

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)

**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 Разработка автоматизированной системы контроля выбросов  
загрязняющих веществ на предприятиях нефтепереработки

Обучающийся

А.Д. Чекулаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент В.А. Тарасов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Содержание

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                      | 3  |
| Термины и определения.....                                                                                                                         | 10 |
| Перечень сокращений и обозначений.....                                                                                                             | 11 |
| 1 Теоретические и методические аспекты охраны окружающей среды в зоне деятельности предприятия по нефтепереработке.....                            | 12 |
| 1.1 Правовые основы и методы обеспечения природоохранного законодательства в области нефтепереработки.....                                         | 12 |
| 1.2 Воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду.....                                                                         | 17 |
| 1.3 Методика проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха.....                                                            | 24 |
| 2 Анализ состояния атмосферного воздуха и мер по охране окружающей природной среды в зоне деятельности предприятия по нефтепереработке...          | 34 |
| 2.1 Общие сведения о предприятии, характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха.....           | 34 |
| 2.2 Контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов.....                                                                                 | 49 |
| 2.3 Разработка автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.....                              | 52 |
| 3 Анализ и оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.....   | 54 |
| 3.1 Результаты внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.....                    | 54 |
| 3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки..... | 74 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Заключение.....                     | 80 |
| Список используемых источников..... | 83 |

## **Введение**

Экологическая безопасность стала одним из ключевых направлений развития промышленности. В основе этого лежит необходимость снижения негативного воздействия производства на окружающую среду и здоровье людей. Для усиления контроля над экологически опасными объектами были приняты ряд мер и разработаны соответствующие законы и нормативы.

Во-первых, произошло ужесточение требований к экологической безопасности при строительстве новых предприятий и модернизации существующих. Это включает установление норм выбросов вредных веществ и требования по очистке отходов перед их сбросом в окружающую среду. Во-вторых, осуществляется более активный контроль за деятельностью экологически опасных объектов. Это включает проверку соответствия предприятий экологическим нормам и при необходимости выявление и наказание нарушителей. Контроль может осуществляться как государственными органами, так и независимыми экологическими организациями и общественными объединениями. В-третьих, совершенствуется система экологической экспертизы, которая проводится при расширении или модернизации экологически опасных объектов. Это позволяет оценить возможные последствия для окружающей среды и предложить меры для их предотвращения или смягчения. В-четвертых, стимулируется внедрение экологически чистых технологий в производство. Предприятия, применяющие такие технологии, получают определенные преимущества, такие как налоговые льготы или возможность участия в государственных программах поддержки.

Россия, как одна из ведущих индустриальных и экологически значимых стран, активно работает над усилением контроля за экологически опасными объектами. В рамках этого процесса проводятся реформы в экологическом законодательстве, внедряются новые методы контроля и стимулируются экологически чистые технологии. Строительство новых объектов проходит

под строгими экологическими требованиями, а контроль за существующими предприятиями становится более систематическим и эффективным.

Таким образом, усиление контроля над экологически опасными объектами имеет важное значение для обеспечения экологической безопасности и сохранения здоровья населения. Это является одним из приоритетных направлений развития современного промышленного производства. В качестве основных контролируемых элементов производства были определены источники выбросов (сбросов) технологических установок. Возможные источники выбросов (сбросов) технологических установок могут включать в себя:

- дымовые трубы и выхлопные газы: выбросы и пары, выделяемые в процессе сжигания топлива или в результате химических реакций внутри установок;
- сбросы воды: отходы, вымываемые или сливаемые водой в процессе производства, включая загрязнения, растворенные вещества или химические добавки;
- отходы твердого или жидкого состояния: отходы, получаемые в результате обработки сырья или материалов, такие как шламы, осадки, зола, стружка или шлаки;
- шум и вибрация: генерируемые установками шум и вибрация, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей;
- излучение: электромагнитное или ионизирующее излучение, выделяемое установками или оборудованием, которое может быть опасным для живых организмов или окружающей среды;
- запахи: неприятные запахи, которые могут возникать в результате производственных процессов и оказывать негативное воздействие на окружающую среду и жизнь людей;
- утилизация и обезвреживание отходов: процессы утилизации, обезвреживания или захоронения отходов, включая выбросы в

атмосферу, сбросы в водоемы или их захоронение на специальных полигонах.

Соблюдение экологических норм и действия по защите окружающей среды способствуют сохранению природных ресурсов и устойчивому развитию. Одним из способов снижения выбросов токсичных газов является использование современных технологий и оборудования, которые позволяют эффективно очищать и утилизировать отходы производства. Также можно применять более экологически чистые материалы и вещества при производстве, а также улучшать системы энергосбережения. Компании могут также внедрять и поддерживать программы по устранению экологических проблем, проводить экологические образовательные мероприятия для сотрудников и общественности, а также поддерживать благотворительные проекты в области экологии. Практика показывает, что предприятия, активно заботящиеся об экологии, получают множество преимуществ. Они имеют лучший имидж в глазах общественности, что может привлечь новых клиентов и инвесторов. Кроме того, предприятие, имеющее экологическую сертификацию, может получить различные налоговые льготы и поддержку со стороны государства. Все это в совокупности приводит к увеличению рыночной стоимости предприятия. Производственные предприятия, ведущие свою деятельность в соответствии с действующими экологическими нормами и требованиями, обладают большей привлекательностью для потенциальных инвесторов и партнеров по бизнесу. Соответственно такие производственные субъекты обладают рядом преимуществ, поскольку их деятельность, не нарушающая экологического равновесия и не оказывающая вредного влияния на условия жизнедеятельности людей, обладает социальной направленностью, способствует стабильному развитию самого предприятия.

Руководство предприятий, обеспечивающие на своих объектах внедрение современных технологий, создающие системы управления рисками, мониторинга выбросов, в значительной мере сокращают

вероятность нанесения ущерба окружающей среде и размеров возможных за это штрафных санкций.

Объектом исследования является система экологической безопасности ООО «Специализированное тампонажное управление».

Предмет исследования – автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Целью данного исследования является разработка методики проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и повышении эффективности контроля за соблюдением установленных нормативов выбросов посредством применения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Гипотеза исследования состоит в том, что контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов будем наиболее эффективным, если:

- будет проанализировано воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду;
- на основе общих сведений о предприятии будет изучена характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха;
- применена методика проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха;
- разработана автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду;
- изучить общие сведения о предприятии, характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха;

- рассмотреть способы контроля за соблюдением установленных нормативов выбросов, включая методику проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха;
- провести внедрение и дать оценку эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Теоретико–методологическую основу исследования составили: научные публикации, учебники, учебные пособия по теме исследования.

Базовыми для настоящего исследования явились также: ресурсы патентных источников.

Методы исследования: статистический анализ, методы системного анализа, теории управления и имитационного моделирования.

Опытно-экспериментальная база исследования основана на базе ООО «Специализированное тампонажное управление».

Научная новизна исследования заключается в разработке автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Теоретическая значимость исследования включает применение методики проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха.

Практическая значимость исследования заключается в применении разработанной автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Достоверность и обоснованность результатов исследования достигнута за счет анализа современных научно-исследовательских разработок ведущих российских и зарубежных специалистов в области экологической безопасности и подтвержденной эффективностью разработанных решений объектов.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в осуществлении разработки автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

Участие в международной научной конференции технико-научного журнала «Точная наука» №152 (2024 год), выступление на тему: Технологический процесс добычи нефти.

На защиту выносятся:

- результаты анализа воздействия нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду;
- выводы об источниках загрязнения окружающей среды технологическими процессами предприятий нефтепереработки;
- выводы о способах контроля проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, которые помогают систематизировать процесс контроля и делать его более эффективным;
- предложенная и внедренная автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ, которая заключается в использовании современных технологий и позволяет автоматически уведомлять ответственных лиц об уровне загрязнений.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 15 рисунков, 8 таблиц, список использованной литературы (50 источников). Основной текст работы изложен на 88 страницах.

## **Термины и определения**

В настоящей работе применяются следующие термины и определения:

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ – поступление в атмосферный воздух загрязняющих веществ (оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье населения и окружающую среду) от стационарных и передвижных источников выбросов.

Программа производственного экологического контроля – это «система мер, направленных на обеспечение допустимого уровня воздействия производственной деятельности на окружающую среду» [11].

Система автоматического контроля – это комплекс технических средств, обеспечивающих автоматические измерения и учёт показателей выбросов и (или) сбросов, фиксацию и передачу информации об этих показателях в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [26].

Стационарный источник загрязнения атмосферы – неподвижной технологический агрегат (установка, устройство, аппарат и т. п.), выделяющий в процессе эксплуатации, загрязняющие атмосферу вещества.

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящем исследовании используются следующие сокращения и обозначения:

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АСКВ – система автоматического контроля выбросов.

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами.

АСЭМ – автоматизированная система экологического мониторинга состояния окружающей среды.

ИП – индивидуальный предприниматель.

КЭР – комплексное экологическое разрешение.

ОНВ – объект, оказывающий негативное воздействие.

ОРС – связывание и встраивание объектов.

ППЭЭ – программа повышения экологической эффективности.

ПЭК – производственный экологический контроль.

РСУ – системы распределенного управления.

СТН – система телевизионного наблюдения.

ФЗ – Федеральный закон.

ЭВМ – электронная вычислительная машина.

# **1 Теоретические и методические аспекты охраны окружающей среды в зоне деятельности предприятия по нефтепереработке**

## **1.1 Правовые основы и методы обеспечения природоохранного законодательства в области нефтепереработки**

Согласно ФЗ-252 система автоматического контроля (далее – система) – это комплекс технических средств, обеспечивающих автоматические измерения и учёт показателей выбросов и (или) сбросов, фиксацию и передачу информации об этих показателях в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (далее – объект ОНВ) [20].

Согласно ст. 67 ФЗ-7 «Об охране окружающей среды» и ФЗ-252 «программа создания системы автоматического контроля (далее – Программа) или сведения о её наличии должны быть включены в программу производственного экологического контроля (далее – Программа ПЭК), которая входит в перечень обязательных документов, необходимых юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям для получения экологического разрешения (далее – КЭР) на осуществление хозяйственной и (или) иной деятельности на объектах I категории» [24]. Комплекс по выполнению программы создания системы автоматического контроля представлен на рисунке 1.

«В течение 4-х лет после получения или пересмотра КЭР необходимо создать систему автоматического контроля. Для юрлиц и ИП, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I категории и получивших КЭР до 01.09.2022, срок создания системы продлевается на 2 года» [11].

«В случае если программой повышения экологической эффективности предусмотрены мероприятия, связанные с реконструкцией стационарных

источников, подлежащих оснащению системой, сроки оснащения источников определяются с учётом сроков реализации мероприятий ППЭЭ» [11].

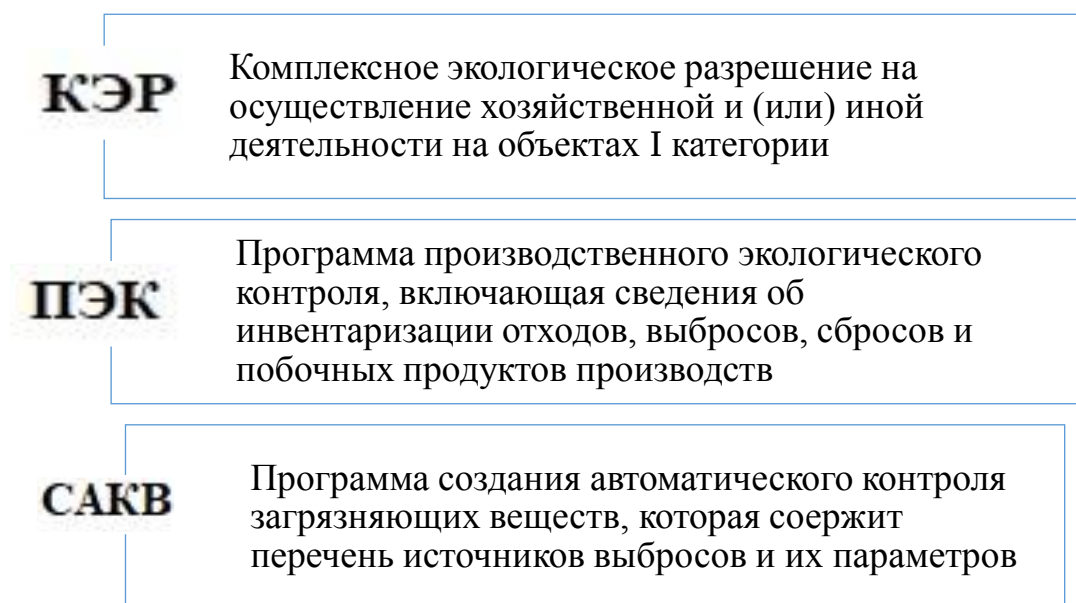


Рисунок 1 – Комплекс по выполнению программы создания системы автоматического контроля

Важно учитывать, что оснащение источников может потребовать определенного времени на подготовку, закупку необходимого оборудования, проведение работ по установке и настройке системы. Эти этапы также должны быть учтены при определении сроков оснащения источников.

Целесообразно разработать детальный план реализации мероприятий, включающий в себя не только сроки оснащения источников, но и другие этапы программы, такие как проведение оценки текущего состояния источников, анализ возможных решений, принятие решений, подготовка документации. Это позволит учесть все необходимые этапы и свести к минимуму риск превышения установленных сроков.

Также следует учитывать возможные задержки и проблемы, которые могут возникнуть в процессе реализации программы. Для этого может быть полезно предусмотреть дополнительные резервные меры и сроки, чтобы справиться с непредвиденными обстоятельствами.

В целом, определение сроков оснащения источников должно основываться на реалистичных оценках возможностей и ресурсов, доступных для реализации программы. Это позволит эффективно планировать и контролировать ход работ и достичь поставленных целей по повышению экологической эффективности. В Распоряжении Правительства РФ от 13.03.2019 № 428-р утверждены «виды технических устройств, оборудования (установок) на объектах I категории, стационарные источники которых подлежат оснащению автоматическими средствами измерения и учёта показателей, а также техническими средствами фиксации и передачи информации в госреестр объектов ОНВ» [27].

Стационарный источник выброса (сброса) включается в программу, если:

- имеется одно из следующих загрязняющих веществ, массовый выброс которого превышает значения:
- сбросы сточных вод в общий объём сточных вод, отводимых с объектов I категории, составляет более 15%;
- имеются средства и методы измерений концентраций загрязняющих веществ в условиях эксплуатации стационарного источника выбросов (сбросов).

Правила создания и эксплуатации системы утверждены Постановлением Правительства РФ от 13.03.2019 г. № 262. Система создаётся на основании соответствующей программы. Причём может эксплуатироваться как единая система автоматического контроля, так и несколько систем отдельно по выбросам или по сбросам. Создание системы автоматического контроля включает в себя следующие этапы:

- определение стационарных источников и показателей выбросов и (или) сбросов, подлежащих контролю автоматическими средствами измерения, их предпроектное обследование;
- разработка и утверждение программы создания системы автоматического контроля;

- проектирование системы автоматического контроля;
- поставка и монтаж оборудования, необходимого для создания системы автоматического контроля;
- приёмка системы в эксплуатацию и дальнейший ввод в эксплуатацию [26].

Проектирование системы осуществляется в соответствии с рекомендациями справочника ИТС 22.1-2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения» и (или) информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям для конкретной отрасли промышленности [28]. Система принимается в эксплуатацию непосредственно на объекте эксплуатации в присутствии представителей территориального органа Федеральной службы по надзору в сфере природопользования.

Программой определяются:

- стационарные источники выбросов и (или) сбросов загрязняющих веществ,
- показатели выбросов и (или) сбросов загрязняющих веществ,
- места и сроки установки автоматических средств измерения и учёта показателей,
- технические средства фиксации и передачи информации в госреестр объектов ОНВ,
- состав и форма передаваемой информации.

Постановлением Правительства РФ от 13.03.2019 № 263 утверждены требования к автоматическим средствам измерения и учёта показателей выбросов (сбросов), к техническим средствам фиксации и передачи информации в госреестр объектов ОНВ.

Системы автоматического контроля выбросов и сбросов включают:

- «программное обеспечение;
- технические устройства лица, эксплуатирующего объект ОНВ;

- программные средства реестра данных об объектах ОНВ» [21].

«Автоматические средства измерения должны обеспечивать измерение и передачу в технические средства фиксации информации о результатах измерений выбросов, усреднённых за каждые 20 или 30 минут, измерений сбросов, усреднённых за каждые 2 или 3 часа. Программные средства собственника должны передавать информацию от средств измерений в реестр и сохранять эту информацию в течение не менее 1 года. Программные средства реестра должны осуществлять: приём в реестр и учёт информации, полученной от автоматических средств измерения, а также её хранение в течение не менее 7 лет. Техническое обслуживание системы, её проверка и ремонт осуществляются согласно законодательству РФ об обеспечении единства измерений» [22]. В случае необходимости остановки оборудования на более продолжительный срок необходимо об этом ставить в известность территориальный орган Росприроднадзора.

Федеральной службой по надзору в сфере природопользования утвержден формат для передачи информации по выбросам (сбросам) загрязняющих веществ посредством информационно-телекоммуникационных сетей. Замеры производятся автоматическими средствами измерения, нормами закон определен размер погрешности, аппаратура измерения должна пройти освидетельствование.

Следовательно, оснащение техническими средствами стационарных источников должно соответствовать условиям:

- «наличие оборудования в перечне, установленным Правительством РФ от 13.03.2019 № 428-р;
- превышение значения массового выброса хотя бы по одному веществу из перечня, приведённого в Правилах создания и эксплуатации систем автоматического контроля выбросов и (или) сбросов загрязняющих веществ или объём сбросов, превышающий 15% от общего объёма сточных вод, отводимых с объектов I;

- наличие средств и методов измерений концентраций загрязняющих веществ в условиях эксплуатации стационарного источника выбросов/сбросов» [25].

Согласно Приказу Минприроды России от 18.04.2018 № 154 «наиболее крупные предприятия должны ввести в эксплуатацию систему (или системы) не позднее конца 2026 г. Для других предприятий, если на них распространяется такая обязанность – не позднее 1 января 2029 г» [25].

## **1.2 Воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду**

При изучении темы магистерской диссертации были проанализированы следующие научные источники:

В монографии С.В. Косенковой, А.К. Васильева. Методология установления нормативов допустимых сбросов (НДС) вредных веществ: «рассмотрены перспективные направления развития цифровых технологий и искусственного интеллекта в АПК; конструирование и строительная механика инженерных сооружений; инновационные разработки в области землеустройства, кадастров и экологии и современные направления философскотеоретических и социально-правовых исследований» [10].

В учебном пособии О.Е. Безбородовой рассмотрены «теоретические и методические вопросы разработки Проекта нормативов образования обходов и лимитов на их размещений для промышленного предприятия» [2].

В исследовании Д.А. Немущенко, В.В. Ларичкина. Экология: оценка и контроль окружающей среды: изложены «некоторые теоретические вопросы, связанные с оценкой состояния и контролем окружающей среды» [18].

Исследование М.В. Леган. Основы экологической безопасности: посвящено «вопросам экологической безопасности в РФ. В пособии рассматриваются понятие системы экологической безопасности в условиях повышенной антропогенной нагрузки, вопросы технико-экологических основ

охраны природных вод и атмосферного воздуха в связи с увеличивающимся влиянием и воздействием человеческой цивилизации на биосферные процессы» [11].

В статье В.П. Мешалкина проанализированы «нормативные правовые документы по применению в природоохранной деятельности автоматических систем предсказания выбросов промышленных предприятий. Показано, что такие системы представляют собой разумную альтернативу инструментальным системам контроля выбросов. Выявлена тенденция к распространению практики внедрения технологий моделирования показателей выбросов» [15].

В статье Я.П. Молчановой. Непрерывный производственный экологический контроль: опыт Германии: изучена «немецкая практика организации непрерывных измерений на источниках выбросов загрязняющих веществ» [17].

В публикации Л.И. Бернер, И.М. Зайнуллина, А.С. Хадеева «рассматриваются вопросы разработки и внедрения систем автоматического контроля выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду и автоматизированных систем экологического мониторинга состояния окружающей среды» [3].

В статье А.В. Рощина, Р.Ю. Тимофеева «рассматриваются различные аспекты построения и применения системы телемеханики СТН-3000 в рамках реализации программы импортозамещения, производство компонентов контроллера СТН-3000-РКУ» [34].

«Впервые законодательное регулирование применения предсказывающих систем для непрерывного определения концентраций загрязняющих веществ было осуществлено в США в 1990-х годах. Предсказывающие системы могут быть применены в качестве инструмента контроля эмиссий в соответствии с разделом 40 Свода федеральных нормативных актов» [48].

«Технические требования к характеристикам предсказывающих систем контроля выбросов определены стандартом PS - 16. Стандарт рассматривает испытания, которые должны быть проведены, чтобы подтвердить точность предсказывающей модели» [49].

«На территории Европейского союза системы предсказания выбросов распространены в меньших масштабах по сравнению с США и применяются в основном в Нидерландах» [42]. В Нидерландах, например, распространены системы предсказания выбросов для отслеживания выбросов сельскохозяйственных углеродных газов и азотокислот. Эти системы используют данные о погоде, почвах, технологиях сельского хозяйства и других факторах для прогнозирования потенциальных выбросов и принятия мер по их снижению.

В Германии системы предсказания выбросов широко используются в промышленном секторе. Например, система AIR-2 надзора за выбросами предупреждает об экологических авариях, предсказывая эффекты выбросов на окружающую среду. Однако в целом, системы предсказания выбросов в Европейском союзе менее распространены, чем в США. Это может быть связано с различиями в регулировании и подходах к оценке и контролю выбросов в двух регионах. В США системы предсказания выбросов широко используются в промышленности и аграрном секторе для соблюдения законодательства об экологической безопасности и оптимизации эффективности производства. «Все государства — члены ЕС, а также Исландия, Лихтенштейн, Норвегия и Швейцария (страны Европейской ассоциации свободной торговли) обязаны следовать общим принципам экологической политики. С 2001 года в ЕС действует Директива № 2001/80/ЕС, определяющая предельные значения показателей выбросов для крупных топливосжигающих установок тепловой мощностью более 50 МВт» [42]. С 2016 года эти установки должны соответствовать Директиве о промышленных выбросах № 2010/75/EU, «устанавливающей нормы, направленные на предотвращение или снижение загрязнения ОС от

промышленной деятельности, а также контроль эмиссий. Каждая страна формирует национальную законодательную базу на основе руководящих принципов ЕС» [43].

Законодательные документы ЕС часто ссылаются на стандарты, «описывая требования к техническим характеристикам и к обеспечению качества измерений выбросов. Примером такого стандарта является европейский стандарт EN 14181:2014, устанавливающий три уровня обеспечения качества непрерывного автоматического контроля выбросов и сроки ежегодных контрольных испытаний. Системы автоматического контроля выбросов могут быть инструментальными или предсказывающими. Предсказывающие системы контроля выбросов должны соответствовать стандартам CEN/TS 17198, разработанным рабочей группой WG37 Технического комитета TC 246 Качество воздуха в 2018 году» [45].

«В контексте требований к техническим характеристикам и к обеспечению качества измерений выбросов, законодательные документы ЕС могут ссылаться на различные стандарты и нормы» [45]. Некоторые из основных стандартов, которые могут быть упомянуты в таких документах, включают:

- стандарты ISO (Международная организация по стандартизации): ‘то включает в себя различные стандарты в области качества и управления, такие как ISO 9001 (управление качеством), «ISO 14001 (управление окружающей средой) и ISO 17025 (общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)» [45];
- «стандарты EN (Европейский комитет по стандартизации): EN-стандарты разрабатываются для обеспечения совместимости и безопасности изделий и процессов в Европейском Союзе. Они включают такие стандарты, как EN ISO 9001 (управление качеством), EN ISO 14001 (управление окружающей средой) и EN

ISO/IEC 17025 (общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)» [45];

- «стандарты CEN/CLC (Европейский комитет по стандартизации / Общий комитет по электротехнике Европы): Эти стандарты относятся к различным областям, включая электрическую безопасность, электромагнитную совместимость и энергетическую эффективность» [45];
- «директивы и регламенты ЕС: Законодательные документы, такие как директива ЕС о промышленных выбросах (Industrial Emissions Directive) и регламент ЕС о регистрации, оценке и разрешении в обращение химических веществ (REACH), могут ссылаться на специфические стандарты, применимые к измерению выбросов и обеспечению их качества» [45].

Эти стандарты и нормы разрабатываются с целью обеспечения единых и надежных методов измерений выбросов и определения их соответствия нормам и требованиям ЕС. Они также помогают гарантировать уровень безопасности и защиты окружающей среды в Европейском Союзе. При этом Исполнительный акт Европейской комиссии 2017/1442 «разрешает их применение только совместно с инструментальными автоматическими системами, за исключением применения на газовых турбинах мощностью менее 100 МВт и работающих менее 1500 часов в год, а также на топливосжигающих установках на морских платформах, для которых разрешено самостоятельное оснащение системами предсказания выбросов.

Работа крупных промышленных предприятий в Нидерландах, первой европейской стране, одоббившей применение предсказывающих систем контроля выбросов, регламентируется Декретом о деятельности, который также ссылается на европейские справочники НДТ» [44].

«В Германии национальными законодательными актами о контроле эмиссий является федеральный закон о защите окружающей среды от вредного воздействия загрязняющих веществ, шума, вибраций и иных

аналогичных факторов BImSchG, техническое руководство по сохранению чистоты атмосферного воздуха TA Luft, а также особые постановления, директивы и предписания об исполнении федерального закона BImSchV» [50].

Экологическое разрешение является юридическим документом, выдаваемым компетентными органами, и содержит подробные требования и ограничения для каждого конкретного источника выбросов. Оно определяет максимально допустимые значения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и устанавливает меры и требования для соблюдения этих значений.

При разработке экологического разрешения учитывается не только наличие справочников НДТ и их диапазоны выбросов, но и другие факторы, такие как воздействие выбросов на окружающую среду, население и животных, наличие альтернативных технологий и материалов для уменьшения выбросов и прочее. В результате этого процесса устанавливаются индивидуальные пороговые значения выбросов для каждого источника, с учетом его особенностей, технологий и возможностей снижения выбросов.

Соблюдение пороговых значений выбросов, установленных в экологическом разрешении, является обязательным для каждого источника, и органы экологического контроля осуществляют регулярные проверки для контроля соблюдения этих требований. В случае превышения пороговых значений выбросов могут быть применены различные меры, включая штрафы, приостановку производства или даже закрытие источника выброса.

Техническим руководством TA Luft определены «требования к измерительному оборудованию, методам измерений, предельно допустимые значения выбросов, превышение которых влечет требование установки автоматических средств непрерывного контроля. При этом разрешается применять только измерительное оборудование, установленное

специализированными независимыми аккредитованными организациями» [17].

Законодательство Великобритании «позволяет использовать предсказывающие системы контроля выбросов при условии их проверки путем инструментального измерения выбросов в диапазоне рабочих режимов установки в соответствии со стандартом EN 14181 и системой сертификации Агентства по охране окружающей среды Англии и Уэльса MCERTS, включая техническое руководство M2 по мониторингу выбросов» [46].

Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в Китайской Народной Республике регулируется законом «О предотвращении атмосферного загрязнения». «Автоматический контроль выбросов загрязняющих веществ регламентируется стандартом HJ/T 76- 2007. Предсказывающие системы широко применяются для контроля выбросов крупных топливосжигающих установок, с 2018 года требования к ним устанавливаются Техническим руководством к системам мониторинга эмиссий дымовых газов тепловых электростанций» [47].

### **1.3 Методика проведения лабораторных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха**

Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу различные вредные вещества, такие как оксиды азота, серы, углеродные соединения, тяжелые металлы и другие химические соединения. Организации, занимающиеся контролем загрязнения воздуха, разрабатывают нормативы и стандарты, которым должны соответствовать предприятия. Они устанавливают допустимый уровень выбросов для каждого вида загрязняющего вещества. Если предприятие превышает установленные нормативы, то оно подвергается штрафам и санкциям. Одним из способов снижения выбросов является внедрение современных технологий очистки воздуха. Такие системы позволяют улавливать и удалять вредные вещества

до того, как они попадут в атмосферу. Некоторые из них основаны на использовании фильтров, другие – на химических реакциях или физических процессах. Однако не всегда возможно достичь полной очистки выбросов. В таких случаях можно применять мероприятия по снижению количества выбросов, например, установку более эффективного оборудования или переход на менее загрязняющие процессы производства.

Контроль уровня воздействия предприятия на окружающую среду является неотъемлемой частью экологической политики. Он позволяет минимизировать негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека, создавая более безопасные условия проживания и работы. На основании анализа данных интенсивности и состава выбросов загрязняющих веществ, состояния приборов и оборудования, комплекса внедренных мероприятий и изучения наилучших существующих технологий специалистами планируется деятельность, направленная на охрану атмосферного воздуха.

Внедрение системы мониторинга выбросов позволяет:

- «облегчить процедуру получения комплексных экологических разрешений;
- снизить риски штрафов и повышенного внимания надзорных органов;
- дает возможность оценивать целесообразность внедрения прогрессивных технологий, направленных на повышение экологической безопасности производственного процесса;
- улучшить экологическую ситуацию не только на территории предприятия, но и в ближайших населенных пунктах» [17].

«Проектирование системы мониторинга выбросов для каждого предприятия осуществляется индивидуально с учетом присущих ему особенностей, несмотря на одинаковые технологические процессы, применяемые на многих производствах с аналогичным технологическим оборудованием» [17]. Индивидуальные проекты по внедрению систем

мониторинга учитывают специфику каждого предприятия и его конструктивные особенности. При разработке проекта учитываются такие факторы, как размер предприятия, его специфика деятельности, тип и объем производства, особенности технологических процессов, требования к мониторингу и анализу данных, доступные ресурсы и бюджет. Индивидуальное проектирование системы мониторинга позволяет оптимизировать процессы и ресурсы предприятия, учитывая его конкретные особенности. В результате, система мониторинга будет более эффективной и адаптированной к потребностям предприятия, что повысит его конкурентоспособность и результативность работы. Однако, несмотря на индивидуальный подход к проектированию, существуют определенные общие принципы и этапы внедрения систем мониторинга, которые могут применяться на различных предприятиях. К ним относятся анализ требований и потребностей предприятия, выбор соответствующих технологий и оборудования, разработка концепции системы мониторинга, проектирование архитектуры системы, ее установка и настройка, обучение персонала и последующая поддержка. Таким образом, индивидуальные проекты по внедрению систем мониторинга позволяют эффективно учитывать конструктивные особенности и потребности конкретного предприятия, что способствует реализации его стратегии развития и достижению конкурентного преимущества.

Измерение валовых выбросов в дымовых газах является сложной задачей вследствие следующих факторов:

- «большие диаметры дымовых труб и как следствие трудности соблюдения требований к прямым участкам для установки расходомеров и анализаторов пыли;
- необходимость согласования врезок на дымовых трубах, строительство площадок обслуживания;
- монтаж и обслуживание оборудования, установленного на трубах, связано с высотными работами;

- часто встречающееся высокое содержание твердых частиц (сажи, пыли), которое осаждается на установленном оборудовании;
- низкая плотность среды;
- часто встречающиеся низкая скорость и высокая температура потока» [15].

Даже уже при достаточно высоком уровне развития систем контроля выбросов загрязняющих веществ, существуют определенные недостатки, к примеру:

- «предлагается только система мониторинга концентрации вредных веществ – шкаф аналитики. В действительности для получения данных по валовым выбросам помимо аналитических данных необходимы еще данные по объемному расходу дымовых газов, приведенные к нормальным условиям, а также контроллер, где происходит расчет значений выбросов и передача данных на верхний уровень;
- нормирование метрологических характеристик заключается в оценке погрешности анализатора, при этом суммарная погрешность системы автоматического контроля выбросов не оценивается;
- использование в качестве источников данных по концентрациям вредных веществ аналитических систем, базирующихся на ненадежных принципах измерения, таких как электрохимия, имеющих длительный цикл измерений, при котором не обеспечивается непрерывность, такие как хроматография, использующих не прямые измерения с ненормированной погрешностью результата – конвертеры» [15].

Базовые требования к автоматическим системам мониторинга выбросов:

- «достоверность: опробованные методики, высокая стабильность и достоверность измерения, самодиагностика, удаленный контроль;

- надежность: тщательно выполненный инжиниринг, обследования и предварительные проработки, доступность сервиса, доступность запчастей, открытое программное обеспечение, простота методик измерения, обучение персонала;
- низкая стоимость владения: использование качественных комплектующих, авторское сопровождение, сервисные контракты, высокая наработка на отказ, длительный меж-поверочный интервал, система самодиагностики» [18].

При создании АСКВ в первую очередь учитываются следующие требования:

- «система должна работать в автоматическом, в непрерывном, круглосуточном режиме;
- все данные, необходимые для расчета величины валовых выбросов получаются на основании прямых инструментальных методов;
- система в целом и ее компоненты должны соответствовать Российскому законодательству об обеспечении единства измерений» [18].

АСКВ строится как двухуровневая система (рисунок 2).

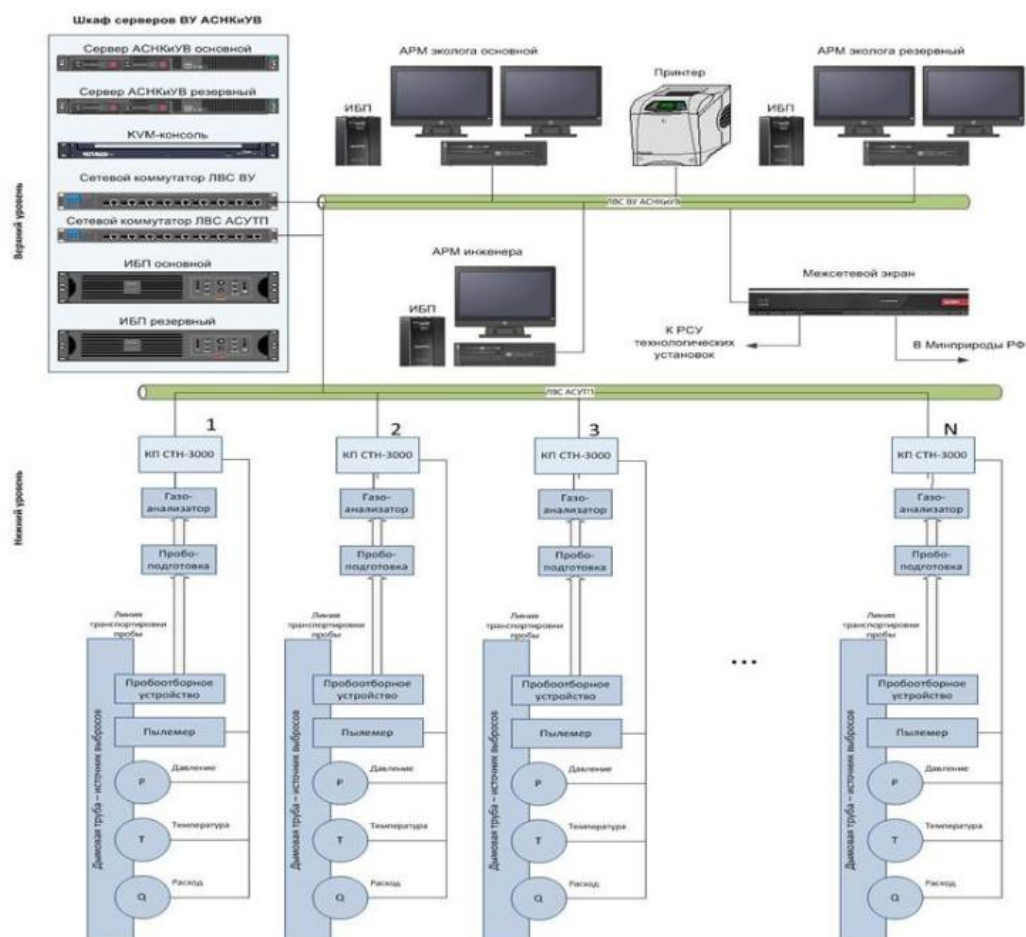


Рисунок 2 – Структурная схема АСКВ [31]

Автоматизированная система контроля выбросов нижнего уровня представлена автоматической системой измерений на источниках выбросов, далее эти замеры вместе с проведенными вычислениями обрабатываются и передаются на следующий (верхний) уровень. Полученные таким образом данные обрабатываются, анализируются специализированным программным обеспечением, в результате чего получают достоверные сведения по окружающей среде и о степени её загрязнения. Контроль и управление технологическими процессами осуществляют операторы установок посредством автоматизированных рабочих мест (АРМ). На предприятии отделом охраны экологии ведется мониторинг и контроль за выбросами, которые должны соответствовать нормативным требованиям; разрабатываются различные меры, обеспечивающие сокращение

загрязняющих выбросов; контролируют исполнение этих мер; несут полную ответственность за недопустимое превышение загрязнения окружающей среды. Координацию работы структурных подразделений предприятия, в чьи функции входит контроль за выбросами, осуществляет диспетчерская служба.

Автоматизированная система контроля выбросов верхнего уровня представлена сетевым оборудованием, специализированными программами и сетью АРМ (операторов установок, специалистов отдела охраны экологии), техническими средствами контроля источников выбросов (АСКВ), координирующей диспетчерской службой. Верхний уровень – центральная система анализа и контроля, которая принимает данные с нижнего уровня, проводит их дальнейшую обработку, расчеты и анализ. Затем верхний уровень принимает решения на основе полученных результатов и контролирует выполнение требуемых норм и стандартов. Также верхний уровень может предоставлять информацию о выбросах и результаты анализа государственным и международным органам контроля и надзора.

Таким образом, функционал АСКВ включает:

- «прием измеренных мгновенных и интегральных значений выбросов загрязняющих веществ, а также параметров уходящих газов от контроллеров СТН-3000;
- расчет мгновенных и интегральных значений выбросов от технологических установок и в целом по предприятию;
- отображение значений выбросов и технологических параметров на мониторах АРМ эколога в режиме реального времени;
- ведение оперативных архивов полученных и рассчитанных параметров, построение трендов, создание отчетов;
- предоставление данных по выбросам и технологическим параметрам специалистам предприятия в виде видеокладов и трендов (web-интерфейс) и в виде текущих и архивных значений (ODBC-интерфейс, SOAP web-сервис);

- передача в АСУТП или оператору технологических установок информации о превышении предаварийных/аварийных уставок для принятия неотложных мер по уменьшению выбросов;
- предоставление данных по выбросам и технологическим параметрам в системы распределенного управления (PCY) технологических установок (протокол OPC);
- передача данных по выбросам в Министерство природных ресурсов и экологии РФ» [31].

Еще раз следует подчеркнуть следующее: деятельность производственного предприятия должна строго соответствовать законодательно установленным нормам и требованиям в области экологической безопасности; в рамках экологического контроля на предприятии операторы технологических установок в целях предотвращения нарушений действующих норм и правил должны обладать правом проводить определенные действия по коррекции технологического процесса.

Основной задачей системы управления и контроля экологической безопасности служит сохранение естественного равновесия экологической системы, обеспечить сокращение техногенных нагрузок на окружающую среду, сохранить здоровье граждан, работающих на предприятии и проживающих в районе месторасположения производства.

Для этого система должна оперативно и точно контролировать выбросы вредных веществ и предупреждать оператора о превышении установленных нормативов.

Таким образом, система контроля экологической безопасности промышленного объекта имеет двойное назначение - предотвращение экологического вреда и защита здоровья людей. Она является неотъемлемой частью работы организаций, занимающихся производством и предоставляющих регулярный отчет о состоянии экологической безопасности своего предприятия.

Замеры выбросов по отдельным источникам проводятся для оценки текущего уровня выбросов на предприятии. Это делается с использованием специализированного оборудования, например, газоанализаторов, эмиссионных измерительных устройств. Проведение прямых инструментальных замеров позволяет точно определить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, воду или почву, и сравнить их с установленными нормативными требованиями. При этом также учитываются факторы, влияющие на рассеивание выбросов, например, направление ветра, температура и влажность воздуха. На основе результатов замеров предприятие может оценить степень соответствия своих выбросов нормативным требованиям и определить правомерность применения штрафных санкций. Если выбросы превышают установленные нормы, предприятие может быть подвергнуто штрафным санкциям, таким как штрафные платежи за загрязнение окружающей среды. Ведение непосредственных замеров выбросов на предприятии в значительной мере влияет на достоверность положения дел по вопросам загрязнения, а это, следовательно, при неблагоприятных условиях определяет меру ответственности (штрафные санкции) в соответствии с действующим законодательством.

Проводимый определенными лицами (специалисты отдела экологии, операторы установок, диспетчера) анализ сведений, получаемых АСКВ, может показать превышение нормативных показателей по выбросам. При такой ситуации ответственное лицо за данный источник загрязнения (установка, цех) должен незамедлительно принять неотложные меры по устранению причин (нарушен технологический режим, предаварийное состояние оборудования и многое др.) загрязнения.

Ответственные лица структурных подразделений предприятия (пользователи) на основе сформированных АСКВ данных обладают достоверной картиной об экологическом состоянии близко расположенной территории около предприятия и получают полное представление

оказываемого на окружающую среду влияния и сценарий развития событий в ближайшее время и в отдаленном будущем.

На рисунке 3 приведена техническая структура локальной АСКВ и перечень контролируемых производств.

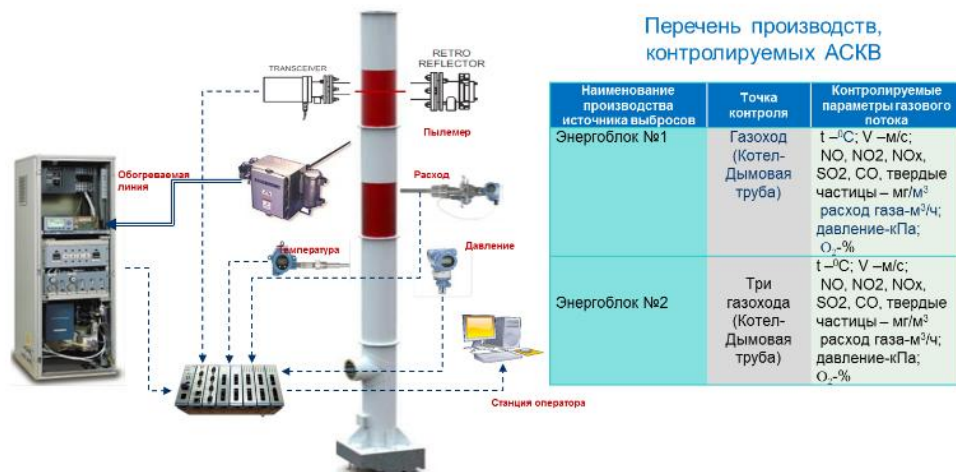


Рисунок 3 – Структура локальной АСКВ для одного источника выбросов

«Система реализована на программно-технических средствах СТН-3000-Р и СПУРТ-Р с полностью российскими комплектующими. Программное обеспечение как контроллера, так и диспетчерского уровня включено в Реестр российских программ для ЭВМ Минсвязи РФ» [31].

На рисунке 4 приведено фото АРМ эколога и некоторые экранные формы системы.

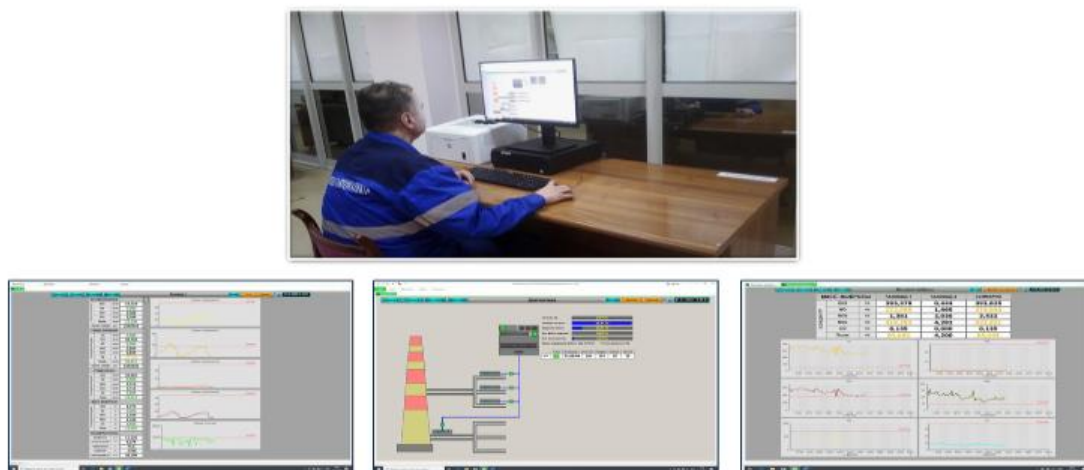


Рисунок 4 – Автоматизированное рабочее место пользователя (АРМ эколога)

Система метрологически аттестована, прошла приемочные испытания и введена в промышленную эксплуатацию. Метрологическая аттестация и приемочные испытания являются отдельными процессами, применяемыми для проверки и подтверждения соответствия измеряемых параметров системы установленным стандартам и требованиям. Метрологическая аттестация – это процедура, проводимая метрологическими органами для оценки точности, надежности и соответствия измерительной системы требованиям государственных стандартов и нормативных документов. После успешной метрологической аттестации система получает сертификат, подтверждающий ее соответствие установленным требованиям. Приемочные испытания – это процесс, проводимый заказчиком или пользователем системы для убеждения в ее соответствии заданным требованиям и спецификациям. В ходе приемочных испытаний система проверяется на работоспособность, надежность, функциональность и прочие характеристики в реальных условиях эксплуатации. После успешного прохождения испытаний система считается готовой к введению в промышленную эксплуатацию. Таким образом, когда система метрологически аттестована и прошла приемочные испытания, это означает, что она успешно прошла проверку на соответствие требованиям, получила сертификат о

метрологической аттестации и готова приступить к промышленной эксплуатации.

#### Выводы по первому разделу

В первом разделе исследования определены научные источники по теме диссертации; изучен зарубежный опыт по теме исследования; рассмотрены нормативные правовые документы по теме магистерской диссертации. По итогу проведенного анализа осуществлен поиск и обоснованы выбранные методы анализа, техники исследования. Разработаны и практически реализованы основные принципы построения АСКВ, оформленные в виде Патента на изобретение. Система реализована на программно-технических средствах СТН-3000-Р и СПУРТ-Р с полностью российскими комплектующими. Программное обеспечение как контроллера, так и диспетчерского уровня включено в Реестр российских программ для ЭВМ Минсвязи РФ. Система метрологически аттестована, прошла приемочные испытания и введена в промышленную эксплуатацию.

## **2 Анализ состояния атмосферного воздуха и мер по охране окружающей природной среды в зоне деятельности предприятия по нефтепереработке**

### **2.1 Общие сведения о предприятии, характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха**

Нефть является важным ресурсом, оказывающим существенное влияние на мировую экономическую обстановку. Россия находится среди восьми ведущих государств с наибольшими подтвержденными запасами нефти.

Текущий год ознаменовался тем, что санкционные меры Запада против нефтяной индустрии России стали полностью действующими. С 5 декабря 2022 года вступило в силу ограничение Европейского союза (ЕС) на импорт российской нефти морским путем. После этого, с 5 февраля началось применение запрета на ввоз в ЕС нефтеперерабатывающих продуктов из России. В это же время были установлены максимальные цены на российскую нефть и нефтяные продукты, введенные странами большой семерки (G7).

Данный шаг предполагал ограничение возможностей российских компаний в области транспортировки и страхования топлива, что должно было привести к сокращению экспорта нефти и, как следствие, доходов России от её продажи. Однако установленное эмбарго и предельная цена не стали препятствием для увеличения объемов экспорта сырья российскими нефтедобывающими компаниями.

2023 год показал высокую степень стрессоустойчивости энергетического комплекса России, отечественный ТЭК достойно справился с вызовами, продолжил надежно обеспечивать энергобезопасность страны и обязательства иностранными партнерами. Добыча нефти и газового

конденсата в России в 2023 году снизилась менее чем на 1% – примерно до 530 млн. тонн. С января по июнь 2024 года буровые установки в России пробурили 14,7 тыс. км эксплуатационных скважин, что на 6,6% больше запланированного и на 8,6% больше, чем за аналогичный период 2022 года.

В России добыча и переработка нефти имеет стратегическое значение. Страна располагает не только несколькими крупными компаниями, но и большим числом предприятий среднего и малого бизнеса, задействованных в поддержке и обеспечении процессов, связанных с извлечением и переработкой нефти.

В настоящем исследовании рассмотрим организацию ООО «Специализированное тампонажное управление». На рисунке 5 отображено месторождение ООО «Специализированное тампонажное управление»

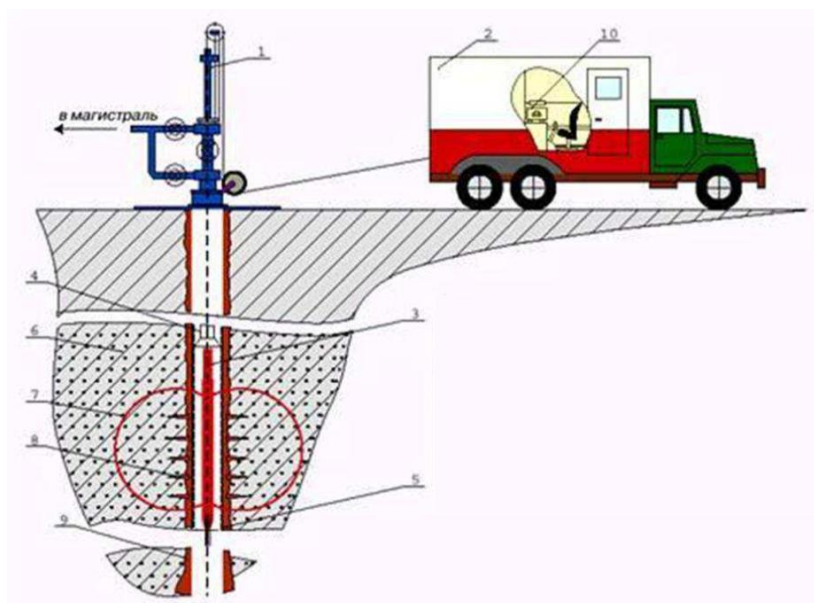


Рисунок 5 – Месторождение ООО «Специализированное тампонажное управление»

Началом технологического процесса добычи нефти в ООО «Специализированное тампонажное управление» является проведение проектно-геодезических исследований. Схема их проведения представлена на рисунке 6.

Результаты выполненных исследований являются ключевым фактором для выбора наилучших решений в управлении и анализа экологических условий на зоне разработки месторождений с целью предотвращения или

уменьшения вредных экологических воздействий от промышленной активности. В процессе всех этапов поиска и добычи нефти активно используются: «геодезическое сопровождение: топографическая съемка и составление топографических планов участка строительства или реконструкции; планово-высотная привязка объектов геологоразведочных работ; трассирование линий – газо- и нефтепроводов, дорог и других линейных объектов; разбивочные работы при строительстве капитальных зданий и сооружений» [32].



«1 – лубрикатор, 2 – геофизическая станция, 3 – скважинный акустический излучатель, 4 – трубы НКТ, 5 – обсадная колонна, 6 – нефтенасыщенный пласт, 7 – зона акустического воздействия, 8 – перфорация (фильтр), 9 – цементный камень, 10 – комплекс оборудования» [38]

Рисунок 6 – Проведение ПГИ в скважинах в ООО «Специализированное  
тампонажное управление»

«Предприятие внедряет на производственных объектах современные технологии по интенсификации нефтедобычи, модернизирует процессы обустройства кустовых площадок, бурения скважин, улучшает социально-бытовые условия своих сотрудников, участвует в общественной жизни региона, занимается благотворительностью» [41].

Сегодня в процессе извлечения нефти используются разнообразные насосные установки для скважин:

- «установка штангового глубинного насоса (УШГН) или скважинная штанговая насосная установка (СШНУ);
- установка электрического центробежного насоса (УЭЦН);
- установка электроприводного винтового насоса (УЭВН);
- установка электроприводного лопастного насоса (УЭЛН);
- различные виды скважинных гидropоршневых насосных установок (ГПНА)» [7].

В технологическом процессе ООО «Специализированное тампонажное управление» используются первые три. Процесс добычи нефти при помощи установки штангового глубинного насоса (УШГН) представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Процесс добычи нефти при помощи установки штангового глубинного насоса (УШГН)

«УШГН действует по принципу поршневого устройства: при помощи возвратно-поступательных движений наземного привода через колонну насосных штанг глубинный насос поднимает нефть к поверхности. Станок-качалка приводится в движение при помощи электрического двигателя через клиноременную передачу. Также применяются и другие типы приводов для ШГН: цепной привод, гидравлический привод, длинноходовой привод, но

назначение у всех одно – привести в движение колонну штанг, обеспечив работу глубинного насоса» [7].

Процесс добычи нефти при помощи установки электрического центробежного насоса (УЭЦН) представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Процесс добычи нефти при помощи установки электрического центробежного насоса (УЭЦН)

У УШГН (СШНУ) есть много недостатков, которых лишены УЭЦН, а именно:

- «невозможность эксплуатации высокодебитных скважин, т.е. скважин, дающих большие объёмы нефти;
- низкая эффективность добычи нефти с большим содержанием воды;
- громоздкое и металлоёмкое наземное оборудование;
- высокая вероятность обрыва насосных штанг (особенно в наклонных и горизонтальных скважинах)» [9].

Процесс добычи нефти при помощи установки электроприводного винтового насоса (УЭВН) представлен в Приложении А.

При извлечении нефти винтовые насосы могут использоваться двумя способами. Наиболее распространенный способ, как показано на верхней

картинке, включает установку электродвигателя и редуктора на поверхности у скважинного устья. Они соединены при помощи ременной передачи. Статор насоса опускается внутрь скважины на НКТ, а винт фиксируется на штангах, приводимых в движение электродвигателем через редуктор.

Второй метод, который становится всё более популярным, включает сборку устройства для вертикальных электронасосов (УЭВН) по принципу, идентичному устройствам для центробежных насосов (УЭЦН). Это означает, что спиральный насос приводится в движение благодаря погружному электромотору, который передает вращение непосредственно на ось спирального насоса через защитное устройство.

Использование погружного электромотора исключает необходимость в насосных штангах и редукторе, которые в обычных УЭВН считаются наиболее склонными к поломкам и самыми дорогостоящими элементами.

Технологический процесс добычи нефти химическим способом ООО «Специализированное тампонажное управление» представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Описание технологического процесса добычи нефти ООО «Специализированное тампонажное управление»

| Наименование вида работ                   | Используемое оборудование | Виды работ                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подъем жидкости из скважин                | Оборудование для бурения  | «Газлифтный способ добычи нефти: механизированный способ эксплуатации скважин, при котором вводят дополнительную энергию извне (с поверхности)» [38].                                                                                                                            |
| Измерение количества добываемой продукции |                           | «Газожидкостная смесь из продуктивного пласта под действием пластового давления или с помощью погружных насосов поднимается на поверхность и по выкидным линиям направляется в АГЗУ для определения количества добываемой продукции по каждой скважине» [38].                    |
| Первичное отделение газа                  |                           | «На ДНС происходит первичное отделение газа, который по газопроводу транспортируется на газоперерабатывающий завод или на факельную установку. Частично разгазированная жидкость насосами ДНС по напорному коллектору поступает на УПН для окончательной подготовки нефти» [38]. |

Продолжение таблицы 1

| Наименование вида работ                                       | Используемое оборудование | Виды работ                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Установка подготовки нефти                                    |                           | «На установке подготовки нефти производится глубокое обезвоживание и обессоливание нефти с доведением ее до товарных кондиций и последующей сдачей ее нефтепроводному управлению для транспортировки потребителям» [38]. |
| Подготовка нефти, воды и газа на УПН и утилизации сточных вод |                           | Подготовка и утилизация сточных вод                                                                                                                                                                                      |

Сфера деятельности в нефтегазовой отрасли на всех этапах производства (добыча, переработка, транспортировка) обладает повышенным уровнем рисков нанесения вреда окружающей среде. Причин этому много, например, разливы углеводородных продуктов, отходы переработки и бурения скважин, загрязнение воды нефтепродуктами, используемые в технологиях опасные химические соединения и многое другое, что несет потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Известно, что их проникновение наблюдается в огромном количестве как в водоемы, так и иные экологические объекты:

- «при бурении и аварийном фонтанировании разведочных нефтяных и газовых скважин;
- при аварии транспортных средств;
- при разрывах водоводов, нефте- и продуктопроводов;
- при нарушении герметичности колонн в скважинах и технологического оборудования;
- при сбросе неочищенных промышленных сточных вод в поверхностные водоемы и водостоки на поля испарения» [33].

Процесс добычи нефти связан с выбросом в атмосферу загрязняющих компонентов. Эти выбросы оказывают влияние на здоровье рабочих

нефтяных месторождений и, посредственно, на окружающую среду, включая тундровые и лесотундровые экосистемы, где активно ведётся разработка месторождений, даже если они расположены далеко от населённых пунктов.

«Экологическое законодательство Российской Федерации предусматривает регулирование деятельности по загрязнению атмосферного воздуха, и часть этой системы – нормирование выбросов. Суть нормирования заключается в том, что каждое предприятие-природопользователь обязано рассчитать норматив, согласовать его с надзорным органом, а после – неукоснительно соблюдать (не допускать превышений)» [33].

До проведения необходимых расчетов следует установить отличительные качества и свойства используемого сырья, химических соединений для технологического процесса, применяемое оборудование, отходы производства и источники их сбросов в атмосферу или воду.

«Первым этапом производственного процесса является извлечение нефтегазоводяной смеси из недр на поверхность. В процессе задействованы скважины, устьевое наземное и внутрискважинное подземное оборудование. Скважина состоит из эксплуатационных, обсадных и промежуточных колонн. К устьевому наземному оборудованию скважины относятся устьевая арматура, запорная арматура. Первая предназначена для направления движения газожидкостной смеси в выкидную линию, контроля и регулирования режима эксплуатации скважины созданием противодавления на забое. Вторая – для управления скважиной посредством шаровых или пробковых кранов, разделения сред извлекаемой нефтегазоводяной смеси» [12].

Оборудование, используемое внутри скважин, обладает широким спектром разновидностей, так как оно должно соответствовать различным условиям эксплуатации и задачам. Каждый из типов оборудования предназначен для решения специфических задач, поэтому выбор оборудования зависит от характеристик конкретной скважины и целей эксплуатации. «В зависимости от способа добычи нефти (фонтанный,

механизированный) сюда можно отнести: насосно-компрессорные трубы, пакеры, клапаны-отсекатели, циркуляционные клапаны, штанги насосов. Согласно существующей классификации, источник выброса здесь во всех случаях – неорганизованный площадной (происходит выброс метана, сероводорода, бензола, диметилбензола, метилбензола через неплотности устройств, по всей территории занимаемой ими)» [12].

Вторым этапом производственного процесса является сбор нефтегазоводяной смеси. Известно, что «сырая нефть не добывается в чистом виде – обязательно присутствуют газ (часть которого в дальнейшем сжигается на факеле) и вода. На данном этапе необходима подготовка к разделению добываемой смеси (по возможности – параллельно с её сбором)» [12].

«В рамках данного этапа нефтегазоводяная смесь сперва поступает по выкидным трубопроводам на измерительную установку – совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств. Её функция – автоматическое определение продукции нефтяных скважин и контроль за технологическими режимами» [39].

Измерительные установки представляют собой «блочно-модульные конструкции, поэтому источник выброса здесь организованный точечный (либо через вентиляционную трубу, либо через вентиляционную решётку). При аварийных случаях осуществляется сброс газа от предохранительного клапана на свечу рассеивания – неорганизованный точечный источник выброса» [39].

После измерительных операций нефтегазоводяная смесь поступает на сепарационную установку. Здесь происходит частичное отделение попутного нефтяного газа от самой нефти. В составе сепарационной установки предусматривают: блок нефтегазовых сепараторов, газосепаратор, факел для аварийного сжигания попутного нефтяного газа, факельный сепаратор, конденсатосборник.

Сепарационные установки, установленные на поверхности, отводят выбрасываемые материалы через предохранительный клапан. Однако во множестве случаев нормативные документы, регулирующие эксплуатацию месторождений, требуют, чтобы сепарационные установки были связаны с системой факельного сжигания. Это означает, что выходящие газы утилизируются путём сжигания в факеле, который считается организованным точечным источником выбросов. «В них сбрасывается жидкость (как при штатной ситуации в рамках технологического процесса, так и при аварийной). Остальные дренажные ёмкости на нефтепромысле предназначены для дренажа камеры пуска очистных устройств, для сбора поверхностных (дождевых) сточных вод с приустьевого шахтного колодца, в котором установлено устьевое оборудование ниже уровня земли» [12].

В ходе сбора и предварительной подготовки происходит выброс следующих загрязняющих веществ: «сероводород, метан, смесь предельных углеводородов, бензон, демитилбензол, метилбензол, масло минеральное нефтяное. Набор почти не отличается от набора на первом этапе. После предварительной подготовки собираемое сырьё поступает в промысловые трубопроводы. Они герметичны, каких-либо выбросов от них не предусмотрено. Их задача – доставить сырьё на дожимную насосную станцию (ДНС). ДНС предназначена для обеспечения сбора и перекачки нефтегазоводяной смеси добывающих скважин на объекты подготовки нефти в случае невозможности или нецелесообразности осуществления этого процесса под давлением скважин. Это третий этап производственного процесса. Здесь осуществляется: сброс пластовой воды, нагрев продукции скважин, закачка реагентов-деэмульгаторов и ингибиторов коррозии. К ДНС относятся следующие сооружения: блок насосной внутренней перекачки, блоги реагентов, дренажные ёмкости, буферные ёмкости, печи прямого нагрева» [29].

Операции по управлению объемами сточных вод в пластах, прежде всего, связаны с контролем их выбросов, при этом выбросы газов в данном

контексте имеют незначительное значение. Основными источниками загрязнения на территориях нефтедобывающих станций являются нагревательные печи. «Они представляют собой газовые печи с промежуточным теплоносителем (чаще всего – водой), состоят из блока нагрева, который передаёт тепло от продуктов сгорания к нагреваемому продукту (модуль теплогенерации и теплообмена), блок подготовки топлива печи (система топливоподачи), системы безопасности и автоматики. Продукция скважин поступает в змеевик путевого подогревателя, после чего нагревается от теплоносителя и затем уже выводится из печи нагрева. Топливо же, пройдя подготовку в системе топливоподачи, подаётся в топку подогревателя, где сжигается, тем самым передавая тепло промежуточному теплоносителю» [40].

Таким образом, осуществляется выброс таких загрязнителей как диоксид азота, оксид азота, сернистый ангидрид, углекислый газ, метан и бензапирен через дымовую трубу (естественно, без использования вентиляционных решеток и прочих «упрощенных» систем). «Количество вредных веществ, выпускаемых в атмосферу, зависит от объема проходящей через обогревательный агрегат нефти. На территории нефтеперерабатывающего завода дренажные резервуары служат для хранения неучтенной нефти, планового слива (например, из теплообменников), а также используются для сбора нефти во время тестирования технического оборудования и в случае утечек (аварий). Здесь источником выбросов является дыхательный клапан, который также является организованным точечным источником» [12].

Буферные емкости – это «горизонтальные цилиндрические аппараты, оборудованные электрообогревом и теплоизоляцией. В отличие от дренажных, это не накопительные ёмкости, здесь поддерживается установленный уровень жидкости. Принцип функционирования буферных ёмкостей и механизм поступления загрязняющих веществ в атмосферу здесь отличаются от тех, что у дренажных. Однако, источник выброса тот же –

дыхательный клапан (организованный точечный). Выбрасываемые вещества соответствуют находящемуся в них продукту» [35].

На ДНС используются реагенты – «специальные вещества (смеси веществ) для воздействия на те или иные свойства нефти. Как и упоминалось выше, это деэмульгаторы и ингибиторы коррозии. С помощью первых разделяют воду и нефть, а с помощью вторых – создают стойкий защитный слой на поверхности стенок трубопроводов и иного оборудования. Для применения реагентов используются агрегаты в блочном исполнении – блоки реагентного хозяйства, блоки дозирования реагентов, блоки ввода реагентов. Чаще всего источник выброса здесь – вентиляционная решётка (реже – вентиляционная труба), организованный точечный. В атмосферу выбрасывается летучая составляющая реагента (в нашем случае – пропан-2-ол, метанол, гептановая фракция)» [12].

Насосная внутренней перекачки является центральным элементом на объектах добычи нефти. Её функция заключается в перемещении нефти или других флюидов из одной части системы в другую, обеспечивая рутинную и эффективную добычу ресурсов. Насосные установки могут использоваться для перекачки нефти на поверхности, транспортировки её по трубопроводам, а также для обеспечения необходимого давления в системе. Выбор типа насоса и его расположение зависят от специфики работы на конкретном месторождении, особенностей геологии и задач, стоящих перед оператором.

На территории ДНС находятся вертикальные стальные цистерны, предназначенные для хранения подогретой нефти. Их называют резервуары вертикальные стальные (РВС). «Их объём различен, зависит от количества перекачиваемой нефти. РВС оборудованы дыхательными клапанами (аналогично дренажным и буферным ёмкостям). Выбрасываемые вещества соответствуют находящемуся в них продукту. Логическим завершением процесса подготовки нефти является её поступление на приёмо-сдаточный пункт, а оттуда – в магистральный нефтепровод» [35].

Следовательно, четвертый и последний этап включает транспортировку нефти через трубопроводы (обычно это межпромысловые) к оборудованию для её подготовки (УПН). В зависимости от дальности и необходимости, УПН может быть расположено как непосредственно на месторождении, так и за его пределами (к примеру, на центральных объектах). На этом этапе происходит финальная очистка нефти от примесей, её приведение к стандартам товарного качества, и последующая перекачка в нефтепровод, направляющийся к пункту приема и сдачи. Основное оборудование на УПН схоже с оборудованием на добывающих нефтяных станциях: это включает в себя дренажные и буферные резервуары, сепарационные установки, обогреватели для нефти.

В ДНС процесс находится на стадии подготовки, в то время как в УПН он находится на этапе завершения. К «новым» сооружениям можно отнести «блоки обезвоживания и обессоливания нефти – в них происходит процесс удаления из продукции нефтяных скважин минеральных (в основном хлористых) солей. Высокое содержание солей ухудшает качество нефти и затрудняет её дальнейшую переработку на нефтеперерабатывающих заводах» [14].

«Обезвоживание и обессоливание можно выделить как наиболее важные процессы на УПН. Всё в данном случае происходит в блочных сооружениях, источник выброса рекомендуется использовать дефлектор (относится к организованным точечным). Выбрасываемые вещества – сероводород, метан, смесь предельных углеводородов C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>, бензол, диметилбензол, метилбензол. Немаловажно упомянуть и вспомогательные составляющие. Производственные процессы требуют достаточно больших энергозатрат, сложные физико-химические свойства нефтегазоводяной смеси вызывают потребность в большом количестве реагентов на месторождении, использованные растворы и выбуренные породы необходимо где-то хранить, а техника и оборудование месторождения нуждаются в периодическом обслуживании на месте» [14].

Для энергоснабжения используются электростанции – дизельные (ДЭС) или газопоршневые (ГПЭС). И в ГПЭС, и в ДЭС в качестве топлива используют добываемое сырьё – «сырую нефть (реже – дизельное топливо) или газ, отделяемый от нефтегазоводяной смеси. В качестве теплогенерирующих установок на месторождениях применяются водогрейные котлы. Часто электро- и теплоснабжение интегрированы в единый комплекс. Источник выброса загрязняющих веществ здесь всегда – дымовые трубы (организованные точечные)» [33].

«При работе ДЭС, из дымовой трубы выбрасываются двуокись азота, азот монооксид, сажа, диоксид серы, угарный газ, бензапирен, формальдегид, керосин. При работе ГПЭС перечень меньше: те же вещества, но без керосина, формальдегида, сажи, диоксида серы. Отдельно стоит отметить, что выбросы от котельных наиболее мощные – это обязывает тщательно подбирать как высоту, так и диаметр источника, чтобы грамотно провести нормирование» [33].

Шламонакопители, также известные как полигоны для хранения нефтесодержащих отходов, представляют собой специальные сооружения, предназначенные для безопасного накопления и хранения отходов, содержащих нефтепродукты и другие загрязняющие вещества. Эти отходы могут образовываться в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти, а также в результате аварий и утечек. Шламонакопители помогают предотвратить загрязнение окружающей среды, так как они изолируют отходы от почвы и водоемов, уменьшая риск их распространения. Для их проектирования и эксплуатации используются различные технологии, направленные на минимизацию воздействия на экосистему. Также важным аспектом является мониторинг состояния накопителей и их закрытия, чтобы избежать долгосрочного вреда для природы. «Загрязняющие вещества постепенно испаряются со всей площади шламонакопителя – выброс классифицируется как неорганизованный площадной (источником выброса

является весь шламонакопитель, а набор выбрасываемых веществ зависит от того, на какие виды отходов, согласно федеральному классификационному каталогу отходов, рассчитан тот или иной шламонакопитель). Реагенты, используемые при сборе и подготовке нефти, доставляются на месторождение в бочках. Под них обычно выделяют отдельную площадку и, по мере возникновения потребности, расходуют» [35].

Выбросы загрязняющих веществ в окружающее пространство происходят в основном при проведении налива или слива углеводородных продуктов или при вводе реагентов, но выбросы с мест хранения не должны учитываться при установлении нормирования выбросов, они должны суммироваться с выбросами от конкретного технологического устройства (учитывая объем реагента в каждой емкости).

«В ряде случаев на месторождении выделяют отдельную площадку под установку сжигания твёрдых и пастообразных малолетучих горючих нефтесодержащих отходов, образующихся при проведении работ, связанных с ликвидацией аварийных разливов нефти и их последствий (например, Форсаж-2М)» [19].

«В установке производится сжигание использованных сорбентов, которые допускаются для обезвреживания, а также промасленной тряпки, загрязненной растительности и грязных древесных материалов, соответствующих определенным размерам. Источником выбросов является дымовая труба (устроенный выброс в определенном месте), через которую в атмосферу выпускаются оксиды азота ( $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$ ), хлороводород ( $\text{HCl}$ ), серный ангидрид ( $\text{SO}_2$ ), угарный газ ( $\text{CO}$ ), газообразные фторорганические соединения, а также частицы твердых веществ. Следовательно, в процессе химической добычи нефти компанией ООО «Специализированное тампонажное управление» требуется использование высокотехнологичного оборудования, которое соответствует экологическим стандартам» [19].

Данная исследовательская работа представляет упрощенную схему используемого технологического оборудования, обеспечивающего добычу нефти, её подготовку для транспортировки, но вместе с тем, всё же можно без ущерба сути процесса проанализировать его и оценить уровень потенциального негативного влияния на атмосферный воздух. По представленной упрощенной схеме можно установить основное и вспомогательное оборудование, требующее особого внимания в процессе эксплуатации и при инвентаризации. Для такого оборудования указываются предельно допустимые выбросы, планируются мероприятия при неблагоприятных метеорологических условиях.

## **2.2 Контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов**

Согласно Федеральному закону «Об охране атмосферного воздуха»: «производства I, II, III категории воздействия на окружающую среду, для которых законодательно предусмотрен расчет нормативов допустимых выбросов, обязаны проводить производственный контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» [23].

На производственных объектах, которые испускают загрязняющие вещества в атмосферу, осуществляется регулирование выбросов на основе установленного расписания для проверки стационарных источников эмиссий. Целью данного контроля является обеспечение соблюдения индивидуально установленных предельно разрешенных норм выбросов для каждого предприятия.

Замеры и анализ выбросов загрязняющих веществ требуется проводить в следующих случаях:

- «при разработке проектов НДВ и СЗЗ;

- при проведении инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и их источников;
- при проведении производственного экологического контроля соблюдения нормативов допустимых выбросов на источниках загрязнения атмосферного воздуха (соблюдение плана-графика);
- для определения фактического объема выбросов для целей учета, составления отчетности 2-ТП (воздух) и расчета платы за негативное воздействие на атмосферный воздух (расчет платы за НВОС);
- при продлении разрешения на временно согласованные выбросы;
- по требованию государственного органа» [37].

Сведения о лицах, ответственных за проведение производственного контроля за охраной атмосферного воздуха, и об организации экологических служб на объектах хозяйственной и иной деятельности, а также результаты производственного контроля за охраной атмосферного воздуха представляются в соответствующий орган исполнительной власти, осуществляющий государственный экологический надзор в составе отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля.

«Периодичность контроля установленных величин НДВ зависит от класса опасности удаляемого вещества, стабильности технологического процесса, а также от того, насколько близка к нормативному значению НДВ величина фактического (или ожидаемого расчетного) выброса. Всего существует 4 категории. Для первой из них регулярность контроля составляет 1 раз в квартал, для второй — 2 раза в год, для третьей — 1 раз в год. Источники выбросов, относящиеся к четвертой категории, проверяют 1 раз в пять лет» [10].

Экологическое состояние включает:

- «объективную оценку существующего воздействия на окружающую среду по месторождению, в том числе при проведении технологических операций по переводу фонтанной добычи на ШГН;
- сбор и анализ проб почв и воды;
- изучение воздействия на флору и фауну» [4].

Ключевые действия по сокращению выработки загрязнителей и защите атмосферы во время эксплуатации месторождений включают в себя следующее:

- «использование современных новых технологий, а также современного нефтяного оборудования и строительной техники с минимальными выбросами в атмосферу;
- автоматизация системы противоаварийной защиты, предупреждающая образование взрывоопасной среды и других аварийных ситуаций, а также обеспечивающая безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние;
- своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов и профилактики технологического оборудования и трубопроводов» [4].

Для мониторинга загрязнения воздуха необходимо применять методы быстрого анализа и расчетные методы. Кроме того, каждый элемент и устройство в системе должны функционировать согласно установленным «техническим требованиям, общепринятым стандартам, правилам и рабочим инструкциям. В производственной среде обязательно должен вестись полный первичный учет, охватывающий как операции комплекса в общем, так и использование конкретного технологического и электротехнического оборудования, а также систем управления. Ведение учета работы отдельных установок осуществляется через вахтовые журналы и режимные карты» [1].

«В вахтовом журнале фиксируются все данные, касающиеся функционирования оборудования и обнаруженные неисправности. Записи в

этот журнал производят сотрудники смены, передающие обязанности следующей смене» [1]. Каждый сотрудник, прибывающий на свое рабочее место, должен ознакомиться с заметками в журнале для соответствующего оборудования или участка, чтобы понять особенности работы установки во время прошедшей смены.

Помимо этого, составляется отдельная карта для каждой активной установки. В эту карту каждые два часа вносят информацию о потреблении материалов и рабочих параметрах установки.

Применяемые технологии включают в себя использование более продвинутых методов и исключают возникновение массовых выбросов вредных веществ. В качестве примера можно привести процесс переработки нефти, который основывается на применении индукционного нагрева. Это позволяет предотвратить выделение вредных газов, таких как монооксид углерода, оксиды азота, диоксид серы и сажа, которые обычно образуются во время нагрева нефти в традиционных трубчатых печах. Кроме того, важным аспектом является обеспечение высокого уровня герметичности для колонн и теплообменного оборудования, а также постоянный мониторинг износа уплотнительных сальников и плотности фланцевых соединений.

Процесс управления технологией полностью автоматизирован. Все ключевые параметры контролируются через пульт управления оператором, обеспечивая быстрое реагирование на любые утечки оборудования. «Оборудование для теплообмена создано модульно, что уменьшает количество мест соединения фланцев. Чтобы защитить от испарений, емкости для временного хранения бензина и другие средние емкости окрашены в светоотражающие белые или серебристые цвета. Такая внутренняя и внешняя покраска уменьшает потери легких нефтепродуктов на 50-60 % при изменении объема в резервуарах. Более того, улучшенное покрытие очистных установок для сточных вод помогает уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу» [14].

Для использования в специфических обстоятельствах, таких как зимние периоды или при экстремальных метеорологических условиях, предназначены определенные программы действий.

«Мероприятия по охране воздушного бассейна на месторождениях и нефтеперерабатывающих (-газо) предприятиях должны быть направлены на повышение культуры производства, строгое соблюдение технологического режима, усовершенствование технологии с целью снижения газообразования, максимальное использование образующихся газов, уменьшение потерь углеводородов на объектах, сокращение выбросов вредных веществ в период неблагоприятных метеоусловий, разработку и усовершенствование методов контроля и очистки выбросов в атмосферу» [15].

#### Выводы по второму разделу

Во втором разделе магистерской диссертации представлены общие сведения о предприятии, характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха, проанализирован контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов, а также разработана автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Сфера деятельности рассматриваемого предприятия на всех этапах производства (добыча, переработка, транспортировка) обладает повышенным уровнем рисков нанесения вреда окружающей среде. Причин этому много, например, разливы углеводородных продуктов, отходы переработки и бурения скважин, загрязнение воды нефтепродуктами, используемые в технологиях опасные химические соединения и многое другое, что несет потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Процесс добычи нефти связан с выбросом в атмосферу загрязняющих компонентов. Эти выбросы оказывают влияние на здоровье рабочих нефтяных месторождений и, посредственно, на окружающую среду, включая

тундровые и лесотундровые экосистемы, где активно ведётся разработка месторождений, даже если они расположены далеко от населённых пунктов.

В ООО «Специальное тапонажное управление» осуществляется регулирование выбросов на основе установленного расписания для проверки стационарных источников эмиссий. Целью данного контроля является обеспечение соблюдения индивидуально установленных предельно разрешенных норм выбросов для каждого предприятия.

Для контроля за соблюдением установленных нормативов выбросов в организации применяются методы быстрого анализа и расчетные методы. Кроме того, каждый элемент и устройство в системе функционируют согласно установленным техническим требованиям, общепринятым стандартам, правилам и рабочим инструкциям. Ведение учета работы отдельных установок осуществляется через вахтовые журналы и режимные карты.

### **3 Анализ и оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки**

#### **3.1 Результаты внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки**

Чрезмерно высокая концентрация различных опасных токсичных соединений и промышленных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, вызванная массовой эмиссией значительных объемов вредных выбросов от дымов и газов промышленными производственными объектами, несомненно оказывает достаточно неблагоприятное и вредное влияние на здоровье большого числа местного населения и характеристики их жизненной среды обитания. С другой стороны, забота таких крупных промышленных предприятий о состоянии окружающей биосферы и природной среды обитания положительно сказывается на снижении общественной напряженности в местных сообществах, повышает имидж и репутацию таких организаций на региональном рынке, улучшает общую привлекательность мест для трудоустройства местного населения, что в свою очередь положительно влияет и на их общую рыночную стоимость.

Непрерывный мониторинг количества и точного химического состава любых вредных продуктов выбросов и сбросов, неизбежно извергаемых в окружающую среду в виде эмиссии и стоков в ходе всякой производственной деятельности на таких крупных промышленных объектах, является вполне необходимым и обязательным условием для постоянного контроля и оценки фактической техногенной нагрузки и воздействия на ландшафты и здоровье местного населения. Данный процесс включает в себя автоматизированное измерение, мониторинг и фиксацию всех ключевых показателей эмиссии и сбросов, а затем систематическую передачу и внесение всей полученной

информации в единый государственный электронный реестр объектов с негативным антропогенным воздействием.

Согласно изменениям, внесенным в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7, «данные измерения осуществляются с помощью систем автоматического контроля» [24].

Комплексные системы постоянного автоматизированного мониторинга и контроля за фактическими объемами всех видов эмиссий и сбросов загрязняющих веществ должны функционировать в строгом соответствии со всеми детальными требованиями и положениями, тщательно сформулированными в рамках соответствующей статьи 67 Федерального закона №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Кроме того, специально для всех крупных промышленных предприятий и объектов, отнесенных к первой наиболее значимой категории и включенных в утверждаемый Правительством РФ список с учетом их высокой технологической сложности и потенциальной опасности, дополнительно разрабатывается и утверждается отдельная специальная программа по созданию или наличию полноценной автоматизированной системы такого постоянного контроля и мониторинга.

Данная дополнительная обязательная программа должна тщательно идентифицировать все основные стационарные источники всех видов эмиссий и сбросов на таких объектах с их подробной характеристикой, а также предусматривать их полный непрерывный автоматизированный контроль и мониторинг со всеми деталями о местах установки всего необходимого измерительного и контрольного оборудования, сроках его ввода в эксплуатацию и работоспособности, технических способах фиксации, обработки и передачи всех показаний и параметров в единый государственный электронный реестр объектов с негативным антропогенным воздействием.

Возложенные на промышленные предприятия обязанности по разработке и созданию систем автоматизированного экологического мониторинга подкреплены жесткими сроками их внедрения. По истечении

четырёх лет с момента выдачи комплексного природоохранного разрешения, предусматривающего организацию системы контроля, наличие таковой является обязательным условием дальнейшей эксплуатации производственных мощностей. Следует отметить, что данный срок может быть продлен лишь в случае доказанной невозможности технической реализации компонентов мониторинга в связи с отсутствием необходимых измерительных приборов или программного обеспечения на рынке. При этом компания должна предоставить график работ по разработке и внедрению системы контроля, а также обеспечить промежуточный мониторинг путем ручного отбора проб до ее ввода в эксплуатацию.

Системы автоматического контроля выбросов и сбросов включают:

- «программное обеспечение;
- технические устройства лица, эксплуатирующего объект ОНВ;
- программные средства реестра данных об объектах ОНВ;
- программные средства собственника должны передавать информацию от средств измерений в реестр и сохранять эту информацию в течение не менее 1 года. Программные средства реестра, то есть государственные, принимают данные от автоматической системы контроля выбросов и сбросов, учитывают их и хранят в течение не менее 7 лет» [6].

Перечень включен в Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262. Необходимость создания появляется, когда стационарные источники выбросов на объекте ОНВ соответствуют критериям:

- «оборудование, от которого идут выбросы, входит в список из 23 пунктов различных технических устройств, определённый Распоряжением Правительства от 13.03.2019 № 428;
- выбросы от этих источников превышают лимиты, указанные для ключевых веществ в кг/час в пункте 8 Постановления № 262. Среди этих веществ – взвешенные вещества, оксиды азота, оксид углерода, фтористый и хлористый водород, сероводород и аммиак;

- для измерения указанных веществ в условиях конкретных источников выброса существуют соответствующие методы и средства.
- условия необходимости создания системы автоматического контроля сбросов для стационарных источников:
- сбросы идут от технических устройств;
- объем сброса источника, который нужно контролировать, составляет от 15% от общего объема сброса воды от объекта ОНВ;
- наличие средств и методов измерения (так же, как и с выбросами)» [26].

Правила также установлены Постановлением № 262. Согласно правилам, она может создаваться как единая, так и отдельно по выбросам, отдельно по сбросам.

Задачи автоматических систем контроля:

- «оснащение источников выброса и сброса автоматическими средствами измерения и учета показателей, средствами фиксации и передачи информации в реестр объектов ОНВ;
- получение достоверной информации о загрязнениях;
- передача в реестр полученных данных;
- повышение оперативности регулирования технологических процессов, чтобы снижать выбросы и сбросы» [26].

В Постановлении определены этапы создания системы автоматического контроля выбросов и сбросов:

- «определить, какие источники будут контролироваться, удостовериться, что технически это возможно, выбрать контролируемые параметры, методики, средства контроля, места их установки;
- разработать и утвердить программу создания системы;
- спроектировать указанную систему (утвердить место монтажа на технологической установке, на газоходах труб для выбросов или на

последнем участке трубы перед сбросом воды в водный объект для сбросов сточных вод);

- поставка и монтаж оборудования в соответствии с проектной и технической документацией;
- приемка в присутствии представителей Росприроднадзора, пломбирование и эксплуатация» [26].

Показатели, информация о которых поставляется в реестр, в плане выбросов в атмосферу:

- «концентрация веществ;
- объемный расход газов;
- давление;
- температура;
- содержание кислорода;
- влажность газов» [15].

Показатели, которые должны фиксировать автоматические системы контроля сбросов:

- «объемный расход воды;
- температура;
- водородный показатель;
- ХПК по ряду веществ в сточных водах» [26].

Перечень производственных объектов и технологического оборудования, для которых в обязательном порядке требуется вести учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух посредством непрерывных измерений с использованием АСК, установлен законодательством. Для нефтепереработки это технологические печи первичной и глубокой переработки, печи дожига газов, а также стационарные источники с суммарным валовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух более 100 тонн в год. Наши автоматизированные системы контроля обеспечивают непрерывное диагностирование выбросов таких загрязняющих веществ и парниковых

газов, как диоксид азота, серы, углерода, оксид углерода, сероводород. В планах — измерение твердых частиц.

Автоматизированная система контроля измеряет физические параметры (скорость, температуру, давление) дымовых газов в трубах, отбирает пробы и передает их в шкаф газового анализа для оценки химического состава газа.

Необходимо отметить, что мониторинг выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов проводится при тесном взаимодействии служб завода, отвечающих за техническое обслуживание и ремонт аналитического, вспомогательного оборудования, различных систем, сетей электроснабжения АСК, занимающихся программным обеспечением АСК, поверкой средств измерения, передачи данных в Республиканскую информационную систему автоматизированного мониторинга окружающей среды и др.

Прежде всего системы постоянного автоматизированного мониторинга и контроля фактических объёмов всех видов антропогенных эмиссий и различных загрязняющих выбросов и выпусков в окружающую среду должны быть в первоочередном порядке установлены и внедрены на крупнейших заводах и предприятиях нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, металлургической промышленности, а так же на мощных энергетических объектах, где объёмы вредных выбросов являются самыми значительными.

Эффективная постоянная реализация такого всеобъемлющего автоматизированного мониторинга за объемами всех видов антропогенных эмиссий на каждом конкретном промышленном предприятии или производственном объекте позволяет в полной мере снизить любые потенциальные риски наложения существенных административных штрафов и санкций со стороны органов государственного экологического контроля, а также дает точную оценку реальной целесообразности и эффективности внедрения наиболее прогрессивных экологически чистых, ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов и решений, направленных в

первую очередь на неуклонное повышение общего уровня экологичности всего производственного процесса. Данная мера, естественно, способствует полному соблюдению всей совокупности жестких требований действующего природоохранного законодательства и улучшению общего имиджа организации как социально и экологически ответственного производителя среди всех заинтересованных стейкхолдеров.

Преимущества внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ:

- «облегчение процедуры получения комплексных экологических разрешений;
- предприятие, внедряющее системы мониторинга выбросов, сильно снижает риски штрафов и повышенного внимания надзорных органов;
- постоянный мониторинг выбросов дает возможность оценивать целесообразность внедрения прогрессивных технологий, направленных на повышение экологической безопасности производственного процесса;
- внедрение систем экологического мониторинга и следующие за этим мероприятия по снижению выбросов ведут к улучшению экологической ситуации не только на территории предприятия, но и в ближайших населенных пунктах» [30].

Измерение валовых выбросов в дымовых газах является сложной задачей вследствие следующих факторов:

- «большие диаметры дымовых труб и как следствие трудности соблюдения требований к прямым участкам для установки расходомеров и анализаторов пыли;
- необходимость согласования врезок на дымовых трубах, строительство площадок обслуживания;
- монтаж и обслуживание оборудования, установленного на трубах, связано с высотными работами;

- часто встречающееся высокое содержание твердых частиц (сажи, пыли), которое осаждается на установленном оборудовании;
- низкая плотность среды;
- часто встречающиеся низкая скорость и высокая температура потока» [13].

Недостатки существующих и часто предлагаемых на рынке систем контроля:

На самом деле, под предлагаемой автоматизированной системой контроля уровней загрязнения окружающей среды на промышленных предприятиях подразумевается исключительно аналитический мониторинговый модуль, позволяющий осуществлять непрерывный химико-аналитический контроль только за концентрациями всех вредных примесей и загрязняющих веществ в газо- и жидкостных средах. Однако для получения полноценных количественных данных по фактическим объемным показателям всех видов эмиссий и сбросов в атмосферу и гидросферу, помимо постоянного аналитического мониторинга, необходимы также точные измерения реальных расходов всех потоков газов и стоков, приведенных к нормальным условиям, а также программно-аппаратный блок вычисления итоговых значений всех показателей эмиссий и их регистрации для передачи в единый государственный реестр.

При этом нормирование метрологических характеристик такой системы ограничивается лишь оценкой погрешностей отдельных аналитических измерительных приборов, при этом совокупная погрешность всего технического комплекса системы мониторинга в целом не учитывается и не определяется ее разработчиками. Для объективного комплексного контроля всех количественных показателей эмиссий и точной оценки их фактических величин целесообразно включить в состав такой системы дополнительные блоки измерения объемных расходов всех потоков и вычисления итоговых значений, а также определить и учесть совокупную погрешность всего технического комплекса в целом.

Использование в качестве источников данных по концентрациям вредных веществ аналитических систем:

- «базирующихся на ненадежных принципах измерения, таких как электрохимия;
- имеющих длительный цикл измерений, при котором не обеспечивается непрерывность, такие как хроматография;
- использующих не прямые измерения с ненормированной погрешностью результата – конвертеры» [16].

Базовые требования к автоматическим системам мониторинга выбросов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Базовые требования к автоматическим системам мониторинга выбросов

| Достоверность                                                                                                    | Надежность                                                                                                                                                                                                            | Низкая стоимость владения                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Опробованные методики<br>Высокая стабильность и достоверность измерения<br>Самодиагностика<br>Удаленный контроль | Тщательно выполненный инжиниринг<br>Обследования и предварительные проработки<br>Доступность сервиса<br>Доступность запчастей<br>Открытое программное обеспечение<br>Простота методик измерения<br>Обучение персонала | Использование качественных комплектующих<br>Авторское сопровождение<br>Сервисные контракты<br>Высокая наработка на отказ<br>Длительный меж-поверочный интервал<br>Система самодиагностики |

При создании систем автоматизированного контроля выбросов (САКВ) в первую очередь учитываются следующие требования:

- «система должна работать в автоматическом, в непрерывном, круглосуточном режиме;
- все данные, необходимые для расчета величины валовых выбросов получаются на основании прямых инструментальных методов;

– система в целом и ее компоненты должны соответствовать  
Российскому законодательству об обеспечении единства измерений»  
[5].

Выбор оборудования и методов должен быть экономически обоснован, то есть при не высоких капитальных вложениях должна быть высокая надежность в работе на протяжении длительного времени, простота и удобство обслуживания, невысокие эксплуатационные расходы.

Рассмотрим способы химического анализа дымовых газов в таблице 3.

Таблица 3 – Способы химического анализа дымовых газов

|                        | Электрохимические сенсоры | ИК спектрофотометры с Фурье преобразованием              | Серийные ИК фотометры (холодный, сухой) | Лазерные фотометры (горячий, влажный) |
|------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| Стоимость оборудования | Низкая                    | Очень высокая                                            | Средняя                                 | Средняя                               |
| Стоимость владения     | Очень высокая             | Очень высокая                                            | Низкая                                  | Очень низкая                          |
| Достоверность          | Низкая                    | Низкая из-за очень высокой перекрестной чувствительности | Высокая при использовании сухой пробы   | Высокая                               |
| Надежность             | Низкая                    | Низкая из-за высокой сложности основных модулей          | Высокая                                 | Высокая                               |
| Опыт применения        | Отсутствует               | Ограниченный                                             | Большой                                 | Большой                               |

Среди современных инструментальных методов химического анализа состава различных газовых сред и выбросов наибольшей распространенностью и популярностью пользуются методы, основанные на применении высокоточной инфракрасной спектроскопии и лазерной фотометрии. Данные методики анализа обладают высочайшей степенью достоверности и точности получаемых результатов, а также относительно невысокими затратами на приобретение и последующее техническое

обслуживание соответствующего лабораторного аналитического оборудования. Это делает их весьма доступными и экономически эффективными решениями для оснащения систем непрерывного мониторинга на различных промышленных предприятиях.

ПГ «Метран» предлагает на рынок целые комплексы высокоточного лабораторного и автоматизированного оборудования, полностью соответствующие всем действующим российским требованиям и нормативным актам по обязательному государственному контролю за фактическими объемами различных вредных эмиссий в атмосферу от деятельности промышленных предприятий. Современные методики автоматизированного непрерывного мониторинга, реализованные в данных комплексах, позволяют осуществлять контроль уровней всех видов загрязнений в режиме реального времени и своевременно анализировать все получаемые цифровые данные с минимальным влиянием человеческого фактора, что обеспечивает возможность принимать самые своевременные управленческие решения для строгого соблюдения всех установленных природоохранных нормативов.

Система мониторинга валовых выбросов ПГ «Метран» строится на базе оборудования, соответствующего наилучшим доступным технологиям.

«Экстрактивный анализ на холодной (сухой) и горячей (влажной) основе. Анализаторы серии СТ5000 используются для влажного метода и объединяют в себе технологии квантово-каскадных лазеров и перестраиваемых диодных лазеров. Позволяет одновременно измерять до 12 компонентов. Исполнение корпуса анализатора может быть для установки в 19-дюймовую стойку, настенного монтажа полевого и взрывозащищенного исполнения.

Анализаторы для сухого метода X-Stream имеют ряд модификаций и позволяют проводить определение одновременно до 5 компонентов. Возможно использование ячеек, работающих на принципах инфракрасной, ультрафиолетовой фотометрии, теплопроводности и использование

парамагнитной ячейки для определения концентрации кислорода. Ячейки могут использоваться как в последовательном соединении, так и параллельном. Исполнение корпуса анализатора может быть для установки в 19-дюймовую стойку, настенного монтажа, а также общепромышленного или взрывозащищенного исполнения» [36].

Аналитические газовые хроматографы-масс-спектрометры серии MLT, разработанные компанией «Метран», успешно зарекомендовали себя на многочисленных производственных и исследовательских объектах различных отраслей промышленности, включая крайне важные и ответственные задачи постоянного контроля и мониторинга состава выхлопных газов самых мощных авиационных двигателей.

Для полноценных измерений фактических объемных расходов всех потоков газов и выбросов на промышленных объектах могут быть использованы следующие основные методы: установка трубчатых участков с дифференциальными датчиками давления, специализированные интегрированные ультразвуковые датчики объемного расхода или индивидуально подобранные и аттестованные методы конкретно для каждого потока в случае отсутствия прямых участков с ровным потоком.

Применяются высокоточные датчики измерения давления и температуры с встроенной системой постоянного контроля работоспособности и диагностики параметров. Возможно использование блочно-модульных преобразователей с двойными температурными датчиками серии 3144P для повышения достоверности показаний.

Лазерные пылетестеры оснащаются оптическими фильтрами и системой подачи защитного потока воздуха для предохранения оптических элементов от засорения и загрязнений в условиях производства.

Контроллеры отличаются высоким уровнем защищенности от несанкционированного доступа, а также способны работать в экстремальных условиях, включая взрывоопасные зоны и температуры до минус 40 градусов без дополнительного обогрева.

Современная и гибкая система SCADA:

- «поддержка масштабируемой и резервируемой архитектуры управления из нескольких АРМ;
- поддержка русского языка;
- удаленная диагностика КИП по HART при наличии AMS;
- возможность создавать отчеты в разных форматах (XLS, PDF, HTML);
- легкая интеграция с другими системами посредством OPC-DA, ODBC и SQL;
- поддержка резервирования сервера;
- кибербезопасность обеспечиваемая ежемесячным тестированием антивирусного ПО и Windows patches и соответствием IEC62443» [36].

Система обеспечивает решение следующих задач:

- «круглосуточная работа в автоматическом режиме, в соответствии со стандартными методиками измерений;
- измерение в точке отбора пробы концентраций токсичных газов, расхода, температуры и давления в режиме онлайн расчет валовых выбросов, хранение;
- визуализация и передача информации органам экологического контроля и в системы верхнего уровня
- надежность и простота в эксплуатации» [36].

Промышленная группа «Метран», предлагает технические предложения мониторинга загрязняющих выбросов в окружающую среду на основе нормативных требований, установленных законом и с учетом бюджетных ограничений. В первую очередь предоставляемые средствами мониторингов данные должны быть достоверными, сами средства – надежными, просты в обслуживании, имели длительный срок работоспособности.

Решение по мониторингу выбросов включает:

- «измерение химического состава и концентрации компонентов отходящих газов;
- измерение содержания пыли;
- измерение температуры, абсолютного давления и мгновенного расхода дымовых газов;
- контроллеры и специальное программное обеспечение для сбора, обработки и хранения информации» [36].

Комплексная автоматизированная система постоянного мониторинга и контроля уровней загрязнения окружающей среды, разработанная специалистами ПГ «Метран», полностью соответствует всем самым жестким требованиям законодательства к проведению непрерывных измерений фактических объемов всех видов выбросов и сбросов промышленных предприятий в атмосферу и гидросреду (рисунок 9).

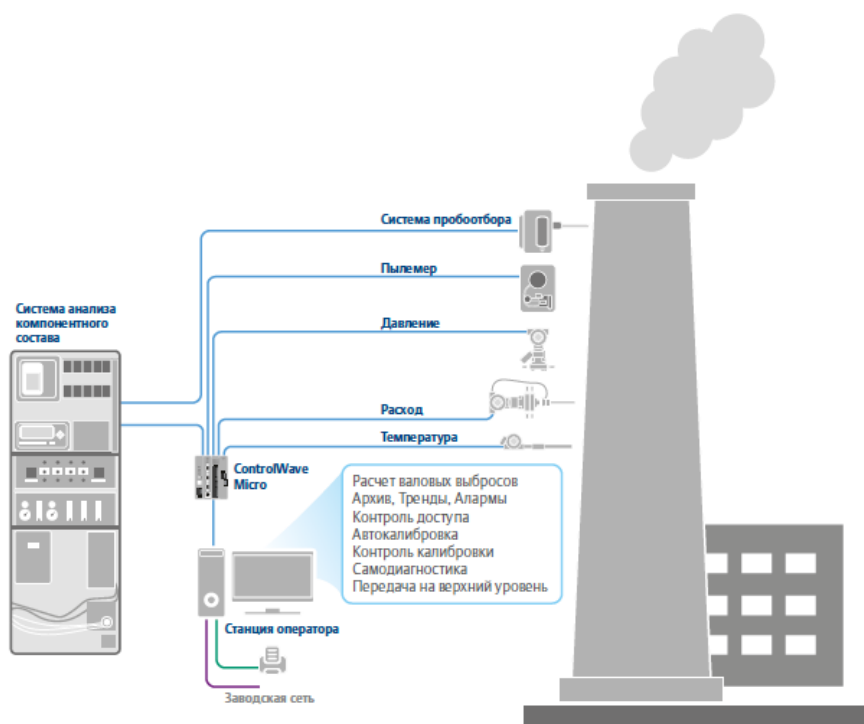


Рисунок 9 – Комплексная автоматизированная система постоянного мониторинга и контроля уровней загрязнения окружающей среды, разработанная специалистами ПГ «Метран»

Мощный инженеринговый потенциал компании позволяет обеспечить полный цикл сопровождения любых экологических проектов - от комплексной диагностической оценки всех источников загрязнений на промышленном объекте и до разработки оптимального решения, пуско-наладочных работ по внедрению и долгосрочного технического обслуживания системы мониторинга.

Решение для каждого конкретного промышленного производства разрабатывается с учетом индивидуальных особенностей предприятия на основе результатов всесторонней экспертно-технической оценки. Гарантированное сервисное обслуживание и фиксированные цены на все запасные комплектующие гарантируют стабильную, надежную и эффективную работу системы на протяжении долгих лет, полностью удовлетворяя при этом все запросы заказчиков.

Рассмотрим состав оборудования, которое входит в состав автоматизированная система постоянного мониторинга и контроля уровней загрязнения окружающей среды ПГ «Метран» (рисунки 10-14).



Рисунок 10 – Анализаторы СТ5000

«Лазерные фотометры на основе диодных и квантовых каскадных лазеров. Измерение до 12 компонентов одновременно. Высокая точность с широким динамическим диапазоном, низкие требования к техническому обслуживанию и длинный жизненный цикл» [36].



Рисунок 11 – Анализаторы ALT и X-Stream

«Решение, проверенное на тысячах применений. Оптимальны для анализа многокомпонентных газовых смесей. Используется не дисперсионная инфракрасная и ультрафиолетовая фотометрия, парамагнитная ячейка для определения кислорода, сенсор теплопроводности. Одновременное измерение до пяти компонентов в различных комбинациях» [36].

«Оптимальны для анализа многокомпонентных газовых смесей. Используется не дисперсионная инфракрасная и ультрафиолетовая и видимая фотометрия, парамагнитная и электрохимическая ячейка для определения кислорода, сенсор теплопроводности. Одновременное измерение до пяти компонентов в различных комбинациях» [36].



Рисунок 12 – Интеллектуальные средства измерения Rosemount

«Широкая линейка приборов для измерения абсолютного давления, температуры, расхода на основе перепада давления. Поставка

ультразвуковых, термодифференциальных, а также расходомеров, работающих на других принципах от ведущих производителей» [36].

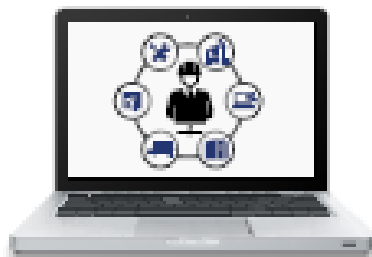


Рисунок 13 – Программное обеспечение OpenEnterprise

«Современная SCADA, поддерживающая множество интерфейсов для связи, удобные средства визуализации, включая библиотеку шаблонов, удобные инструменты для генерации отчетов» [36].



Рисунок 14 – Контроллеры ControlWave

«Надежные контроллеры, с возможностью работы во взрывоопасных зонах. С высоким уровнем защиты от несанкционированного доступа» [36].

АО «АтлантикТрансгазСистема» (АО «АТГС») предлагает «комплексные решения для экологического мониторинга, основанные на современных программно-технических средствах. Они обеспечивают круглосуточный непрерывный контроль уровней выбросов опасных примесей в атмосферу и стоков в водные объекты на промышленных предприятиях энергетики, металлургии, нефтехимии и других отраслях.

Кроме того, обеспечивается мониторинг экологической обстановки в зонах, прилегающих к опасным производственным объектам» [8].

Системы, построенные на основе высокотехнологичной продукции АО «АТГС» и партнеров, способствуют внедрению экологически безопасных технологических процессов и снижению объемов выбросов парниковых газов в атмосферу. Данное направление деятельности компании способствует решению актуальных задач по соблюдению природоохранного законодательства и обеспечению экологической безопасности регионов.

Функционал АСКВ:

- «измерение мгновенных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водоемы;
- прием измеренных мгновенных и интегральных значений выбросов от других источников;
- расчет мгновенных и интегральных значений выбросов и сбросов от технологических установок и по предприятию;
- отображение информации на мониторах АРМ эколога;
- ведение архивов, построение трендов, отчетов;
- предоставление данных по выбросам в систему управления (web-интерфейс, ODBC, SOAP, OPC);
- передача данных по выбросам в контрольные органы» [8].

Современные автоматизированные системы непрерывного контроля объемов промышленных выбросов (АСКВ) и комплексы автоматизированного экологического мониторинга (АЭСМ) создаются по высокотехнологичной многоуровневой архитектуре с применением принципов территориально-распределенной автоматизированной процессорной структуры.

На нижнем, исполнительском уровне задействуются высокоточные измерительные датчики и аналитические измерители от ведущих мировых производителей – газоанализаторы, пылеизмерители, датчики параметров газовых и жидких потоков.

На промежуточном уровне выступают шкафы автоматики на базе промышленных PLC-контроллеров серии СТН-3000-Р компании «АтлантикТрансгазСистема», собирающие информацию с нижележащего уровня и передающие ее на верхний (рисунок 15).

Верхний уровень представлен многофункциональным программным комплексом СПУРТ-Р, интегрированным с автоматизированной системой управления производственными процессами предприятия и обеспечивающим централизованный сбор, хранение, обработку и анализ данных экологического мониторинга.

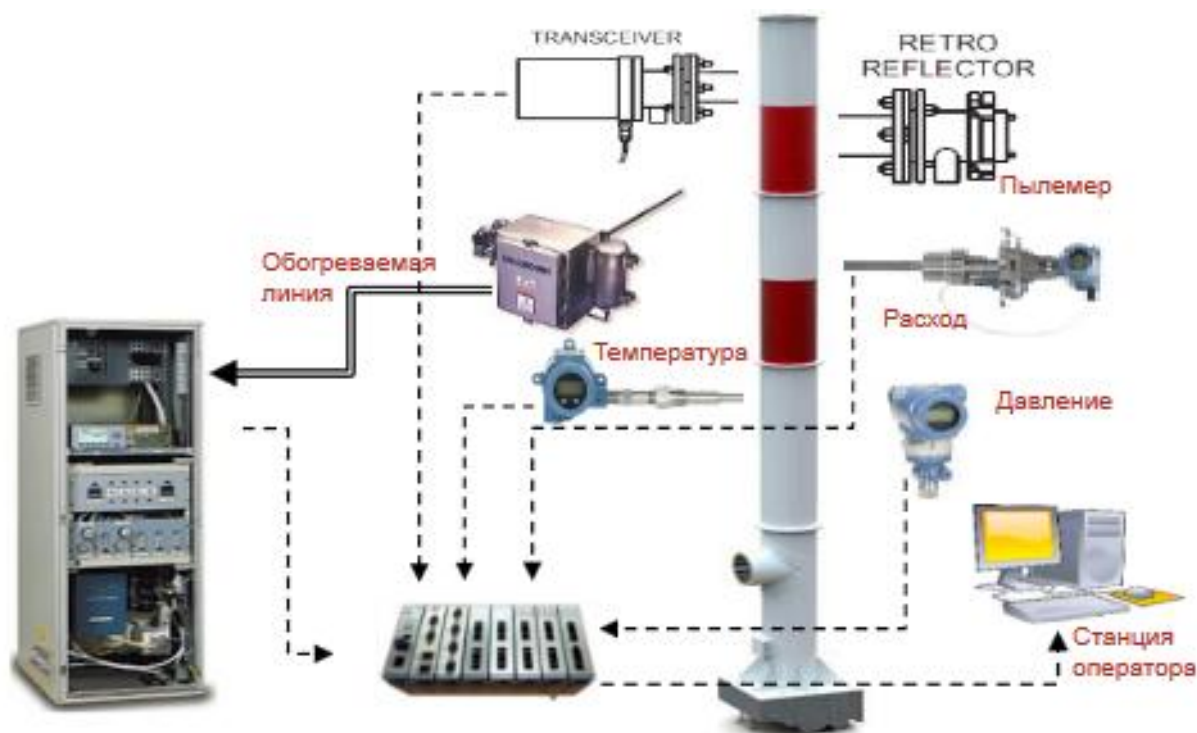


Рисунок 15 – Промышленные PLC-контроллеры серии СТН-3000-Р компании «АтлантикТрансгазСистема»

В качестве вредных (загрязняющих) веществ взяты: «взвешенные вещества, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, углерода оксид, хлористый водород, мышьяк и его соединения» [1].

Показатели выбросов и средства их автоматического контроля показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели выбросов и средства их автоматического контроля

| Показатели выбросов                               | Средства автоматического контроля                                                                                                           |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Концентрации загрязняющих веществ отходящих газов | «Стационарные многоканальные автоматические газоанализаторы с принудительным отбором проб, оптические пылемеры, спектрометры аэрозолей» [1] |
| Объемный расход отходящих газов                   | «Автоматические измерительные системы скорости потока, объемного расхода» [1]                                                               |
| Температура и давление отходящих газов            | «Поточные датчики температуры и давления» [1]                                                                                               |
| Содержание кислорода и влажность отходящих газов  | «Автоматизированные измерительные системы концентрации кислорода, паров воды» [1]                                                           |

При создании АСКВ и АСЭМАО «АТГС» выполняет полный комплекс работ, включая:

- «исследовательские и проектные работы, привязку объекта, разработку прикладного программного и информационного обеспечения;
- разработку и производство средств автоматизации;
- комплектную поставку программно-технических комплексов (ПТК);
- настройку систем на полигоне и проведение заводских приемосдаточных испытаний;
- монтаж, пуско-наладку и сдачу систем под ключ;
- обучение персонала, гарантийное обслуживание систем» [8].

Итак, предназначение автоматизированной системы мониторинга и контроля за выбросами загрязняющих веществ заключается в постоянном сборе данных, последующей их обработки, в определении состава загрязнения, в анализе состояния экосистемы. Основным достоинством таких систем является достоверность, полнота и своевременность информации, за счет чего обеспечивается оперативное проведение мероприятий в экстренных

случаях, анализируются данные для выстраивания политики сохранения природных богатств и здоровья населения региона.

### **3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки**

Рассмотрим примерный расчёт затрат на полное проектирование и монтаж комплексной автоматизированной системы постоянного экологического мониторинга для крупного объекта нефтепереработки с четырьмя основными точками выброса различных загрязняющих веществ (оксидов азота, монооксида углерода и диоксида серы) в атмосферу.

Изучение современного рынка оборудования для таких систем показало, что средняя стоимость комплектации и оснащения одного полностью автоматизированного стационарного поста контроля (АСПК) с применением высокоточных газоанализаторов серии МАГ-СТ отечественного производства, включая блочно-модульный блок-контейнер, систему отбора и транспортировки проб дымовых газов, набор газоаналитических приборов, датчиков температуры и скорости потока, оборудование для продувки отборных зондов, программно-аппаратный комплекс управления и контроля, средства калибровки, ЗИП на 3 года составляет 9 487,400 тыс. рублей с НДС.

Исходя из этого, общий объём расходов на создание предлагаемой автоматизированной системы экологического мониторинга с четырьмя постами контроля составит приблизительно 68 339,60 тыс. рублей, в том числе на закупку всего необходимого оборудования – 37949,60 тыс. рублей.

Данные стоимости приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы работ и затраты

| Наименование работ                                                 | Срок выполнения | Затраты, тыс.руб. |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Проектирование                                                     | 7 месяцев       | 9990,00           |
| Закупка и поставка оборудования, включая специальное ПО            | 6 месяцев       | 37949,60          |
| Строительно-монтажные работы                                       | 7 месяцев       | 12100,00          |
| Пуско-наладочные работы отдельных элементов и всей системы в целом | 4,5 месяца      | 6500,00           |
| Опытная эксплуатация                                               | 0,5 месяца      | 1800,00           |
| Обучение персонала предприятия                                     | 0,5 месяца      | -                 |
| Сдача системы заказчику в эксплуатацию                             | 0,5 месяца      | -                 |
| Итого                                                              | 20 месяцев      | 68339,60          |

Сравним стоимость затрат по прейскуранту Центра лабораторного анализа и технических измерений, данные приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Стоимость работ по контролю выбросов загрязняющих веществ

| Наименование услуги              | Определяемая характеристика | Ед. изм. | Метод измерения | Цена, без НДС, руб. | Цена с НДС, руб. |
|----------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|---------------------|------------------|
| Промышленные выбросы в атмосферу | Оксид азота (IV)            | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |
|                                  | Оксид углерода (II)         | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |
|                                  | Диоксид серы                | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |
|                                  | Температура газового потока | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |
|                                  | Скорость газового потока    | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |
|                                  | Разряжение газового потока  | шт.      | Газоанализатор  | 863,25              | 1035,90          |

В соответствии с разработанным и утвержденным в установленном порядке годовым производственным графиком экологического мониторинга за состоянием окружающей среды на объекте нефтепереработки, запланировано проведение пробно-измерительных работ и отбора контрольных проб на всех четырёх основных точках выбросов загрязняющих веществ в атмосферу один раз в квартал, в соответствии с действующими нормативными требованиями.

В соответствии с проведённым технико-экономическим расчётом, общая предварительная стоимость закупки и установки всего необходимого технологического оборудования и автоматизированного измерительного комплекса для оснащения одного источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в рамках разработанной программы экологического мониторинга составит 68 339,6 тыс. рублей, из них на приобретение современного приборно-измерительного оборудования – 37 949,6 тыс. рублей.

Для предварительной оценки окупаемости затрат рассмотрим следующий вариант: если имеющаяся на предприятии аккредитованная лаборатория экологического анализа и контроля будет еженедельно, круглогодично в течение всего календарного года осуществлять отбор проб и химико-аналитические исследования с каждой из четырёх точек выбросов два раза в сутки (утром и вечером), то общие расходы на проведение таких регулярных лабораторных работ будут значительно ниже суммарных затрат на разработку и внедрение полноценной автоматизированной системы непрерывного экологического мониторинга.

Данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Количество замеров выбросов за год

| Определяемая характеристика | Цена, с НДС, руб. | Кол-во измерений, шт. | Итого, руб.  |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|
| Оксид азота (IV)            | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Оксид углерода (II)         | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Диоксид серы                | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Температура газового потока | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Скорость газового потока    | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Разряжение газового потока  | 1035,90           | 672                   | 696 124,80   |
| Итого для одного объекта    |                   | 4032                  | 4 176 748,8  |
| Итого для четырех объектов  |                   |                       | 16 706 995,2 |

По предварительным расчётам стоимости проведения регламентных производственных экологических измерений на источниках лабораторией

ЦЛАТС в соответствии с действующим прейскурантом услуг, годовые расходы на обслуживание одного объекта контроля составят 4 176 748,8 рублей. Соответственно для четырех объектов сумма составит 16 706 995,2 рублей.

Рассчитаем экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_r$  – годовой экономический эффект, руб.;

$Y$  – величина потерь организации при регламентных производственных экологических измерений на источниках лабораторией ЦЛАТС, руб.;

$Z$  – затраты на реализацию мероприятия, руб.

$$\mathcal{E}_{r1} = 16706995,2 - 68339600 = -51632605 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{r2} = 16706995,2 - 51632605 = -34925609 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{r3} = 16706995,2 - 34925609 = -18218614 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{r4} = 16706995,2 - 18218614 = -1511619 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{r5} = 16706995,2 - 1511619 = 15195376 \text{ руб.}$$

Результаты расчет экономической эффективности предлагаемого мероприятия представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

| Наименование показателей | Значение показателей по годам, руб. |           |           |          |          |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
|                          | 1                                   | 2         | 3         | 4        | 5        |
| Капитальные вложения     | 68339600                            | 0         | 0         | 0        | 0        |
| Ежегодные затраты        | -                                   | 0         | 0         | 0        | 0        |
| Эффект                   | -51632605                           | -34925609 | -18218614 | -1511619 | 15195376 |
| Срок окупаемости         | 5 лет                               |           |           |          |          |

Исходя из этих данных, срок окупаемости подобной крупной автоматизированной системы экологического мониторинга при отсутствии

инфляции и роста тарифов на услуги лабораторного обслуживания составит около 5 лет. Тем не менее, внедрение такой системы позволит значительно повысить качество и оперативность экологического контроля.

Тем не менее, несмотря на достаточно длительный срок окупаемости подобных крупных инвестиционных проектов по созданию автоматизированных систем непрерывного экологического мониторинга на промышленных объектах, их внедрение является весьма перспективным и целесообразным направлением. Прежде всего, это позволит существенно повысить точность и оперативность контроля за фактическими выбросами загрязняющих веществ, обеспечить их полную учётность и соответствие установленным предельно допустимым концентрациям. Кроме того, это гарантирует соблюдение всей нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды и позволит снизить риск экологических штрафов и приостановки производства в случае возможных эксцессов. В перспективе такие инвестиции окупят себя за счёт повышения общей экологической безопасности и устойчивого развития промышленного предприятия.

#### Выводы по третьему разделу

В третьем разделе магистерской диссертации представлены результаты внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки и дана оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Предлагается проектирование и монтаж комплексной автоматизированной системы постоянного экологического мониторинга для крупного объекта нефтепереработки (в нашем случае ООО «Специальное таможенное управление») с четырьмя основными точками выброса различных загрязняющих веществ (оксидов азота, монооксида углерода и диоксида серы) в атмосферу.

Комплексная автоматизированная система постоянного мониторинга и контроля уровней загрязнения окружающей среды представляет собой

систему, предназначенную для систематического сбора, обработки и анализа данных о состоянии окружающей среды, с фокусом на загрязняющих веществах. Применение такой системы позволит не только оперативно реагировать на экстренные ситуации, но и проводить дальнейший анализ данных для разработки стратегий по улучшению экологической ситуации в регионе.

Несмотря на достаточно длительный срок окупаемости подобных крупных инвестиционных проектов по созданию автоматизированных систем непрерывного экологического мониторинга на промышленных объектах, их внедрение является весьма перспективным и целесообразным направлением. Прежде всего, это позволит существенно повысить точность и оперативность контроля за фактическими выбросами загрязняющих веществ, обеспечить их полную учётность и соответствие установленным предельно допустимым концентрациям.

Кроме того, это гарантирует соблюдение всей нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды и позволит снизить риск экологических штрафов и приостановки производства в случае возможных эксцессов. В перспективе такие инвестиции окупят себя за счёт повышения общей экологической безопасности и устойчивого развития промышленного предприятия.

## **Заключение**

Выбранная тема магистерской диссертации: «Разработка автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки».

В первом разделе исследования определены научные источники по теме диссертации; изучен зарубежный опыт по теме исследования; рассмотрены нормативные правовые документы по теме магистерской диссертации. По итогу проведенного анализа осуществлен поиск и обоснованы выбранные методы анализа, техники исследования. В ходе совместных работ разработаны и практически реализованы основные принципы построения АСКВ, оформленные в виде Патента на изобретение. Система реализована на программно-технических средствах СТН-3000-Р и СПУРТ-Р с полностью российскими комплектующими. Программное обеспечение как контроллера, так и диспетчерского уровня включено в Реестр российских программ для ЭВМ Минсвязи РФ. Система метрологически аттестована, прошла приемочные испытания и введена в промышленную эксплуатацию.

Во втором разделе магистерской диссертации представлены общие сведения о предприятии, характеристика технологии производства, оборудования и источники загрязнения атмосферного воздуха, проанализирован контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов, а также разработана автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Сфера деятельности рассматриваемого предприятия на всех этапах производства (добыча, переработка, транспортировка) обладает повышенным уровнем рисков нанесения вреда окружающей среде. Причин этому много, например, разливы углеводородных продуктов, отходы переработки и бурения скважин, загрязнение воды нефтепродуктами, используемые в

технологиях опасные химические соединения и многое другое, что несет потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Процесс добычи нефти связан с выбросом в атмосферу загрязняющих компонентов. Эти выбросы оказывают влияние на здоровье рабочих нефтяных месторождений и, посредственно, на окружающую среду, включая тундровые и лесотундровые экосистемы, где активно ведётся разработка месторождений, даже если они расположены далеко от населённых пунктов.

В ООО «Специальное тампонажное управление» осуществляется регулирование выбросов на основе установленного расписания для проверки стационарных источников эмиссий. Целью данного контроля является обеспечение соблюдения индивидуально установленных предельно разрешенных норм выбросов для каждого предприятия.

Для контроля за соблюдением установленных нормативов выбросов в организации применяются методы быстрого анализа и расчетные методы. Кроме того, каждый элемент и устройство в системе функционируют согласно установленным техническим требованиям, общепринятым стандартам, правилам и рабочим инструкциям. Ведение учета работы отдельных установок осуществляется через вахтовые журналы и режимные карты.

В третьем разделе магистерской диссертации представлены результаты внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки и дана оценка эффективности внедрения автоматизированной системы контроля выбросов загрязняющих веществ на предприятии нефтепереработки.

Предлагается проектирование и монтаж комплексной автоматизированной системы постоянного экологического мониторинга для крупного объекта нефтепереработки (в нашем случае ООО «Специальное тампонажное управление») с четырьмя основными точками выброса различных загрязняющих веществ (оксидов азота, монооксида углерода и диоксида серы) в атмосферу. Комплексная автоматизированная система

постоянного мониторинга и контроля уровней загрязнения окружающей среды представляет собой систему, предназначенную для систематического сбора, обработки и анализа данных о состоянии окружающей среды, с фокусом на загрязняющих веществах. Применение такой системы позволит не только оперативно реагировать на экстренные ситуации, но и проводить дальнейший анализ данных для разработки стратегий по улучшению экологической ситуации в регионе.

Несмотря на достаточно длительный срок окупаемости подобных крупных инвестиционных проектов по созданию автоматизированных систем непрерывного экологического мониторинга на промышленных объектах, их внедрение является весьма перспективным и целесообразным направлением. Прежде всего, это позволит существенно повысить точность и оперативность контроля за фактическими выбросами загрязняющих веществ, обеспечить их полную учётность и соответствие установленным предельно допустимым концентрациям.

Кроме того, это гарантирует соблюдение всей нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды и позволит снизить риск экологических штрафов и приостановки производства в случае возможных эксцессов. В перспективе такие инвестиции окупят себя за счёт повышения общей экологической безопасности и устойчивого развития промышленного предприятия.

### Список используемых источников

1. Алтухов А. Ю. Расчет выбросов загрязняющих веществ. Курск : Издательство Юго-Западного университета, 2021. 47 с.
2. Безбородова О.Е. Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещения : учебное пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. 118 с.
3. Бернер Л.И., Зайнуллин И.М., Хадеев А.С. Импортзамещение систем диспетчерского управления в газотранспортной отрасли с использованием ПТК СПУРТ-Р // Автоматизация в промышленности. 2019. № 3. С. 23–25.
4. Быков А. П. Инженерная экология. Охрана атмосферного воздуха: учебное пособие. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. 154 с.
5. Гусенников Е. Н. Автоматизированная система устранения аварийных сборов предприятий // Вестник Ижевской сельскохозяйственной академии. 2024. №3. С. 99-106.
6. Ермакова М. С. Создание системы автоматического контроля выбросов и сбросов // Экология производства. 2020. № 8. С. 88-97.
7. Коваль А. А. Инструменты и оборудование нефтегазового машиностроения и их применение // Молодой ученый. 2023. № 20. С. 37-41.
8. Комплексная автоматизация предприятий нефтяной и газовой промышленности, сетей тепло-, водо- и газоснабжения, энергораспределительных систем и других производств с непрерывным технологическим циклом [Электронный ресурс] : Официальный сайт АО «АтлантикТрансгазСистема». URL: <https://www.atgs.ru/> (дата обращения: 15.10.2024).
9. Конин К. С., Гамбарова Л. М. Технологический процесс добычи нефти // Начные исследования в современном мире. 2023. №6. С. 9-11.

10. Косенкова С.В., Васильев А.К. Методология установления нормативов допустимых сбросов (НДС) вредных веществ: монография. Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2020. 127 с.
11. Леган М.В. Основы экологической безопасности. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет. 2021. 89 с.
12. Линник Ю. Н. Основы нефтегазового дела: учебник. М. : КНОРУС, 2022. 484 с.
13. Малявин А. С. Актуальные вопросы создания систем автоматического контроля выбросов и сбросов // Экология. 2022. №1. С. 120-126.
14. Машкова Е. Г. Система обезвоживания и обессоливания нефти // Наука и современность. 2017. № 51. С. 137-142.
15. Мешалкин В.П. Автоматический контроль выбросов: опыт применения предсказывающих систем // Компетентность. 2020. №2. С. 15-20.
16. Мещурова Т. А. Выбор показателей сбросов загрязняющих веществ, подлежащих автоматическому контролю // Экология сегодня. 2019. №4. С. 15-21.
17. Молчанова Я.П. Непрерывный производственный экологический контроль: опыт Германии // Экология производства. 2021. № 7. С. 14-21.
18. Немущенко Д.А. Ларичкин В.В. Экология: оценка и контроль окружающей среды. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет. 2019. 125 с.
19. Нифонтов Ю. А. Установка для сжигания нефтесодержащих отходов арктических регионов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2019. № 1. С. 28-32.
20. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон №252 от 21.12.2021 (ред. от 26.03.2022). URL: <https://docs.cntd.ru/document/727700349> (дата обращения: 07.08.2024).

21. О требованиях к автоматическим средствам измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, к техническим средствам фиксации и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 263. URL: <https://base.garant.ru/72197618/> (дата обращения: 04.08.2024).

22. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс] : Федеральный закон №102 от 26.06.2008 (ред. от 11.06.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902107146> (дата обращения: 09.08.2024).

23. Об охране атмосферного воздуха [Электронный ресурс] : Федеральный закон №96 от 04.05.1999 (ред. от 13.06.2023). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22971/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/) (дата обращения: 26.09.2024).

24. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон №7 от 10.01.2002 (ред. от 04.08.2023). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения: 10.08.2024).

25. Об утверждении перечня объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 процентов [Электронный ресурс] : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 18 апреля 2018 г. № 154. URL: <https://base.garant.ru/71978898/> (дата обращения: 01.08.2024).

26. Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262. URL: <https://base.garant.ru/72197616/> (дата обращения: 12.08.2024).

27. Об утверждении видов технических устройств, оборудования или их совокупности (установок) на объектах I категории, стационарные источники выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ которых подлежат оснащению автоматическими средствами измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, а также техническими средствами фиксации и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 13.03.2019 № 428-р. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_320298/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320298/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/) (дата обращения: 28.07.2024).

28. Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения [Электронный ресурс] : ИТС 22.1-2016 от 01.07.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143295> (дата обращения: 08.08.2024).

29. Обустройство месторождений нефти на суше [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 58367-2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163249> (дата обращения: 08.04.2024).

30. Панарин М. В. Автоматизированная система непрерывного контроля сбросов // Наилучшие доступные технологии. 2021. №2. С. 17-21.

31. Патент на изобретение № 2657085 Автоматизированная система контроля параметров выбросов технологических установок / В.В. Шевченко. 2020. 12 с.

32. Подковырова М. А. Комплекс геодезических работ и изысканий, обеспечивающих строительство и функционирование объектов нефтегазодобывающего комплекса // Московский экономический журнал. 2022. №1. С. 118-138.

33. Редина М. М. Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды: учебник для академического бакалавриата. М. : Юрайт, 2023. 454 с.

34. Рощин А.В., Тимофеев Р.Ю. СТН-3000-Р – реализация программы импортозамещения компонентов системы телемеханики СТН-3000 производства АО «Атлантик-ТрансгазСистема» // Автоматизация в промышленности. 2020. № 4. С. 6–8.

35. Седрисев К. А. Технологические устройства объектов добычи и подготовки нефти в контексте системы нормирования выбросов загрязняющих веществ // Молодой ученый. 2023. № 1. С. 127-131.

36. Система мониторинга валовых выбросов ПГ «Метран» [Электронный ресурс] : Официальный сайт ПГ «Метран». URL: <https://metran.ru/> (дата обращения: 19.10.2024).

37. Сорокин Н. Д. Организация охраны атмосферного воздуха на предприятии. СПб. : Лань, 2022. 550 с.

38. Технологический регламент на эксплуатацию промысла №6 ООО «Специализированное тампонажное оборудование», 2020. 241 с.

39. Установка измерительная «Мера-МР» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hms-neftemash.ru/product/oborudovanie-dlya-zamera-debita-produktsii-neftyanyan/ustanovka-izmeritelnaya-mera-mr/> (дата обращения: 04.09.2024).

40. Устройство, принцип работы, расчет путевых подогревателей [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mcsys.ru/about\\_prod/podogrevnefti15062016](http://www.mcsys.ru/about_prod/podogrevnefti15062016) (дата обращения: 04.08.2024).

41. Хайдарова М. В., Хайдарова О. П. Процесс добычи нефти и газа: основные виды и модернизация // Ceteris Paribus. 2023. № 5. С. 30-33.

42. Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants // Official Journal. 2019. №1. P. 301-309.

43. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // Official Journal. 2018. №2. P. 328-334.

44. CEN/TS 17198:2018. CEN/TS 17198–2018 Stationary source emissions. Predictive Emission Monitoring Systems (PEMS). Applicability, execution and quality assurance [Electronic resource]. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3568ff8b-6ccd-4eec-8db3-5d0ffb563c20/cen-ts-17198-2018> (date of the application: 10.08.2024).

45. EN14181:2014. Stationary Source Emissions. Quality Assurance of Automated Measuring Systems [Electronic resource]. URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-14181-2014-stationary-source-emissions-quality-assurance-of-automated-measuring-systems/> (date of the application: 10.08.2024).

46. Monitoring stack emissions: technical guidance for selecting a monitoring approach // Published 18 December 2019. № 2. P. 21-25.

47. T/CAEPI 13–2018. Technical guide of process (operating status) monitoring system for flue gas emission from thermal power plant [Electronic resource]. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved> (date of the application: 10.08.2024).

48. U.S. Code of Federal Regulations. Title 40. Protection of Environment [Electronic resource]. URL: <https://www.epa.gov/laws-regulations/regulations> (date of the application: 10.08.2024).

49. U.S. Performance specification 16 — specifications and test procedures for predictive emission monitoring systems in stationary sources [Electronic resource]. URL: <https://www.epa.gov/emc/performance-specification-16-predictive-emissions-monitoring-systems> (date of the application: 10.08.2024).

50. Federal Immission Control Ordinance (BImSchV). [Electronic resource]. URL: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Luft/blmschv\\_13\\_en\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/blmschv_13_en_bf.pdf) (date of the application: 10.08.2023).