимы простоя и обратной промывки, ч/сут.

$$T_{\text{релакс}} = \frac{24t_{\text{релакс}} \times n_{\text{релакс}}}{I_{\text{пром}} + t_{\text{пром}}}, \quad (3.23)$$

$$T_{\text{пром}} = \frac{24 \times t_{\text{пром}}}{I_{\text{пром}} + t_{\text{пром}}}, \quad (3.24)$$

$$I_{\text{пром}} = (t_{\text{фильтр}} + t_{\text{релакс}})n_{\text{релакс}} + t_{\text{фильтр}}, \quad (3.25)$$

где $t_{\text{фильтр}}$ – продолжительность непрерывного отбора пермеата, ч;

$t_{\text{релакс}}$ – продолжительность простоя оборудования, ч;

$t_{\text{пром}}$ – продолжительность одной обратной промывки, ч;

$I_{\text{пром}}$ – интервал между обратными промывками, ч;

$n_{\text{релакс}}$ – количество простоя между двумя обратными промывками.

Данные значения были приняты исходя из практики эксплуатации мембранных биореакторов на предприятиях нефтепереработки.

$$I_{\text{пром}} = (0,17 + 0,017) * 5 + 0,17 = 1,105 \text{ ч},$$

$$T_{\text{релакс}} = \frac{24 \times 0,017 \times 5}{1,105 + 0,017} = 1,82 \text{ ч},$$

$$T_{\text{пром}} = \frac{24 \times 0,017}{1,105 + 0,017} = 0,36 \text{ ч},$$

$$T_{\text{фильтр}} = 24 - 1,82 - 0,36 = 21,82 \text{ ч}.$$

Важно учитывать, что количество параллельно работающих линий мембранных резервуаров, n , должно быть равно не менее четырех.

Необходимо рассчитать площадь мембран (для суточного и часового) [64]:

$$F' = \frac{Q_{\text{max сут}} \times 10^3}{T_{\text{фильтр}} \times i}, \quad (3.26)$$

$$F'' = \frac{24 \times Q_{\max \text{ ч}} \cdot 10^3}{T_{\text{фильтр}} \times i_{\max}} \times \frac{n}{n-1}, \quad (3.27)$$

где $Q_{\max \text{ сут}}$ и $Q_{\max \text{ ч}}$ – максимальные суточный, м³/сут, и часовой, м³/ч, расходы;

i и i_{\max} – удельная проницаемость мембран, л/(м²·ч);

n – количество параллельно работающих линий.

$$F' = \frac{28800 \times 10^3}{21,82 \times 22} = 59995 \text{ м}^2,$$

$$F'' = \frac{24 \times 1250 \times 10^3}{21,82 \times 27} \times \frac{8}{8-1} = 58196,2 \text{ м}^2.$$

Значение рабочей площади мембран биореактора принимаем с запасом, равное $F = 60000 \text{ м}^2$. Это связано с возвратом воды в мембранные резервуары. Число параллельно работающих линий резервуаров принято равным 8. При этом важно учесть, чтобы их площади были приблизительно равны.

Количество воды от обратной промывки равно, м³/сут:

$$W_{\text{пром}} = i_{\text{пром}} \times F \times T_{\text{пром}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.28)$$

где $i_{\text{пром}}$ – удельную проницаемость для обратной промывки, л/(м²·ч).

$$W_{\text{пром}} = 17 \times 60000 \times 0,36 / 1000 = 367,2 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Рассчитаем среднесуточная удельная проницаемость мембран [64]:

$$i_{\text{ср.сут}} = \frac{(Q_{\text{ср.сут}} + W_{\text{пром}}) \times 10^3}{T_{\text{фильтр}} \times F}, \quad (3.29)$$

$$i_{\text{ср.сут}} = \frac{(24000 + 367,2) \times 10^3}{21,82 \times 60000} = 18,61 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Расход воздуха для аэрации мембран определяется по формуле:

$$Q_{\text{в.}} = F \times q_{\text{air мембран}}, \quad (3.30)$$

$$Q_{\text{в.}} = 60000 \times 0,4 = 18000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

где $q_{air\ мембран}$ - удельный расход воздуха на аэрацию мембран, равный 0,2 – 0,6 м³/(м²×ч) [53].

«Фактическая удельная проницаемость мембран регулируется в зависимости от притока сточных вод за счет изменения производительности пермеатных насосов» [53].

Мембранные модули могут содержать от 10 до 20 кассет с мембранами. В каждой кассете располагается до 15 пучков мембранных волокон, которые, в свою очередь, состоят из 1000 микроволокон и оборудованы патрубком для отвода фильтрата. Небольшой размер пор характеризуется тщательным отделением активного ила от сточных вод. Мембраны предусматривают свободное место для дополнительных кассет, что в дальнейшем поможет увеличить производительность установки.

Данная технология позволяет проводить процессы нитрификации и денитрификации.

3.3.2 Описание технологической схемы с учетом внедрения мембранного биореактора

Внедрение системы мембранного биореактора поможет существенно изменить работу биологических очистных сооружений Сызранского НПЗ.

В ходе данной модернизации необходимо ввести ряд технологических сооружений, таких как камера смешения, вторичный и третичный отстойник, аэротенк I ступени с подачей воздуха и илоуловитель.

Третичный отстойник и илоуловитель, при новой системе очистки, останутся незадействованными и подлежат демонтажу. Оставшиеся сооружения очистки сточных вод будут находиться в резерве на случай аварийной ситуации.

Для биологической очистки будут использоваться существующие аэротенки II ступени.

После прохождения этапа механической очистки сточные воды с района Образцовской площадки попадают в камеру смешения.

Сточные воды самотеком поступают в денитрификатор, где смешиваются с потоком циркулирующего ила, прошедшего зону деаэрации. Во избежание осаждения иловой смеси на дне емкости предусмотрены мешалки.

Система мелкопузырчатой аэрации поддерживает концентрацию растворенного кислорода на уровне 3 мг/л. Это необходимо для процессов нитрификации [58].

Циркулирующий активный ил поступает в деаэратор для снижения количества кислорода, затем направляется в денитрификатор. Для удаления избыточного фосфора из очищенной воды дозированно подается раствор хлорного железа.

Далее, вода самотеком попадает на следующий этап очистки – в приемный резервуар насосной станции циркуляции.

После этого, погружным насосом фильтрат подается на линию для прохождения сточной воды через мембрану.

Очищенная сточная вода (пермеат) за счет погружных насосов поступает в резервуар обратной промывки, далее, самотеком направляется на установку ультрафиолетового обеззараживания.

Для обратной промывки мембран водой предусмотрена система аэрации с помощью воздуходувки. «Обратная промывка чередуется с режимом «релаксации» – прекращением отбора пермеата без включения насоса обратной промывки. Режим релаксации позволяет увеличивать периоды между обратными промывками и снижает энергозатраты» [62].

Поддержать работу мембран в рабочем состоянии позволяют обратная промывка и воздушная очистка оборудования. Также, эффективность очистки мембран повышается за счет их профилактической промывки хлорсодержащим или кислотным раствором. Чаще всего этот период составляет раз в 1–2 недели [63].

Восстановительная чистка мембран проводится один раз в полгода. Она представляет собой замачивание мембран в очищающем растворе на 8-12 часов.

Внедрение мембранного биореактора позволит АО «СНПЗ» достичь высокой степени очистки сточных вод. В таблице 3.7 приведены концентрации загрязняющих веществ после очистки в МБР.

Таблица 3.7 – Концентрации загрязняющих веществ после очистки в МБР

Параметр	Концентрации, мг/л		
	До внедрения МБР	НДС	После внедрения МБР
БПК ₂₀	15,28	13,71	3
Параметр	Концентрации, мг/л		
	До внедрения МБР	НДС	После внедрения МБР
Взвешенные вещества	17,11	14,45	5
Фосфаты по Р	0,37	0,38	0,33
Азот аммонийный	0,67	0,78	0,6
Азот нитритный	0,055	0,02	0,016
Азот нитратный	4,94	7,91	3
Фенолы С ₆ Н ₅ ОН	0,012	0,0098	0,008
Нефтепродукты	0,94	0,61	0,5
Сульфиды	<0,01	<0,01	<0,01
СПАВ	0,27	0,24	0,2
Железо общее	0,31	0,4	0,29
Хлориды	102,88	91,73	73,66
Сульфаты	183,46	213,27	119
Солесодержание	500	654,32	532,57

Сточные воды, прошедшие полный цикл очистки поступают в коллектор для сброса в Саратовское водохранилище.

3.3.3 Биосорбционный способ повышения эффективности биологической очистки сточных вод

В настоящее время проводятся различные исследования повышения эффективности биологической очистки вод, например, создание совершенных конструкций сооружений и аппаратов. «Уже найдены эффективные решения интенсификации процесса биологической очистки сточных вод путём повышения концентрации активного ила в зоне аэрации, использование технического кислорода, озона, порошковых и гранулированных сорбентов, применения мутантов, ультразвуковой обработки сточных вод и активного ила, закреплённой биомассы. Установлено, что эффективность процесса биохимической очистки сточных вод в значительной степени зависит от концентрации активного ила в аэротенке. Большая часть из применяемых в настоящее время математических моделей биохимической очистки сточных вод в аэротенках предполагает обратно пропорциональную зависимость между продолжительностью аэрации сточных вод и концентрацией активного ила. Её увеличение является одним из возможных путей интенсификации работы аэротенков, позволяющих создать высокие нагрузки на единицу объёма сооружения» [67].

Среди многочисленных путей возможного повышения эффективности биологической очистки мы обратили особое внимание на биосорбционный способ. Как известно, биосорбция - это способ, совмещающий процессы сорбции (адсорбции, абсорбции) и биохимического окисления. Биосорбционный способ это поглощение загрязняющих органических веществ поверхностью (микросообществом) активного ила. Благодаря увеличению поверхности активного ила можно увеличить эффективность процесса биологической очистки сточных вод. Так, например, увеличение концентрации активного ила широко используют для интенсификации процесса биологической очистки [67].

Рассмотрев и оценив возможные пути эффективной работы биосорбационного метода, были выявлены основные факторы этого процесса. Было выявлено, что процесс биосорбции зависит, прежде всего, от:

- повышения площади соприкосновения адсорбентов и активного ила;
- усиления взаимодействия адсорбентов и активного ила за счёт увеличения физиологической активности бактериальных клеток;
- повышения концентрации активного ила (до оптимальных величин);
- применения различных сорбентов, обладающих различной сорбционной активностью и избирательностью;
- использования дополнительных материалов и загрузок, увеличивающих площадь сорбции;
- использования комбинированных методов биосорбции – абсорбции и адсорбции, а также активного ила и биоплёнки.

Разумное сочетание данных принципов и приёмов позволит интенсифицировать процесс биосорбционной очистки сточных вод от различных загрязняющих веществ.

Для процесса биологической очистки очень важно введение дополнительного сорбента. Он может быть избирателен к определённым загрязняющим веществам, например к трудно удаляемым тяжёлым металлам. При процессе очистки токсических загрязнений в качестве адсорбирующего вещества применяют уголь. Он уменьшает ингибирующее действие токсичных веществ [67].

При очистке сточных вод на нефтеперерабатывающем предприятии в аэротенк-смеситель добавляют сорбент от 0,1г/л до 20г/л. Это позволяет повысить качество очистки сточных вод по химическому и биологическому потреблению кислорода [67].

Таким образом, повышение эффективности очистки сточных вод достигается комбинированием различных методов биологической очистки. Совмещение в одной установке системы аэробной очистки с использованием активного ила и загрузки биофильтра, на поверхности которой развивается биопленка, позволяет сочетать преимущества и аэротенков и биофильтров. В биотенках с аэрацией жидкости с активным илом и загрузкой из различных материалов жидкость циркулирует и аэрируется в зазорах между загрузкой. В результате образования биопленки на поверхности загрузки средняя концентрация иловой смеси превышает концентрацию в аэротенках, в результате повышается эффективность биотенка по сравнению с аэротенком и биофильтром в отдельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе (ВКР) было проанализировано современное состояние проблемы организации экологического мониторинга и очистки сточных вод НПЗ.

Предложенная автоматизированная система производственного экологического мониторинга промышленных выбросов и сбросов позволит проводить:

а) Измерение автоматическими средствами концентраций загрязняющих веществ, объема выбросов и сбросов по каждому значимому источнику НПЗ, на границе СЗЗ и соблюдения нормативов допустимых выбросов и сбросов предприятием.

б) Контроль технологических процессов на основе изменения параметров загрязняющих веществ из источников для принятия управленческих решений и снижения выбросов.

г) Мониторинг состояния окружающей среды в зоне воздействия предприятия на экосистемы и здоровье населения.

д) Подготовку информационных материалов об экологической обстановке на АО «Сызранский НПЗ» и в зоне негативного влияния предприятия для государственных надзорных органов. Также, будет осуществляться сбор достоверных данных и их передача в фонд государственного мониторинга окружающей среды, где указан их объем, масса выбросов и сбросов нормируемых загрязнителей, полученных с помощью автоматических средств контроля источников.

е) Принятие управленческих и технических решений направленных на снижение выбросов и сбросов на основе зависимости массы в выбросах и сбросах загрязнителей.

Была приведена сравнительная характеристика качества сточных вод «Сызранского НПЗ», которая показала, что наблюдаются небольшие превышения загрязняющих веществ при сравнении с ПДС. Далее, был

проведен анализ способов модернизации очистных сооружений предприятия, который показал, что наиболее перспективным направлением для очистки сточной воды является внедрение мембранных технологий. Данный способ является весьма перспективным. Оптимизации и модификация процесса позволит:

- достигать высокой степени очистки сточных вод;
- сократить платежи за негативное воздействие на поверхностные водные объекты;
- уменьшить возможные риски штрафных санкций от уполномоченных органов в области природопользования и охраны окружающей среды.

Можно добавить, что данные виды модернизации были приняты к рассмотрению на предприятии Сызранского нефтеперерабатывающего завода, что подтверждается протоколом, представленным в Приложение В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по организации мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду в составе производственного экологического контроля [Электронный ресурс]. - URL: <https://textarchive.ru/c-2247276-pall.html> (дата обращения: 13.06.2018).

2. Каракеян, В. И. Надзор и контроль в сфере безопасности: учебник для бакалавров / В. И. Каракеян, Е. А. Севрюкова; под общей редакцией В. И. Каракеяна. М: Юрайт, 2014. — 397 с.

3. Научные основы экологического мониторинга [Электронный ресурс]. - URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1302/u_presentation.pdf (дата обращения: 13.06.2018).

4. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения: 18.06.2018).

5. Калмакова, Ж.В, Белкина Е.Н. Экологический мониторинг как инструмент повышения эффективности природопользования: сборник / Ж.В. Калмакова, Е.Н. Белкина. Ставрополь: Актуальные проблемы лесного комплекса, 2008. - № 6.– 120с.

6. Чеснокова, С.М., Гришина Е.П. Практикум по экологическому мониторингу / С.М. Чеснокова. - Владимир: ВГУ, 2004. — 144с.

7. Методы экологического мониторинга [Электронный ресурс]. - URL: <https://studfile.net/preview/4614227/page:14/> (дата обращения: 20.07.2018).

8. Ерохин, Ю.Ю. Разработка и внедрение системы экологического мониторинга воздушного бассейна нефтеперерабатывающего производства: дис. ... канд. техн. наук: 11.00.11: защищена:14.01.00: утв. 20.07.00/ Ерохин Юрий Юрьевич – М., 1999. –128 с.

9. Степанов, С.В. Биологическая очистка и доочистка сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: дис. ...

док.техн.наук. : 05.23.04: защищена 24.04.14: утв. 20.06.14/ Степанов Сергей Валерьевич. – Самара, 2014. – 345с.

10. Пааль, Л.Л., Кару, Я.Я., Мельдер, Х.А., Репин, Б.Н. Справочник по очистке природных и сточных вод/ Л.Л. Пааль. - М.: Высш.шк., 1994г. – 335с.

11. Долина, Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод /Л.Ф. Долина. — Днепропетровск: Континент, 2005. — 296с.

12. Ошаева, О.В., Измайлова, С.В. Технология обезвреживания отработанного активного ила биологических очистных сооружений нефтеперерабатывающих заводов // Молодежный научный форум: естественные и медицинские науки: сб. ст. по матер. XLIII Студ. Международ. заочная науч.-практ. конф. №16.– Сызрань, 2017. – 136с.

13. Хисамеева, Л.Р. Совершенствование технологии очистки сточных вод/ Л.Р. Хисамеева// Инженерные системы и экология в строительстве: матер.перв.засед.. – Казань., 2017. – 30с.

14. Репин, Д.В. Модернизация водного хозяйства НПЗ в условиях увеличения производительности и глубины переработки [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.jurby.com/media/dynamic/files/101/.pdf> (дата обращения: 23.10.2018).

15. Новости в области технологии [Электронный ресурс]: официальный сайт ПАО «Газпром». - URL: <http://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/> (дата обращения: 23.10.2018).

16. «Башнефть» ввела в эксплуатацию комплекс биологических очистных сооружений [Электронный ресурс]: официальный сайт ПАО «НК «Роснефть». - URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/189495/> (дата обращения: 23.10.2018).

17. Очистные сооружения Антипинского НПЗ [Электронный ресурс]: официальный сайт ОА «Антипинского НПЗ». -

URL:https://www.annpz.ru/manufacture/environmental_policy/wastewater/ (дата обращения: 23.10.2018).

18.Этапы развития компании [Электронный ресурс]: НПП «БИОТЕХПРОГРЕСС» Комплексные проекты в водоподготовке и очистке сточных вод. - URL: <http://biotechprogress.ru/ru/about/history/> (дата обращения: 23.10.2018).

19.Domanska, M., Boral, A., Hamalkamila, K. Efficiency of municipal wastewater treatment with membrane bioreactor /M. Domanska, A. Boral, K. Hamal//Journal of Water and Land Development Volume 41: Issue 1-2019. – 47-54 p.

20.Степанов, С.В. Особенности расчета сооружений биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / В.Н. Швецов, К.М.Морозова, С. В. Степанов. – М: Водоснабжение и санитарная техника, 2014. - №3. с. 45-51.

21.Новокуйбышевский НПЗ реализует экологическую программу [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ecoindustry.ru/news/view/37081.html> (дата обращения: 01.11.2018).

22.Пат. 123337 Российская Федерация, МПК В01D 24/00. МЕМБРАННЫЙ БИОРЕАКТОР ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД [Текст]/ Горев А.В, Марков С.Г.; заявитель и патентообладатель Горев А.В., Марков С.Г.) -№ 2012124992/05; заявл.15.06.2012; опубл. 15.06.2012, Бюл.№36 – 16 с.

23.Пат. 2 321 552 Российская Федерация, МПК С02F 11/14, С02F 3/12, С02F 9/02,С02F 9/14. СПОСОБ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕМБРАННЫМ БИОРЕАКТОРОМ [Текст] / ЛАНГЛЭ К. ,КОРДЬЕ М.; заявитель и патентообладатель ДЕГРЕМОН.- № 2005112241/15; заявл. 23.09.2003, конвекц приор. 24.09.2002; опубл. 10.04.2008, Бюл. №10. – 8 с

24. Olivert, T.I., Rania, A.H., Joo, H.T., Stoller, M., Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling/ US National Library of Medicine National Institutes of Health Vol.6 (2), 2019. – P. 33

25. Маркелова, Ю.М. Совершенствование технологии очистки сточных вод 2018 - [Электронный ресурс]: Науч.эл.библ. eLIBRARY. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35401352> (дата обращения: 12.12.2018).

26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 от 25.09.2007 N 74 (ред. от 25.04.2014) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://vlager.edu.ru/files/contentfile/42/sanpin-2.1.1.1200-03.pdf> (дата обращения: 12.12.2018).

27. Постановление Правительства РФ от 19 ноября 2010 г. №147 «Об установлении размера санитарно-защитной зоны имущественного комплекса ОАО "Сызранский нефтеперерабатывающий завод" на территории г. Сызрань Самарской области» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109542/ (дата обращения: 12.12.2018)

28. Технологический регламент биологических очистных сооружений АО "СНПЗ". – Введ. 2016-01-20. – Сызрань: АО «Сызранский НПЗ», 2016. – 275с.

29. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу АО «СНПЗ». – Введ. 2018-05-02. – Самара: СамГТУ, 2018. – 317с.

30. Федеральный закон от 21.07.2014 N 219-ФЗ (последняя редакция) "О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70700466/> (дата обращения: 05.01.2019);

31. Толстых, А.В., Партанский, И.В., Таджиев, М.И. Комплексная автоматизированная система экологической и промышленной безопасности опасных производственных объектов // Экологическая безопасность в газовой промышленности: сб. докл. IV межд. конф. - М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2015. - 201с.

32. Богатырев, М.Ф. Производственный экологический контроль в Казахстане/ М.Ф Богатырев// 2-ая редакция. — Усть-Каменогорск: ОЭСР, 2005. — 27с.

33. Пекарская, О.В. Системы мониторинга дымовых и газовых выбросов / О.В. Пекарская. – С.-П.: Экрос Инженеринг, 2012. – 46 с.

34. Пробоотборные зонды: Пробоотборный зонд ПЗ ВЗ [Электронный ресурс]. – URL: <https://magazinlab.ru/probootbornij-zond-pz-vz-atmosfera.html> (дата обращения:01.02.2019).

35. Particle analyzer QAL 181 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.groupinstrumentation.com.au/our-products/dust--particulate-monitoring/light-scatter.aspx> (дата обращения:01.02.2019).

36. MIR 9000 MULTI-GAS ANALYZER INFRA-RED GFC [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.labexpert.bg/gb/13322/items/categoryId/3639/itemId/45530> (дата обращения: 02.02.2019).

37. ГАЗОВЫЙ ПРОБООТБОРНИК [Электронный ресурс]. – URL: http://promarchive.ru/catalog/detection_-_measurement/analytical_instrumentation/gas_sampling_probes/gas_sampling_probe_heated_-_sonde_hofi/ (дата обращения: 05.03.2019).

38. MIR 9000 – MULTI-GAS ANALYZER INFRA-RED GFC (CLD-CHEMILUMINESCENCE OPTION) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.environnement-sa.com/products-page/en/mir9000-multi-gas-analyzer-infra-red-gfc-cld-chemiluminescence/> (дата обращения: 08.03.2019).

39. Fish, D. J. Air Practical Considerations of Gas Sampling and Gas Sampling Systems/ Pipeline and Gas Journal. –1997. – P.203

40. Газоанализатор MMS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.inkram.ru/?yclid=7333795847418967432> (дата обращения: 08.03.2019).

41. Передвижной метеокомплекс КАЗ-1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pinterest.ru/pin/527836018823067329/> (дата обращения: 08.03.2019).

42. Газоаналитический комплекс с отбором пробы через люк газохода [Электронный ресурс]. – URL: <http://promanalyt.kz/assets/files/> (дата обращения: 08.03.2019).

43. Газоаналитический комплекс с отбором пробы через фланец из дымовой трубы и газоходов [Электронный ресурс]. – URL: https://studbooks.net/2295516/matematika_himiya_fizika/ (дата обращения: 08.03.2019).

44. Отбор пробы системой отбора SEC [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.chem21.info/info/1697127/> (дата обращения: 08.03.2019).

45. Спутниковая карта. Местонахождение [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/maps/11139/sizran/?l=sat%2Cskl&ll=48.392082%2C53.081635&mode=search&sl=48.474485%2C53.155782&source=wizgeo&text=Россия%2C%20Самарская%20область%2C%20Сызрань&utm_medium=maps-desktop&utm_source=serp&z=16 (дата обращения: 12.12.2018;09.03.2019).

46. Газоанализаторы для контроля промышленных выбросов [Электронный ресурс]. – Официальный сайт оборудования фирмы ИНТЭС. – URL: <https://cyberpedia.su/9x36a8.html> (дата обращения: 20.03.2019).

48. Лукьянов, О.В. Оснащение стационарных источников выбросов автоматическими средствами контроля. /О.В. Лукьянов, М.В. Баюкин, К.К. Нечеухин. – М.: Экология производства, 2017— 6-е изд. - 32-36 с.

49. Анциферов, А.В. Совершенствование системы водоотведения на общегородских очистных сооружениях / А.В. Анциферов // Науч-практ.я конф. Тольятти: ПТИС, - 2000. - 69-70 с.

50. Станции контроля воды автоматические АСК-В [Электронный ресурс]. - URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/66393-17-ask-v-75998> (дата обращения: 10.04.2019);

51. Комплекс каталитического крекинга на ОАО «СНПЗ» Объекты общезаводского хозяйства (Объекты ОЗХ) ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ. – Введ. 2016-06-10 – Сызрань: АО «Сызранский НПЗ», 2016. – 315с.

52. Алешина, Н.И., Алешин, А.С. Жизнеобеспечение активного ила на канализационных очистных сооружениях микрорайона затон г. Барнаула/ Н.И. Алешина, А.С. Алешин // Вестн. госуд. Алтай. аграр. ун-та. - 2009. — 12-е изд. – 126с.

53. Промышленная подготовка и очистка сточных вод: Технология мембранных биореакторов (МБР) [Электронный ресурс]. - URL: <https://me-system.ru/tehnologii/mbr/> (дата обращения: 19.04.2019).

54. Трунов, П.В. Особенности процесса очистки сточных вод в погружных мембранных биореакторах / П.В. Трунов// - Харьков: Коммунальное хозяйство городов. - 2010. - № 93. -120 с.

55. Технологии очистки сточных вод с использованием мембранных биореакторов [Электронный ресурс]. - URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5427 (дата обращения: 01.05.2019).

56. 우리가 쓴 물은 어디로 갈까 – GE의 물 처리 기술 [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.gereports.kr/ge-waters-zeeweed-fiber-ultrafiltration-membrane/> (дата обращения: 07.06.2019).

57. Технология мембранного биореактора (МБР) [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.stroyenergaset.ru/works/18/36.html> (дата обращения: 09.06.2019).

58. Мембранные биологические реакторы [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ecovod.org/designer/newtext/mbr> (дата обращения: 03.07.2019);

59. Judd S. The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment/. S. Judd// Elsevier, Oxford. – 2006. – P.342

60. Очистка сточных вод с помощью мембранного биореактора [Электронный ресурс] - URL: <http://www.eco-inlife.ru/equipment/membranebioreactor/> (дата обращения: 05.07.2019)

61. Саидов, А.М. Применение новых технологий для очистки сточных вод от фосфора и азота / С. Мижгонаи, Д.Д. Ходжибаев, А.М. Саидов. - Таджикистан: горно-металлург. инст. Таджикистана, 2012. – 215с.

62. Hanft, S. BBS Research. Membrane Bioreactors: Global Markets/ S. Hanft // BCC Publishing. - 2008. – P. 320

63. Очистка сточных вод Сызранского НПЗ в мембранном биореакторе/ О. В. Харькина, А. К. Стрелков, С. В. Степанов и др.// Самар. арх-строит. Ун-т – 2012. - №3.- 132с.

64. Опыт проектирования очистных сооружений нефтеперерабатывающих заводов / С. В. Степанов, А. К. Стрелков, Ю. Е. Сташок, и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013.– № 8. – С. 34-43.

65. Беляков, А. В. Исследование процессов нитри-денитрификации в одноступенчатой схеме биологической очистки сточных вод / С. В. Степанов, А. В. Беляков, Л. А. Блинкова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й всерос. Науч.-техн. конф. ч.2 – Самара: СГАСУ, 2013. – С. 199-202.

66. Карелин, Я. А. Очистка сточных вод нефтяных промыслов и заводов/Я. А. Карелин. – М.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ. - 1959. – 122 с.

67. Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]: База знаний «Allbest». - URL: https://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0b65625a3bc79a4c43a88521306c37_0.html (дата обращения: 20.07.2019)

68. Богданова, Е.Б., Щипанов, А.В. Применение автоматизированной системы контроля качества сточных вод на нефтеперерабатывающем заводе // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XLVIII междунар. науч.-практ. конф. № 18(43). – Новосибирск: СибАК, 2019. – С. 25-29.

Приложение А

Спутниковая карта «Сызранского НПЗ» и близлежащих населенных пунктов [45]



Рисунок А.1 - Спутниковая карта «Сызранского НПЗ» и близлежащих населенных пунктов

Приложение Б

Расположение контролируемых АС ПЭМ технологических установок на «Сызранском НПЗ» [29]

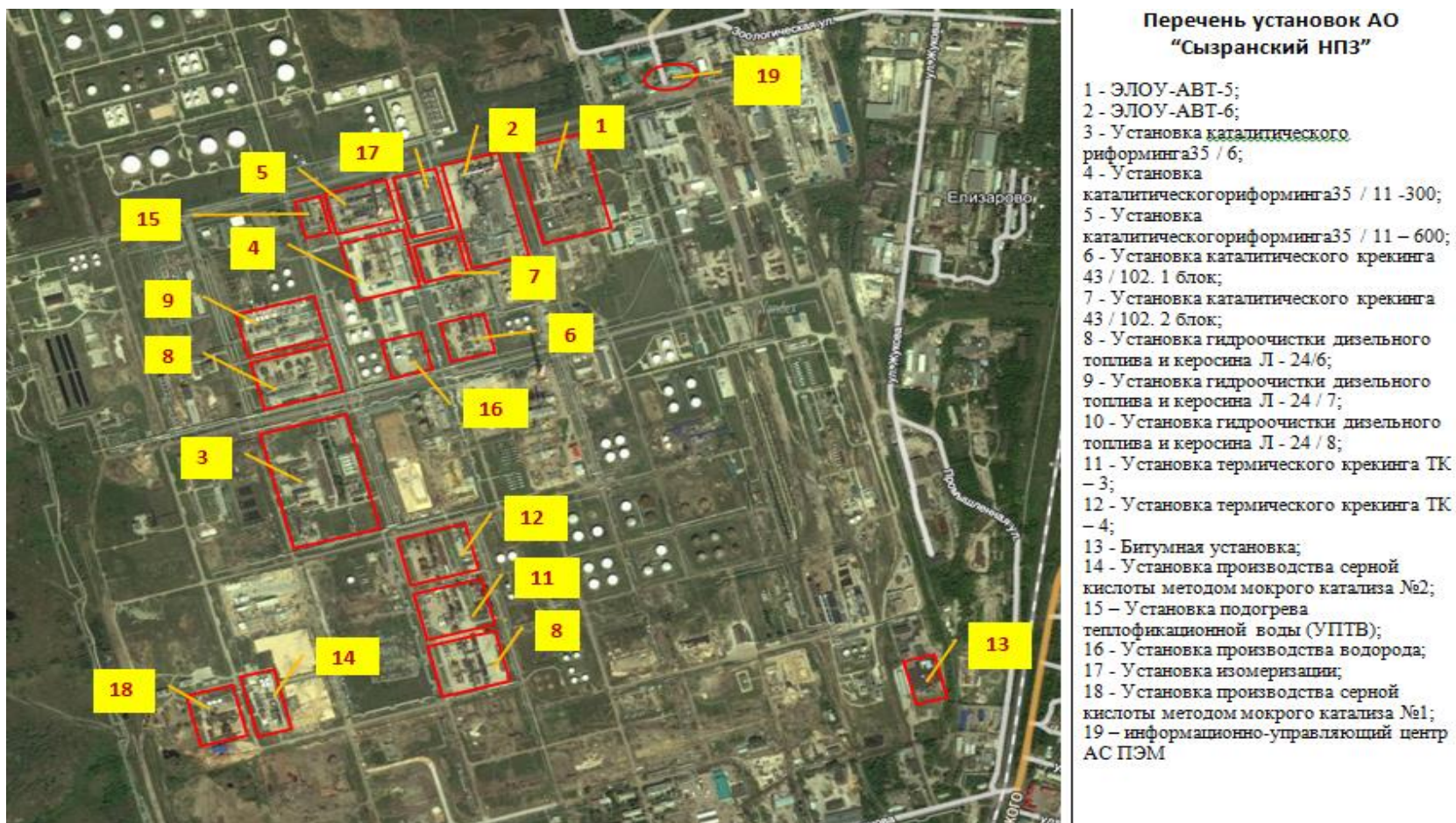


Рисунок Б.1- Расположение контролируемых АС ПЭМ технологических установок на «Сызранском НПЗ»

Приложение В

Протокол о принятии к рассмотрению результатов НИР



ПРОТОКОЛ

о принятии к рассмотрению результатов научно-исследовательской работы

1. Разработчик – Богданова Екатерина Борисовна
2. Организация, принявшая к рассмотрению разработку – АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»
3. Наименование работы «Мониторинг и снижение негативного воздействия на окружающую среду нефтеперерабатывающего предприятия (на примере Сызранского НПЗ)», руководитель к.т.н., доцент Щипанов Анатолий Владимирович
4. Место предполагаемого внедрения: Биологические очистные сооружения (БОС) цеха №19
5. Предмет предполагаемого внедрения: методика и алгоритм проектирования технологии промышленного экологического мониторинга (АС ПЭМ) и мембранного биологического реактора в области охраны окружающей среды
6. Эффективность предполагаемого внедрения: автоматизированная система обеспечит дистанционное информирование в режиме реального времени о качестве контролируемой воды, а внедрение мембранного реактора позволит достичь высокой степени очистки сточных вод.
7. Сроки предполагаемого внедрения: 2022-2024 гг.



Директор АО «СНПЗ»

М.П.

«20» апреля 2019 года

И.Г. Кузьмин