

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, специальности)

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

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Информационные технологии и системы мониторинга в области
промышленной безопасности

Обучающийся

В.М. Липатова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Суетин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фреze

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Анализ обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах.....	8
1.1 Нормативно-правовое обеспечение промышленной безопасности на опасных производственных объектах.....	8
1.2 Анализ промышленной безопасности исследуемого объекта.....	17
2 Проектирование и реализация информационных технологий и системы мониторинга в области промышленной безопасности	26
2.1 Анализ информационных технологий в области промышленной безопасности	26
2.2 Проектирование информационной системы мониторинга в области промышленной безопасности на исследуемом объекте	31
3 Опытно-экспериментальная апробация системы мониторинга в области промышленной безопасности	58
3.1 Результаты реализации системы мониторинга в области промышленной безопасности	58
3.2 Процедуры, разработанные для системы мониторинга в области промышленной безопасности	81
3.3 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	91
Заключение	102
Список используемых источников.....	106

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается тем, что промышленные процессы и оборудование потенциально создают опасности, которые могут нанести вред работникам, окружающей среде и промышленным активам.

Поскольку промышленная деятельность никогда не будет полностью свободна от рисков, связанных с природными и антропогенными опасностями, важно понимать эти риски, информировать надзорные органы и принимать соответствующие меры по снижению рисков.

Некоторые отрасли промышленности по своей сути более опасны, чем другие. К ним относятся нефтегазовая, химическая, строительная и горнодобывающая промышленность.

Объект исследования: системы мониторинга в области промышленной безопасности.

Предмет исследования: информационные технологии в области мониторинга промышленной безопасности.

Цель исследования – разработка системы мониторинга в области промышленной безопасности на основе современных информационных технологий.

В соответствии с поставленной в работе целью, определены следующие задачи:

- рассмотреть законодательные аспекты обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах;
- рассмотреть характеристику исследуемого объекта;
- произвести анализ промышленной безопасности исследуемого объекта;
- проанализировать существующие информационные технологии в области промышленной безопасности;

- произвести проектирование информационной системы мониторинга в области промышленной безопасности на исследуемом объекте;
- произвести апробацию системы мониторинга в области промышленной безопасности;
- разработать процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности;
- представить результаты реализации системы мониторинга в области промышленной безопасности.

Гипотеза исследования состоит в том, что разработанные рекомендации для проектирования информационной системы мониторинга в области промышленной безопасности могут быть использованы на аналогичных объектах РФ.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: статистические данные эффективности современных систем мониторинга в области промышленной безопасности.

Методы исследования: анализ существующих информационных технологий в области мониторинга промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Опытно-экспериментальная база исследования: наливная эстакада АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания».

Научная новизна исследования заключается в создании системы мониторинга в области промышленной безопасности на основе современных информационных технологий.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке основных направлений по созданию инновационных систем мониторинга в области промышленной безопасности.

Практическая значимость исследования заключается в интеграции инновационных систем мониторинга в области промышленной безопасности в существующие опасные производственные объекты.

Достоверность и обоснованность результатов: выполнен анализ статистических данных эффективности современных систем мониторинга в области промышленной безопасности.

Личное участие в проведении мониторинга промышленной безопасности в АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания».

На защиту выносятся:

- предложенная информационная система мониторинга в области промышленной безопасности на исследуемом объекте;
- результаты апробации системы мониторинга в области промышленной безопасности;
- разработанные процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности;
- результаты реализации системы мониторинга в области промышленной безопасности.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 8 таблиц, список используемых источников (45 источников). Основной текст работы изложен на 117 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Авария – разрушение зданий, сооружений или технических устройств на предприятии, неконтролируемый взрыв, выброс опасных веществ.

Инцидент – отказ или повреждение технических устройств на предприятии, нарушение или отклонение от безопасного режима технологического процесса.

Опасность – источник потенциального ущерба, вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба.

Опасный производственный объект (ОПО) – «предприятие, их цеха, участки, промышленные площадки, имеющие прописанные в федеральном законе № 116-ФЗ» [18].

Промышленная безопасность ОПО – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от Аварий и Инцидентов на опасных производственных объектах и их последствий.

Риск – мера опасности, характеризующая вероятность возникновения возможных аварий и тяжесть их последствий.

Система управления промышленной безопасностью – комплекс организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, в целях предупреждения Аварий и Инцидентов на производственном объекте, локализации и ликвидации последствий негативных событий и ЧС.

Технические устройства ОПО – машины, технологическое оборудование, системы машин, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного объекта.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете применяются следующие сокращения:

ДПУ – дистанционный пульт управления.

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

ЛВС – локально-вычислительная сеть.

МСХ – мнемосхемы.

ОПО – опасный производственный объект.

ПАЗ – противоаварийная защита.

ПБ – промышленная безопасность.

ПБиОТ – промышленная безопасность и охрана труда.

ПБОТОС – промышленная безопасность, охрана труда и окружающей среды.

ПК – производственный контроль.

РСУ – распределенная система управления.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

1 Анализ обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах

1.1 Нормативно-правовое обеспечение промышленной безопасности на опасных производственных объектах

Все законодательные акты Российской Федерации в области промышленной безопасности можно подразделить на общие и специальные законы. Общие федеральные законы устанавливают правила для всех областей деятельности предприятий. Специальные федеральные законы в области промышленной безопасности распространяются на отдельные виды деятельности или отдельные аспекты производственного процесса.

Перечислим ниже наиболее важные для промышленной безопасности законы Российской Федерации:

- общие федеральные законы РФ по промышленной безопасности;
- специализированные законы РФ по Промышленной Безопасности;
- нормативные акты в области промышленной безопасности
- отраслевые нормативные акты по ПБ;
- постановления Правительства РФ;
- стандарты организаций.

Общие федеральные законы РФ по промышленной безопасности:

- Федеральный закон «О безопасности» № 390-ФЗ от 28.12.2010 [11];
- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 20.07.97 [18];
- Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.02 [20];
- Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 99-ФЗ от 04.05.2011 [17];
- Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в

результате аварии на опасном объекте» № 225-ФЗ от 27.07.2010 [7].

Специализированные законы РФ по Промышленной Безопасности:

- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.02 [8];
- Федеральный закон «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21.12.94 [16];
- Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ от 21.12.94 [15];
- Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21.07.97;
- Федеральный закон «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» № 256-ФЗ от 21.07.2011 [14];
- Федеральный закон «Об использовании ядерной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.95 [9];
- Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.96г. № 3-ФЗ [19];
- Федеральный закон «Об электроэнергетике» № 35-ФЗ от 26.03.2003 [10];
- Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» № 261-ФЗ [13].

Рассмотрим ниже в общих чертах некоторые положения данных законодательных актов.

Закон «О безопасности» [11] закрепляет правовые основы обеспечения безопасности личности, общества и государства, определяет систему безопасности и ее функции, устанавливает порядок организации и финансирования органов обеспечения безопасности, а также надзор за законностью их деятельности.

Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [18] вводит понятие «Опасный производственный объект» - это

предприятие или их цеха, участки, площадки, а также иные производственные объекты имеющие признаки опасных факторов, идентифицируемых по данному закону.

Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Закон «О техническом регулировании» [20]:

- применения единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;
- независимости органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей;
- единой системы и правил аккредитации;
- единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;
- единства применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок;
- недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации;
- недопустимости совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию.

Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» [17] регулирует лицензирование в области безопасности.

Задачами лицензирования являются предупреждение, выявление и пресечение нарушений юридическим лицом, его руководителем и иными должностными лицами, требований, которые установлены Федеральным законодательством и принимаемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в

результате аварии на опасном объекте» № 225-ФЗ [7] регулирует отношения, связанные с обязательным страхованием гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ [8] определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Федеральный закон «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера» № 68-ФЗ [15] определяет общие организационно-правовые нормы в области защиты граждан России, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах Российской Федерации, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ [16] определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм, а также между должностными лицами, гражданами России.

Наиболее важные для промышленной безопасности нормативные акты Российской Федерации можно подразделить на следующие виды документов:

- указы Президента РФ;
- постановления Правительства РФ.

Постановление Правительства РФ № 401 от 30.07.2004 г. «Положение

о Федеральной службе по экологическому технологическому и атомному надзору» [24] устанавливает права и обязанности данной федеральной службы, а именно: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области промышленной безопасности. Ростехнадзор осуществляет деятельность в сфере технологического и атомного надзора, функции по контролю и надзору в сфере безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии, безопасности электрических и тепловых установок и сетей, безопасности гидротехнических сооружений, безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения, а также специальные функции в области государственной безопасности в указанной сфере.

Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» [22] определяет порядок организации и функционирования единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС.

Единая система объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций для защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

«Единая система состоит из функциональных и территориальных подсистем, действует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях.»

Постановление Правительства РФ от 03.11.2011 г. № 916 «Об утверждении правил обязательного страхования гражданской

ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» [21] определяет порядок реализации прав и обязанностей сторон по договору обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору в своей деятельности руководствуется Конституцией и Федеральными законами Российской Федерации, Указами Президента и Постановлениями Правительства Российской Федерации, а также своим Положением и другими нормативными актами.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляет функции по принятию нормативных актов, контролю и надзору в сферах:

- охраны окружающей среды в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия, в том числе в области обращения с отходами производства и потребления;
- безопасного ведения работ, связанных с использованием недрами;
- безопасности использования атомной энергии, за исключением деятельности по разработке, изготовлению, испытанию и эксплуатации ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения;
- безопасности электрических, тепловых, гидротехнических сооружений и сетей на объектах промышленности и энергетики, за исключением бытовых установок и сетей;
- безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения;
- организации и осуществления государственного строительного надзора при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов использования ядерной энергии, в том числе ядерных установок, пунктов хранения ядерных материалов и системы обеспечения ядерной и радиационной безопасности;

- безопасности опасных производственных объектов, в том числе линейно-кабельных линий и линий связи;
- организации и разработки технических регламентов;
- осуществлению контроля над системой оперативного диспетчерского управления в электроэнергетике и аттестации лиц, связанных с оперативным диспетчерским контролем в электроэнергетике;
- деятельности по обеспечению химической безопасности Российской Федерации.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) имеет межведомственный характер и находится под прямым подчинением Председателя правительства РФ.

«Основные полномочия Ростехнадзора в области промышленной безопасности:

- вносит в Правительство РФ проекты федеральных законов, нормативных правовых актов в области промышленной безопасности;
- осуществляет Государственный надзор и контроль над промышленной безопасностью опасных производственных объектов, надзор за соблюдением технических регламентов в области технических устройств, применяемых на опасных объектах;
- осуществляет лицензирование деятельности в области промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- выдает разрешения на осуществление деятельности в области опасных производственных объектов;
- устанавливает нормативы предельно допустимых выбросов опасных веществ в атмосферный воздух и водные объекты;
- регистрирует опасные производственные объекты и ведет Государственный реестр опасных производственных объектов;
- проводит проверки соблюдения организациями и их работниками

требований законодательства РФ в области промышленной безопасности опасных производственных объектов;

- согласовывает квалификационные справочники должностных лиц и специалистов, работающих на опасных объектах, перечни опасной продукции, не требующей лицензирования, правила эксплуатации опасных объектов, границы охранных зон, акты экспертиз;
- организует и обеспечивает функционирование системы контроля за радиационно-, взрыво- и химически опасными объектами при возникновении аварий и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

1.2 Анализ промышленной безопасности исследуемого объекта

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовать и осуществлять производственный контроль над соблюдением требований промышленной безопасности.

Требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [11], и других федеральных законах, нормативных актах и технологических документах, соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность.

Требования промышленной безопасности должны соответствовать также нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей природной среды, экологической безопасности, охраны труда, хранения, перевозки и утилизации опасных отходов, а также требованиям государственных стандартов.

Объектом исследования в данной работе является наливная эстакада для налива метанола в железнодорожные цистерны в АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания». Производство находится

на территории Самарской области по адресу: 446214, Российская Федерация, Самарская обл., г. Новокуйбышевск. Производство метанола относится к категории взрывопожароопасных производств и характеризуется наличием в системе взрывопожароопасных и вредных (токсичных) веществ, высоких температур и давлений.

На технологический персонал в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы.

Опасные и вредные производственные факторы:

- отравление токсичными химическими веществами, применяемые в процессе производства (СО, гидразин-гидрат, метанол);
- термические ожоги могут возникнуть в результате попадания на тело человека высокотемпературных сред (горячий газ, горячая жидкость, пар, конденсат), а также от соприкосновения с горячими неизолированными поверхностями.

Газоопасность определяется наличием токсичных паров и газов (окись углерода, пары метанола и гидразина, аммиак) и удушающих газов (природный газ, водород, азот, двуокись углерода).

Взрывоопасность определяется наличием газов, которые в смеси с кислородом воздуха образуют взрывоопасные смеси:

- природный газ,
- конвертированный газ
- пары метанола.

Наливная эстакада для налива метанола в железнодорожные цистерны:

- обеспечивает отгрузку всего вырабатываемого за сутки метанола-ректификата;
- состоит из 22 точек, предназначенных для налива метанола в железнодорожные цистерны объемом до 88 м³.
- максимальное количество метанола, подаваемого на налив, составляет – 1100 м³/ч; нагрузка на один наливной рукав – 50 м³/ч.

На 21-ой точке установлен стационарный насос АСЦЛ-20-24Г, предусмотренный для раскочки железнодорожных цистерн.

Рукав на всесе указанного насоса обеспечивает полную раскочку цистерны, расположенной на одной из шести точек эстакады (9÷11 и 20÷22 точки).

Перечень контролируемых параметров производства и управление технологическим процессом представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень контролируемых параметров производства и управление технологическим процессом

Наименование стадии процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Норма и технический показатель	Метод испытания и средство контроля	Кто контролирует
Резервуар для хранения метанола сырца	Температура. ТИ-6002	Визуально 1 раз в 2 часа	-35÷45 °С	По месту: термометр биметаллический ТИ-6002, класс точности: 2,0; шкала: -50÷+50 °С	Аппаратчик-обходчик
	Уровень LI-6001А	Визуально 1 раз в 2 часа	0,012÷0,1 МПа (0,12÷1,0 кгс/см ²) см. переводную таблицу	По месту: Манометр LI-6001А, шкала: 0÷1,6 кгс/см ² класс точности: 1,5;	Аппаратчик-обходчик
	Уровень LI-6001	С записью в рапорте 1 раз в 2 часа	не менее 10% не более 85% (0÷11874 мм)	ДПУ: Датчик LT-6001, класс точности: 0,5; шкала: 0÷100%; РСУ Delta V, класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ

Продолжение таблицы 1

Наименование стадии процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Норма и технический показатель	Метод испытания и средство контроля	Кто контролирует
-	Контроль перемещения емкости	Не реже 3-х раз в год (при наполнении и более 80%).	н/б 125 мм	По реперным точкам Линейка	Аппаратчик-обходчик
Азот к резервуару	PIС-6013	С записью в рапорте 1 раз в 2 часа	20÷120 мм вод. ст. (2÷12 мбар)	ДПУ: Датчик РТ-6013 класс точности: 0,5; шкала: 0÷150 мм вод. ст. PCY Delta V, класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ
	Давление PI-6005	Визуально 2 раза в неделю	20÷120 мм вод. ст. (2÷12 мбар)	По месту: Манометр PI-6005, класс точности: 1,5; шкала: -10÷+15 мбар	Аппаратчик-обходчик
Метанол на нагнетании насоса	Давление PI-6004	При работе насосов	не более 3,0 МПа (30,0 кгс/см ²)	По месту: Манометр PI-6004, класс точности: 2,5 шкала: 0÷60 кгс/см ²	Аппаратчик-обходчик
Дренажная емкость насосной склада метанола	Уровень LI-6103	С записью в рапорте 1 раз в 2 часа	30÷80% (0÷1500 мм)	ДПУ: Датчик уровня LI-6103 класс точности: 2,0 шкала: 0÷100% PCY Delta V класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ
Метанол из рукавов налива в железнодорожные цистерны	Расход и Количество FQIC-6201÷ FQIC-6211	Во время налива	В каждую цистерну н/б 88,0 м ³ , в зависимости от цистерн	ДПУ: Датчики	Аппаратчик ДПУ

Продолжение таблицы 1

Наименование стадии процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Норма и технический показатель	Метод испытания и средство контроля	Кто контролирует
-	Скорость налива: - первые 5 м3 - основной налив - последний 1 м3	Во время налива	н/б 20 м3/час н/б 50 м3/час н/б 20 м3/час	-	-
Метанол в трубопроводе перед наливной эстакадой пути № 1 и № 2.	Давление PI-6233 PI-6234	Во время налива	0÷0,6 МПа (0÷6 кгс/см2)	ДПУ: Датчики PT-6223, PT-6224 класс точности: 1,0 шкала: 0÷10 кгс/см2 PCY Delta V класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ
Анализ на содержание СН ₃ ОН	AI-6200/1-11	Визуально, 1 раз в 2 часа	н/б 10 % от НКПП СН ₃ ОН, н/б 50 % от НКПП СН ₃ ОН	ДПУ: Датчик АТ- 6200/1-11 шкала: 0÷100 % класс точности: 1 PCY Delta V класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ
Метанол в автоцистерны и мелкую тару	Расход FQIC -6233	Во время налива	н/б 32 м3/час	ДПУ: Датчики FT-6233 PCY Delta V класс точности: 0,1	Аппаратчик ДПУ

Условия, при которых работа недопустима:

- неисправность оборудования, приборов КИПиА, систем сигнализации и блокировок;
- неисправность инструментов, арматуры, предохранительных устройств;
- использование инструментов и приспособлений не по назначению;

- наличие взрывоопасных концентраций газов и паров.

Склад метанола обслуживают два аппаратчика подготовки 5 разряда:

- аппаратчик дистанционного пульта управления (аппаратчик ДПУ);
- аппаратчик-обходчик, обслуживающий наружную установку, резервуарный парк, насосные отделения, наливные эстакады, систему спецпожаротушения.

Для более точного и квалифицированного выполнения работ и взаимозаменяемости аппаратчиков, обслуживающих склад метанола, производится обмен зонами обслуживания аппаратчика ДПУ и обходчика каждую смену.

При нормальной работе установки аппаратчики в течение всей смены поддерживают телефонную связь, при этом аппаратчик ДПУ руководит действиями обходчика. Это распространяется и на период аварийной остановки.

Обязанности аппаратчика ДПУ.

В течение смены аппаратчик подготовки 5 разряда (ДПУ) обязан:

- а) контролировать технологический режим по приборам дистанционного контроля, регулирования и регистрации. При появлении сомнений в правильности работы системы регулирования перевести управление с автоматического регулирования на ручное и поставить в известность технолога или начальника смены;
- б) контролировать прием, выдачу и хранение продуктов, проведение операций автоматического налива в железнодорожные цистерны по приборам КИПиА;
- в) контролировать по приборам работу установки каталитической очистки газов «дыхания» резервуарного парка и цистерн;
- г) контролировать на ДПУ состояние системы спецпожаротушения;
- д) своевременно, правильно и аккуратно заполнять:

- 1) сменный рапорт, в котором отмечать все выполненные и неоконченные работы, все обнаруженные дефекты в работе оборудования, арматуры, КИПиА.
 - 2) журнал пробега оборудования;
 - 3) журнал обкатки насосов спецпожаротушения;
 - 4) журнал контроля реперных точек резервуаров склада метанола;
 - 5) эксплуатационный журнал системы пожарной автоматики.
 - 6) журнал эксплуатации технологических трубопроводов;
 - 7) журнал эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды;
- е) совместно с обходчиком сверять показания приборов, расположенных по месту и на ДПУ;
- ж) контролировать на ДПУ работу динамического оборудования (насосов и технологических вентиляторов), немедленно ставить в известность технолога или начальника смены в случае нарушения их работы;
- з) контролировать работу газоанализаторов и вентиляционных систем;
- и) не реже одного раза в два часа производить обход оборудования системы очистки газов «дыхания», динамическое и другое оборудование, расположенное в насосных и в вентиляционных системах;
- к) своевременно выполнять устные и письменные распоряжения начальника смены (технолога смены), а также мастера отделения, предварительно поставив в известность начальника смены.

Аппаратчик ДПУ помогает обходчику при подготовке железнодорожного состава к наливу и при подготовке его к отправке. В это время контроль технологического процесса по приборам КИПиА на ДПУ ведет аппаратчик подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и готовой продукции 4 разряда.

Обязанности обходчика.

В течение смены обходчик обязан:

- не реже одного раза в два часа производить обход склада метанола, контролировать хранение метанола по месту (показания приборов по месту, отсутствие пропусков и работу предохранительных и удерживающих устройств на резервуарах);
- производить осмотр ж.д.цистерн, автоцистерн перед наливом, подключать их к наливу, контролировать налив по месту и готовить ж.д.цистерны, автоцистерны к отправке потребителю;
- контролировать уровень в дренажных емкостях и своевременно производить их раскачку;
- отбирать анализы по графику аналитического контроля из емкостей, колодцев канализации и других (по требованию начальника смены);
- производить мелкий ремонт оборудования (подтягивание и замену сальниковых уплотнений, чистку фильтров, установку и снятие заглушек, замену болтов на цистернах, замену манометров и другие мелкие ремонты);
- контролировать исправность заземления аппаратов и электрооборудования;
- контролировать состояние шланговых станций;
- контролировать состояние систем спецпожаротушения по месту, наличие и исправность первичных средств пожаротушения;
- в холодное время года контролировать работу системы обогрева технологических трубопроводов, импульсных линий и шкафов КИПиА и обогрева железнодорожных путей наливной эстакады;
- очищать от снега и наледей подходы к оборудованию, тропинки, пожарные гидранты, наливную эстакаду;
- производить обход и контролировать исправную работу оборудования каталитической очистки;

- производить обход и контролировать работу оборудования большой и малой насосных, системы пожаротушения, помещения задвижек на орошение емкостей;
- производить очистку пеномониторов от посторонних предметов и снега;
- своевременно выполнять устные и письменные распоряжения начальника смены (технолога смены), а также мастера отделения, предварительно поставив в известность начальника смены.

Во время работы производства метанола, часть оборудования находится под давлением кислорода до 3,4 МПа (34 кгс/см²). Чистый газообразный кислород и его смеси с воздухом не являются токсичными и не способны к самопроизвольному горению или взрыву.

«Воздух с повышенной объемной долей кислорода (более 23%) и чистый кислород не токсичны, и не способны гореть и взрываться. Но так как кислород является активным окислителем, большинство веществ и материалов в среде кислорода или в среде воздуха с высоким содержанием кислорода образуют системы с повышенной взрывопожароопасностью. Энергия, необходимая для поджигания материалов в среде кислорода, во много раз меньше энергии, требуемой для поджигания в среде воздуха в тех же условиях».

Источниками, приводящими к загоранию, являются открытый огонь, курение, неисправная электропроводка, электрические разряды, статическое электричество, трение, гидроудары при резком открытии клапанов ручной арматуры.

Кроме специфических аварийных ситуаций, связанных с недопустимым отклонением отдельных параметров процесса, могут возникнуть общие аварийные положения из-за прекращения подачи электроэнергии, природного газа, охлаждающей воды, питательной воды котлов, отсутствия воздуха КИП и др.

В случае возникновения угрозы нормальной работе отдельных машин, аппаратов или всей установки вследствие отклонения параметров процесса от нормируемых значений срабатывают соответствующие блокировки, переводящие отдельные агрегаты или всю установку в безопасное положение. Необходимо внимательно проконтролировать положение отсечной или регулирующей арматуры после срабатывания блокировок и, при необходимости, перевести ее в нужное положение вручную. Обслуживающий персонал должен действовать согласно «Инструкции по аварийной остановке агрегата метанола и пуску после остановки».

Ответственность за организацию и общее руководство системы производственного контроля промышленной безопасности на предприятии несет Генеральный директор. Производственный контроль осуществляют служба производственного контроля и должностные лица, назначенные приказом генерального директора предприятия.

Вывод по разделу.

Объектом исследования в данной работе является наливная эстакада для налива метанола в железнодорожные цистерны в АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания».

Производство метанола относится к категории взрывопожароопасных производств и характеризуется наличием в системе взрывопожароопасных и вредных (токсичных) веществ, высоких температур и давлений.

Газоопасность определяется наличием токсичных паров и газов (окись углерода, пары метанола и гидразина, аммиак) и удушающих газов (природный газ, водород, азот, двуокись углерода).

Взрывоопасность определяется наличием газов, которые в смеси с кислородом воздуха образуют взрывоопасные смеси (природный газ, конвертированный газ и пары метанола).

Во время работы производства метанола, часть оборудования находится под давлением кислорода до 3,4 МПа (34 кгс/см²). Чистый

газообразный кислород и его смеси с воздухом не являются токсичными и не способны к самопроизвольному горению или взрыву.

Но так как кислород является активным окислителем, большинство веществ и материалов в среде кислорода или в среде воздуха с высоким содержанием кислорода образуют системы с повышенной взрывопожароопасностью. Энергия, необходимая для поджигания материалов в среде кислорода, во много раз меньше энергии, требуемой для поджигания в среде воздуха в тех же условиях.

В случае возникновения угрозы нормальной работе отдельных машин, аппаратов или всей установки вследствие отклонения параметров процесса от нормируемых значений срабатывают соответствующие блокировки, переводящие отдельные агрегаты или всю установку в безопасное положение.

2 Проектирование и реализация информационных технологий и системы мониторинга в области промышленной безопасности

2.1 Анализ информационных технологий в области промышленной безопасности

Промышленные революции всегда сопровождались новыми технологическими разработками, происходившими в промышленности. Мы все знаем, как промышленность отстает от внедрения новых технологий, это связано как с консервативным характером отрасли, так и со временем, затрачиваемым на преобразование инноваций в значимое решение, которое легко понять и, следовательно, принять.

По мере развития технологий и автоматизации процессов, которые ранее зависели от ручного управления, мы стали свидетелями изменений и улучшений в области безопасности в результате автоматизации.

Итак, как выглядит современная диспетчерская и что это предлагает оператору рассмотрим далее.

Появление цифровых технологий, таких как облачные хранилища, искусственный интеллект с открытым исходным кодом (ИИ), приложения для глубокого обучения и недорогие суперкомпьютеры, может принести большую пользу операторам.

Интеллектуальные технологии – это, по сути, масштабируемые системы, которые обеспечивают локальное и дистанционное управление и мониторинг.

Эти системы состоят из центрального блока, который получает параметры системы (температура, давление, расход), обрабатывает эту информацию, управляет оборудованием для автоматизированного регулирования и взаимодействует с контурами управления. Интерфейс может управлять различными компонентами, такими как электромагнитные клапаны, датчики давления и датчики температуры. Связь с существующими

сетями также жизненно важна для любого обновления системы управления технологическим процессом и его безопасности. Возможности локальной и удаленной связи (веб-сервер, Ethernet) и возможность взаимодействия с существующей системой являются желательными характеристиками оборудования в таких сетях.

Проанализируем более интересные функциональные возможности.

Проанализируем возможность автоматизировать мониторинг обеспечения безопасности и управления производственными рисками.

Возможность удаленного мониторинга и управления интеллектуальными производственными системами является одним из главных преимуществ этой технологии.

Например, операторы при помощи АСУ ТП газораспределительных систем не только могут быстрее управлять системой газораспределения, но и данные системы обеспечат меньшее количество поездок на места, что означает снижения рисков по поводу безопасности при отправке людей в отдаленные и потенциально опасные районы. Уровень шума является общей проблемой на таких газораспределительных станциях; эта технология позволяет обслуживающему персоналу дистанцироваться от высоких уровней шума [4].

Благодаря дистанционному мониторингу и более жесткому контролю давления в системе среднее давление в сети может быть снижено, что снижает нагрузку на соединения системы и трубопроводы. Кроме того, поскольку существует связь между рабочим давлением в сети и уровнем утечек и выбросов, можно будет ограничить этот риск путем снижения давления в сети; это приведет к экономии средств, избеганию выброса газа в атмосферу и защите окружающей среды.

Основными проблемами в обслуживании технологического оборудования являются:

- реактивный подход к техническому обслуживанию;
- ошибки проектирования;

- отказы датчиков из-за их сложности и ремонтпригодности;
- квалифицированная рабочая сила для работы с такими сложными системами.

Одним из решений этих проблем является внедрение интеллектуального профилактического обслуживания (IPM) с использованием технологии IoT, которая расширяет традиционные подходы к мониторингу состояния, предлагая представление о «будущем оборудования». Таким образом, он предоставляет новые альтернативы для повышения эффективности системы мониторинга производственной безопасности.

Нефтегазовые организации отрасли также начали использовать основные принципы «Интернета вещей» для внедрения взаимосвязанного оборудования и систем с целью формирования интеллектуальной сети, охватывающей всю цепочку производства. Этот тип самоконтролируемых сетевых систем помогает выявлять неожиданные изменения в производственном процессе, прогнозировать отказы оборудования, а также своевременно принимать меры по техническому обслуживанию с использованием платформы интеллектуального прогнозного обслуживания (IPM). Технология Maintenance 4.0 с поддержкой just-in-time IPM помогает нефтегазовым организациям достигнуть почти нулевого времени простоя в операциях.

Данные, появившиеся в эпоху информационного интернета, называются Internet of Services (iOS). Двумя ключевыми факторами являются интерфейс веб-сервиса (WSI) и сервис-ориентированная архитектура (SOA). Целью этих систем, доступных на этих платформах, является взаимосвязь людей, процессов, объектов и систем. Это также может способствовать таким функциям, как адаптивность, поддержка приложений для совместного использования и развертывание различных мобильных конечных устройств в соответствии с системными программными приложениями с гарантией безопасности и безотказности.

Представленные интеллектуальные продукты оснащены киберфизической системой с возможностью обмена данными между устройствами, встроенными интерфейсами и позволяющими взаимодействовать с пользователями-людьми [3].

Концепция может быть распространена на киберфизические производственные системы (CPPS) в сценарии промышленного обслуживания. Интеллектуальные решения обладают такими преимуществами, как раннее предупреждение, смягчение последствий аварийных ситуаций. Таким образом, любое интеллектуальное решение хорошо подходит для приложений прогнозирования технического обслуживания в рамках промышленного интернета. Одним из таких примеров могут быть газовые турбины, взаимодействующие с социальными сетями и сетями оборудования для определения потребностей в обслуживании. Это означает, что оператор требует внимания только тогда, когда газовая турбина запускается для технического обслуживания. Кроме того, интеллектуальные продукты также могут самостоятельно поддерживать свою конфигурацию и функции в течение всего жизненного цикла на основе взаимодействия с производителями, которые могут предоставить множество информации для оптимизации продукта и инноваций.

Проект «Интеллектуальная фабрика» представляет собой один из компонентов технического обслуживания 4.0 в соответствии с концепцией Индустрии 4.0.

Интеллектуальная фабрика (Smart Factory) состоит из набора сетевых массивов оборудования, новый уровень самоорганизации и оптимизации процессов обеспечивается в форме децентрализованного управления производством и огромным количеством информации, связанной с операциями, которая также обеспечивает основу для совершенствования операционной деятельности, основанной на данных.

Основными компонентами Smart Factory являются Calm-система (аппаратное обеспечение) и контекстно-зависимые приложения

(программное обеспечение). Эти компоненты используют сетевую логику и продвинутой вычислительный процесс для создания виртуальных дублирующих физических систем. Системы, построенные на концепциях «умной фабрики», должны быть надежными, устойчивыми к помехам, чтобы обеспечить обновление данных физических датчиков с помощью виртуальных представлений в реальном времени.

Кроме того, эти системы также должны обеспечивать более быстрое восстановление после сбоев с использованием процессов самовосстановления. Чтобы измерять, вычислять и сопоставлять информацию о производительности машины, прогнозировать состояние здоровья в режиме реального времени на основе физических данных (датчиков), интеллектуальные алгоритмы выполняются и обрабатываются в киберпространстве.

Концепция «умной фабрики» – это видение производственного предприятия, где операции являются частью интеллектуальной системы, а все оборудование интегрировано с помощью межмашинной связи (M2M) или других интеллектуальных алгоритмов.

Концепция «Фабрики будущего» (FoF) в среде «Умной фабрики» будет представлять собой среду, в которой большое количество небольших интеллектуальных устройств, которые взаимодействуют совместно для создания общей интеллектуальной системы.

Три новые технологии, которые тестируются нефтяными компаниями следующие:

- трубки, чувствительные к парам, чтобы идентифицировать разлитый нефтепродукт;
- волоконно-оптический кабель, который позволяет идентифицировать колебания температуры, вызванные утечкой нефтепродукта в окружающую почву;

- кабели, чувствительные к углеводородам, которые посылают электрические сигналы оператору об идентификации утечек углеводородов [2].

Таким образом, компании готовятся к разработке инфраструктуры мониторинга с поддержкой данных.

На сегодня сложности внедрения мониторинга производственной безопасности включает в себя следующие проблемы: старение трубопроводных сетей, устаревший и ручной мониторинг, а также старые устройства управления. Следовательно, датчики должны быть интеллектуальным продуктом, который может создавать новые данные для прогностического анализа технического обслуживания.

Приведенный выше обзор технологий позволяет сделать вывод о том, что нефтегазовые компании среднего бизнеса стремятся к повышению целостности сети и новым коммерческим возможностям. Для создания таких огромных объемов данных датчики играют решающую роль. Ключевым решением является внедрение датчиков, позволяющих фиксировать каждый аспект производственных объектов с целью внедрения систем прогнозируемого технического обслуживания.

2.2 Проектирование информационной системы мониторинга в области промышленной безопасности на исследуемом объекте

Устаревшая инфраструктура является основным кандидатом на технологическую модернизацию, установку периферийных устройств, замену аналоговых датчиков цифровыми.

«Производственный склад СУГ состоит из следующих технологических узлов:

- резервуарный парк хранения ПБА;
- узлы управления запорной арматурой (площадки вводов);
- площадка для компрессоров;

- односторонняя железнодорожная эстакада слива на две железнодорожные цистерны;
- испарительная установка».

Резервуарный парк предназначен для сбора, хранения и выдачи ПБА на печи. Он состоит из шести резервуаров объёмом 50 м³ каждый, заглубленных в землю.

На площадке для компрессора размером 6×8 м установлены два компрессора, предназначенных для откачки ПБА из резервуарного парка на печи.

Компрессоры расположены под навесом, кроме того, по периметру предусмотрены стационарные щиты, позволяющие обеспечить защиту персонала при ремонтных работах от атмосферных осадков.

Непосредственно у площадки компрессоров расположено ёмкостное оборудование:

- подземная ёмкость для сбора и откачки конденсата;
- односторонняя железнодорожная эстакада слива на 2 стояка.

Односторонняя железнодорожная эстакада представляет собой металлоконструкции, состоящие из отдельных блоков. Оси колонн эстакады расположены с шагом 6 м. Каждый рабочий пост имеет дополнительную колонну для крепления второй ветки шарнирного трубопровода. Расстояние между осями основной и дополнительной колонн – 1.5 м. С одной стороны эстакады установлены лафетные стволы.

Сбор атмосферных осадков с территории сливной эстакады, огороженной бортиком высотой 150 мм, предусмотрен в подземную емкость, расположенную вне габаритов эстакады и предусмотренную в разделе НВК.

В противопожарных разрывах между технологическими узлами расположены эстакады трубопроводов компрессорной и резервуарного парка.

Для аварийной расцепки цистерн в торце сливной эстакады предусмотрен тупиковый участок длиной 30,5м с установкой тяговой лебёдки.

Все вышеперечисленное оборудование предусмотрено во взрывозащищённом и взрывобезопасном исполнении.

Для обслуживания трубопроводной арматуры предусмотрены металлические площадки, разработанные в строительной части объекта

Численность производственного персонала представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Численность производственного персонала

Наименование	Тарифный разряд	Количество, чел.			
		1 смена	2 смена	Резерв	Итого
Начальник смены	-	1	1	1	3
Оператор товарный	5	1	1	-	2
Оператор товарный	4	1	1	-	2
Машинист технологических компрессоров	-	1	1	-	2
Сливщик-разливщик	-	2	2	-	4
Электрослесарь по ремонту оборудования (обслуживание ДЭС)	-	1	-	-	1
Охранник	-	1	1	-	2
Всего по складу СУГ	-	8	7		16

Режим работы обслуживающего персонала – двухсменный (по 12 часов), четырехбригадный.

В административном отношении производственный склад СУГ подчиняется единому руководству, помещения для которого предусмотрены в административном здании ООО «Германий и приложения», Бытовые помещения для обслуживающего персонала предусмотрены в АБК производства германиевого концентрата.

В здании операторной, на территории производственного склада СУГ, предусмотрены комната дежурного персонала и комната обогрева.

Численность производственного персонала и набор помещений в здании операторной согласованы с Заказчиком.

Производственный склад СУГ по характеристике обращающихся веществ (сжиженный углеводородный газ) относится к взрывопожароопасному производству.

Взрывопожароопасность склада СУГ определяется:

- наличием в аппаратах и трубопроводах большого количества сжиженных углеводородных газов (пропан-бутан автомобильный) под давлением (до 16 кгс/см²), которые при разгерметизации системы (при нарушении правил эксплуатации оборудования или проведения ремонтных работ) обладают высоким потенциальным разрушающим действием;
- токсичностью ПБА;
- возможностью образования статического электричества при движении сжиженного углеводородного газа по трубопроводам.

Основные данные по физико-химическим и пожаровзрывоопасным свойствам продуктов, а также их токсикологическая характеристика приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические и эксплуатационные показатели ПБА

Наименование показателя	Норма
Характеристика поступающей и хранимой в резервуарном парке продукции – пропан-бутана автомобильного (ПБА)	
1. Массовая доля компонентов, %: сумма метана, этана и этилена; пропан; сумма бутанов и бутиленов; сумма непредельных углеводородов, не более	не нормируется 50±10 не нормируется 6
2. Объемная доля жидкого остатка при 20 ⁰ С, не более	1,6
3. Давление насыщенных паров, избыточное, МПа, при температуре: плюс 45 ⁰ С, не более минус 20 ⁰ С, не менее	1,6 0,07
4. Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %, не более в том числе сероводорода, не более	0,01 0,003
5. Содержание свободной воды и щелочи	отсутствие

Классификация зданий и сооружений производственного склада СУГ по взрывопожарной опасности, класс взрывоопасной зоны по ПУЭ, категория и группа взрывоопасной смеси, категория электроснабжения и санитарная группа производственного процесса приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Классификация сооружений по взрывопожароопасности, категории электроснабжения и санитарной характеристике

Наименование сооружения	Категория взрывопожарной и пожарной опасности	Классификация взрывоопасных зон для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных процессов по санитарной характеристике
		Класс взрывопожароопасной зоны	Категория взрывоопасной смеси	Группа взрывоопасной смеси	
Резервуарный парк	Ан	В-1г класс 2	ПА	T2 (бутан)	1б, 2г
Узел управления запорной арматурой	Ан	В-1г класс 2	ПА	T2 (бутан)	1б, 2г
Площадка для компрессоров	Ан	В-1г класс 2	ПА	T2 (бутан)	1б, 2г
Железнодорожная эстакада слива ПБА	Ан	В-1г класс 2	ПА	T2 (бутан)	1б, 2г
Площадка установки дренажной емкости	Ан	В-1г класс 2	ПА	T2 (бутан)	1б, 2г
Здание операторной	В4	-	-	-	-

Санитарно-гигиеническая характеристика производства определена обращением ПБА, который является веществом 4-го класса опасности и обладает способностью вредного воздействия на организм человека, а также работе на открытом воздухе.

Для определения количественной оценки взрывоопасности технологического объекта технологическая схема производственного склада СУГ разделена на технологические блоки.

Для каждого технологического блока определены значения энергетического уровня и категория взрывоопасности.

Категория взрывоопасности наиболее опасного блока (каждый из резервуаров объемом 50м³), величина относительного энергетического потенциала, а также радиусы зон разрушений приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Классификация технологических блоков по взрывоопасности

Состав блока	Относительный энергетический потенциал	Категория взрывоопасности	Класс зоны по уровню опасности возможных разрушений, травмирования персонала (при давлении ударной волны)	Радиус зоны разрушения, м
Резервуар СУГ	44.01	I	1. Сильное повреждение всех зданий ($P \geq 100$ кПа).	54.195
			2. Среднее повреждение с массовыми обвалами ($P=70$ кПа).	79.87
			3. Среднее повреждение промзданий ($P=28$ кПа).	136.9
			4. Легкие повреждения фабричных труб ($P=14$ кПа).	399.3
			5. Частичное разрушение остекления ($P \leq 2$ кПа).	798.7

«По полученным результатам все блоки отнесены к I категории, в связи с этим для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывоопасных веществ при аварийной разгерметизации системы предусмотрено отсечение блоков с помощью быстродействующих отсечных клапанов с временем срабатывания не более 12 секунд.

При правильной эксплуатации оборудования склада СУГ опасность возникновения пожаров и взрывов, а также отравления и травматизма обслуживающего персонала исключены».

Для проведения операций по приему и отпуску ПБФ резервуары, газгольдер оснащены арматурой и оборудованием, а также средствами КиА, обеспечивающими безопасную эксплуатацию их при:

- наполнении и опорожнении;
- поддержания рабочего давления;
- замера уровня.

Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров непосредственно у каждого резервуара установлена арматура с ручным приводом, которая дублируется отсечными клапанами с электроприводами, устанавливаемыми в узлах управления запорной арматурой.

На каждые два резервуара предусмотрено по одному узлу управления отсечными клапанами, всего предусмотрено три узла управления.

Для выброса в атмосферу и рассеивания азотных продувок при подготовке оборудования к пуску или ремонту предусмотрена свеча рассеивания.

Диаметр свечи 300 мм, высота 30 м. Диаметр трубопровода обеспечивает необходимую скорость продувки. Высота свечи рассчитана, исходя из условий эффективного рассеивания сбрасываемых газов, исключающего образование взрывоопасных концентраций в зоне размещения оборудования.

Управление отсечными клапанами в узлах управления осуществляется:

- дистанционно из помещения управления при необходимости переключения резервуаров;
- автоматически при достижении максимального уровня в резервуарах при их заполнении;
- автоматически при достижении минимального уровня в резервуарах при их опорожнении.

При несоблюдении правил промышленной и пожарной безопасности возможны аварии, сопровождающиеся выбросом большого количества сжиженных углеводородных газов с последующим их воспламенением и сгоранием при наличии источника зажигания.

Наиболее вероятные причины возникновения взрывов и пожаров:

- загазованность территории склада (эстакада слива, резервуарный парк, площадка компрессоров) взрывоопасными парами при утечке через неплотности фланцевых соединений, сварных швов, а также при разборке оборудования и трубопроводов;

- нарушение технологического режима работы оборудования и мер безопасности, предусмотренных регламентом и инструкциями по обслуживанию;
- применение при производстве ремонтных работ на действующем производстве инструмента, дающего искру при пожаре;
- производство ремонтных работ на территории отгрузочного склада с применением открытого огня без строгого соблюдения условий безопасного проведения работ, указанных в плане проведения огневых работ, согласованном с отделом техники безопасности, газоспасательной службой и пожарной охраной и утвержденном руководителем предприятия;
- неисправность технологического и электрооборудования, электроосвещения, а также средств защиты от статического электричества и молниезащиты;
- неполное удаление воздуха из систем и трубопроводов при включении их в работу и неполное удаление паров СУГ при остановке и вскрытии оборудования.

Аварийные ситуации на объекте могут возникнуть вследствие воздействий природного характера, человеческих ошибок и технологического терроризма.

Влияние воздействий природного характера на возникновение аварийной ситуации сведено к минимуму соответствующими расчетами опор резервуаров на ветровую нагрузку.

Все оборудование снабжено средствами защиты от статического электричества и молниезащиты, заземлено в соответствии с требованиями ПУЭ.

Влияние последствий человеческих ошибок может быть сведено к минимуму применением АСУ ТП, системой ПАЗ, защитой от превышения расчетных давлений предохранительными клапанами.

Меры защиты от технологического терроризма – охранная система видеонаблюдения объекта, пропускная система.

Виды возможных предаварийных ситуаций:

- отключение электроэнергии;
- разгерметизация резервуаров;
- пролив СУГ при сливе из железнодорожной цистерны.

Электропитание энергопотребителей склада СУГ (технологического оборудования) выполнено по первой категории надежности.

Для обеспечения бесперебойного питания потребителей особой группы I категории надежности электроснабжения, при исчезновении основного электропитания, предусмотрен третий независимый источник – система бесперебойного питания – СБП, обеспечивающая работу всех элементов системы, задействованных в безаварийной остановке объекта.

При разгерметизации резервуара выделяется большое количество углеводородов (смесь пропана и бутана) как в жидкой, так и в газообразной фазе. Образуется взрывоопасное облако СУГ.

Для предотвращения развития аварийной ситуации предусматривается система ПАЗ.

Предусмотрена возможность перекачивания продукта из аварийного резервуара в рабочий, исключена возможность перелива резервуара.

В случае отсоединения шарнирных трубопроводов комплекса слива от цистерны возможен пролив СУГ.

При испарении пропан-бутановой смеси образуется взрывоопасная паровоздушная смесь.

Для предотвращения вышеописанной аварийной ситуации необходимо предусмотреть автоматическое закрытие отсечных клапанов на трубопроводах слива.

На объекте также необходимо предусмотреть возможность прекращения слива ПБА кнопками аварийного останова слива, которые

должны быть расположены на местных щитках сигнализации у каждого стояка слива.

Для предотвращения развития аварии, локализации выбросов вредных веществ в атмосферу и для снижения последствий пожара необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- ограничение растекания жидкости по производственным площадкам (отбортовка площадок);
- возможность аварийного освобождения резервуаров (перекачка из одного резервуара в другой перекачиванием компрессорами);
- установка быстродействующих отсечных клапанов с дистанционным и автоматическим управлением;
- защита резервуаров и трубопроводов от превышения давления установкой предохранительных клапанов со стравливанием взрывопожароопасной среды на свечу;
- установка сигнализаторов дозрывных концентраций во всех производственных зонах;
- охлаждение резервуаров при пожаре с помощью лафетов;
- ограничение распространения пожара с помощью противопожарных расстояний между сооружениями;
- устройство подъездных путей для подразделений пожарной охраны;
- автоматическая пожарная сигнализация.

В результате анализа возможных аварийных ситуаций с учетом особенностей слива, хранения сжиженного углеводородного газа (ПБА), категории взрывоопасности технологических блоков проектом предусмотрены мероприятия с целью снижения взрывоопасности технологических блоков производственного склада СУГ и обеспечения их безаварийной эксплуатации:

- технологическое оборудование размещено на открытой площадке, чем обеспечивается более безопасная работа;

- материальное исполнение оборудования и трубопроводов выбрано с учетом минимально возможной температуры стенок аппаратов в зимнее время (минус 56 °С) и коррозионных свойств хранимого продукта;
- технологический процесс приема, хранения и отгрузки ПБА оснащен системой контроля, сигнализации и противоаварийной защиты. Выбор системы контроля, управления и противоаварийной защиты, а также системы связи и оповещения об аварийных ситуациях по надежности, быстрдействию и другим техническим характеристикам осуществлен с учетом отнесения технологических блоков к I категории взрывоопасности;
- для предотвращения образования вакуума в резервуарах, при снижении в них давления, предусмотрена подача азота;
- для поддержания постоянного избыточного давления в резервуарах предусмотрено устройство системы двух регулирующих клапанов: на линии подачи азота в резервуары и на линии стравливания паров из резервуаров на свечу;
- для защиты резервуаров и трубопроводов от завышения давления сверх допустимого предусмотрены предохранительные клапаны. Сброс газов от предохранительных клапанов предусматривается на свечу;
- предусмотрены герметичный слив ПБА из железнодорожных цистерн;
- для слива ПБА применены комплексы, состоящие из шарнирно-сочлененных труб;
- на площадке для обслуживания сливных устройств предусмотрены кнопки дистанционного отключения компрессоров, подающих ПБА в резервуарный парк;
- для сбора атмосферных осадков и организованного отвода сточных вод с площадок сооружений склада СУГ предусматривается

устройство твердого водонепроницаемого покрытия с отбортовкой и уклоном в сторону прямков и установка подземных емкостей с вывозом загрязненных сточных вод на специализированные очистные сооружения

- предусмотрена продувка азотом оборудования и трубопроводов при остановках на ремонт и при пуске в работу;
- для трубопроводов, транспортирующих сжиженные углеводородные газы, предусмотрены трубы стальные бесшовные горяче- и холоднодеформированные с испытанием на ударную вязкость и термообработкой;
- герметичность затвора запорной арматуры соответствует классу А;
- трубопроводы, требующие в зимнее время обогрева (трубопроводы сброса на свечу и дренажные трубопроводы), проложены с электрообогревом;
- для обслуживания оборудования резервуаров и арматуры на трубопроводах предусмотрены обслуживающие площадки с ограждением и лестницами;
- все электрооборудование и осветительная аппаратура в производственной зоне склада выполнены во взрывозащищенном исполнении, соответствующем категории и группе взрывоопасных смесей, обращающихся на складе продуктов;
- электроприемники производственного склада СУГ по степени надежности электроснабжения отнесены к потребителям I категории. Группа наиболее ответственных электроприемников (АСУ ТП) имеет третий источник питания, необходимый для безаварийной остановки оборудования с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров.

Для предотвращения завывшения уровня в резервуарах при их заполнении и обеспечения безопасной работы компрессоров при откачке ПБА в резервуарах предусматривается:

- контроль уровня от трех независимых датчиков с предупредительной и предаварийной сигнализацией предельных верхнего и нижнего значений уровня от двух независимых датчиков;
- автоматическое закрытие отсечных клапанов на входе ПБА в резервуары при достижении максимального уровня в них с остановом соответствующих компрессоров;
- автоматическое закрытие отсечных клапанов на выходе ПБА из резервуаров при достижении минимального уровня и остановом компрессоров.

Установочное давление предохранительных клапанов принято с учетом противодавления в системе.

Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций на проектируемом объекте обслуживающий персонал обязан строго соблюдать технологический регламент, производственные инструкции, инструкцию по технике безопасности.

При возникновении аварийной ситуации обслуживающий персонал должен немедленно сообщить об аварии руководству объекта, принять меры по ликвидации аварии и действовать в строгом соответствии со специально разработанными инструкциями, отражающими конкретные мероприятия при возникновении различных аварийных и предаварийных ситуаций и планами локализации аварийных ситуаций (ПЛАС).

На объекте необходимо предусмотреть:

- управление процессами приема, хранения и выдачи ПБА должно осуществляться из помещения управления с применением микропроцессорной техники, максимально снижающей возможность ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса;
- помещение управления оборудовать системами телефонной и радиосвязи, сигнализации и оповещения;

- помещение управления расположить в здании операторной, выполненном устойчивым к воздействию ударной волны;
- согласно требованиям технологическая схема отгрузочного склада разделена на технологические блоки, для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывоопасных веществ при аварийной разгерметизации системы предусмотрена установка быстродействующих отсечных устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания 4÷10 секунд;
- хранение ПБА предусматривается в горизонтальных подземных резервуарах под давлением насыщенных паров, соответствующем температурным условиям наружного воздуха. Температура ПБА, подаваемого на слив соответствует температуре хранения ПБА в резервуарах. Между собой резервуары соединены газоуравнительными линиями, на которых предусмотрена установка арматуры с дистанционным управлением для оперативного отключения резервуара в аварийной ситуации;
- предусмотрена возможность аварийного освобождения резервуаров;
- на трубопроводах приема и выдачи ПБА дополнительно к коренным задвижкам установлены дистанционно управляемые отсечные клапаны, расположенные в узлах управления запорной арматурой;
- на трубопроводах подачи ПБА в резервуары установлены обратные клапаны.

Для перекачивания сжиженного углеводородного газа принять два одноступенчатых компрессорных агрегата вертикальных «Blackmer» марки HD942, производительностью 210-500 м³/час.

Для обеспечения безаварийной работы компрессоры должны быть оснащены автоматическими блокировками и системой сигнализации в

соответствии с требованиями действующих норм и документацией завода-изготовителя.

На линиях приема и нагнетания компрессоров предусмотреть установку запорной арматуры (отсечных электроклапанов) с дистанционным управлением.

Во всех производственных зонах, в местах возможного выделения взрывопожароопасных паров, (у резервуаров, у компрессоров, на эстакадах слива ПБА, у отдельно стоящего оборудования) предусмотреть установку автоматических стационарных непрерывно действующих сигнализаторов дозрывных концентраций газов и паров в воздухе рабочей зоны с подачей звукового сигнала на наружной установке и свето-звукового сигнала в операторной.

При достижении концентрации паров продукта 20% от нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ) предусмотрен предупредительный сигнал, при достижении 50% НКПВ – аварийный (с остановом компрессоров поз. к-1,2 и закрытием отсечных клапанов).

В соответствии с заданием на проектирование в состав проектируемого объекта входят следующие технологические сооружения:

- железнодорожная эстакада слива на два постановочных места;
- подземный резервуарный парк хранения ПБА;
- компрессоры;
- электрический испаритель;
- свеча;
- дренажная емкость;
- операторная.

Разработаем автоматизированную систему управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу возьмём противоаварийную защиту DELTA V с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4, производства компании «Emerson Process Management», США.

Датчики и преобразователи системы контроля и управления приняты отечественного производства. Исполнительные механизмы будут – отсечные и регулирующий клапаны (также отечественного производства), электроприводные, со временем срабатывания не более 12 сек.

Так как процесс слива ПБА является периодическим, то автоматизацию его, учитывая категорию взрывоопасности, должна быть выполнена на достаточно высоком уровне.

Так как технологическое оборудование располагается на открытых площадках, предусмотрим непрерывный контроль загазованности со звуковым оповещением персонала по месту, отключением технологического оборудования и перекрытием технологических трубопроводов в опасной зоне. В помещении управления, на АРМ оператора, также появляется свето-звуковая сигнализация о загазованности, состоянии оборудования и положении отсечных клапанов при достижении НКПР 50%.

Контроль и управление процессом будет осуществляться оперативным персоналом из помещения управления, размещенном в здании операторной, куда выводится вся оперативная информация. Выбранная система управления и средства автоматизации позволяют не только быстро получить и проанализировать информацию, отображаемую на технических средствах предоставления информации, а также оперативно отреагировать в соответствии с разработанными алгоритмами системы управления и противоаварийной защиты.

Все контуры контроля и управления будут показаны на технологических схемах с автоматизацией.

Объем информации, которая обрабатывается и формируется в системе контроля и управления, подробный перечень технологических параметров с указанием уставок сигнализации, перечнем операций по включению,

отключению оборудования или другому воздействию будет представлена во время апробации системы.

Для режимов пуска – останова, приема – отгрузки ПБА, аварийных ситуаций, планового обследования оборудования сохранится местное и дистанционное управление технологическим оборудованием, местный контроль и сигнализация.

Системой контроля и управления реализуются следующие функции:

- контроль технологических параметров как по месту, так и централизованно;
- автоматическое регулирование технологических параметров, определяющих состояние технологического процесса;
- расчетные и вычислительные операции, необходимые для автоматического регулирования;
- сигнализация отклонения технологических параметров от заданных значений централизованно и по месту;
- противоаварийная защита технологического оборудования и персонала при нарушениях технологического процесса и аварийных ситуациях (система ПАЗ);
- сигнализация состояния технологического оборудования, регулирующей и запорной арматуры;
- дистанционное управление исполнительными механизмами регулирующих и запорных устройств, технологическим оборудованием;
- формирование отчетов (сменных, суточных, месячных) [6].

В состав каждой подсистемы (PCY и ПАЗ) входят:

- процессорные модули, модули ввода – вывода электрических сигналов различного вида, для подключения входных/выходных сигналов;
- системные каркасы для размещения модулей и организации внутренних шин передачи данных.

Произведём выбор и размещение средств автоматизации.

Средства автоматизации выбраны электронной ветви ГСП на базе токового сигнала 4...20 мА.

Средства автоматизации предусмотрены отечественного производства, во взрывозащищенном или искробезопасном исполнении, имеют разрешения на применение, свидетельства и сертификаты взрывозащищенного электрооборудования, внесены в Госреестр средств измерения РФ [6].

Регулирующие и отсечные клапаны предусматриваются Котельниковского арматурного завода, с электроприводами типа МЭП (изготовитель – ОАО «СКБ СПА» г. Чебоксары), комплектуются блоками сигнализации положения типа БСПТ и ручными дублерами. Клапаны поставляются в комплекте с указанным оборудованием, отрегулированы на время срабатывания 4...10 сек, что соответствует указанным в опросных листах требованиям [7].

Комплекс технических средств автоматизации разработан в следующем составе:

- датчики, чувствительные элементы, первичные приборы, местные посты сигнализации, которые размещаются непосредственно на технологическом оборудовании и трубопроводах, а также на металлоконструкциях по месту;
- контроль параметров, определяющих взрывоопасность процесса, предусмотрен не менее, чем от двух датчиков с независимыми точками отбора;
- на аппаратах с СУГ предусмотрено по два уровнемера. Предупредительная и предаварийная сигнализация предельных уровней предусмотрена от двух независимых датчиков;
- предусмотрен непрерывный контроль загазованности с использованием сигнализатора термохимического типа СТМ 10-0010Д, с фиксированием участка превышения ДВК и свето-

звуковой сигнализацией в помещении управления и звуковой сигнализацией по месту;

- аппаратура питания, управления, преобразования сигналов, микропроцессорные контроллеры систем РСУ и ПАЗ, оборудование искрозащиты размещаются в помещении аппаратной здания операторной;
- операторские станции на базе персональных ЭВМ – АРМ оператора-технолога – размещены в помещении управления, также размещенного в здании операторной;
- системы РСУ и ПАЗ размещены в разных секциях шкафа ША и имеют необходимый резерв по входам-выходам. Системой предусмотрено горячее резервирование процессоров РСУ и ПАЗ, резервирование датчиков системы ПАЗ, отдельные каналы входной информации и управляющего воздействия;
- предусмотрен электрообогрев средств автоматизации.

Прокладка кабельных трасс систем автоматизации на наружной установке предусматривается кабелями устойчивыми к низким температурам в оболочках, не поддерживающих горение типа КВВЭБМ-ХЛнг, рекомендованными инструкциями по монтажу средств контроля и автоматизации, с учетом требований действующих норм промышленной и пожарной безопасности [8].

Приборы и средства автоматизации, требующие щитового монтажа, размещены на щитах каркасных, установленных в аппаратной. Т

Питание приборов и средств автоматизации электроэнергией предусмотрено по особой группе I категории, что обеспечивается источником бесперебойного питания типа СБП, установленного в аппаратной.

Электроприводы регулирующих и отсечных клапанов обеспечены электропитанием по особой группе I категории, что позволит обеспечить их закрытие или открытие в случае возникновения аварийной ситуации в

течение 30 мин. Потребляемая мощность для средств автоматизации составляет не более 3 КВа.

Предложенная система безопасности ПАЗ складывается из следующих элементов:

- дублирование системы;
- контроль доступа;
- регистрация событий;
- контроль достоверности информации [41].

Система противоаварийной защиты (ПАЗ) агрегата метанола выполнена на базе распределенной системе управления (PCY) Delta V фирмы Emerson Process Management. PCY ПАЗ агрегата состоит из микропроцессорных контроллеров, блоков питания и устройств ввода/вывода. Все элементы системы дублированы.

Связь между контроллерами осуществляется по счетверенной сети. Сеть «Delta V» физически отделена от общезаводской локально вычислительной сети [8].

Интерфейс оператора осуществлен на рабочих станциях через элементы мнемосхемы. В случае выхода из строя рабочей станции все функции каждого оператора дублируются на станции технолога смены [8].

Возможность оперативного персонала производить функции управления: изменять задание или выходной сигнал регуляторов, принимать (квитировать) сигнализации, производить действия в цепях блокировок зависит от назначенных персоналу прав доступа. Права доступа назначаются индивидуально и пофамильно. Имеются следующие уровни доступа [42].

Системный инженер – имеет право назначать права другим пользователям, производить изменения алгоритма управления или защиты, осуществлять оперативное управление во всех областях производства, производить действия в цепях блокировок.

Мастер, ответственный за систему ПАЗ – имеет право производить действия в цепях блокировок (деблокировать любой датчик для его планового отключения).

Начальник или технолог смены – имеет право производить оперативное управление в любой области производства, производить действия в цепях блокировок, разрешенных для оперативного персонала (пусковые деблоки).

Аппаратчик (оператор) – имеет право производить оперативное управление в своей области обслуживания производства, контролировать параметры в других областях производства, производить действия в цепях блокировок, разрешенных для оперативного персонала (пусковые деблоки) в своей области обслуживания производства.

Пользователь без регистрации в системе – имеет право осуществлять контроль текущих параметров [43].

Для того, чтобы получить назначенные права, пользователь обязан зарегистрироваться в системе, т.е. ввести свою фамилию и личный (секретный) пароль.

Прохождение и снятие всех сигнализаций, и все действия персонала записываются в журнал регистрации событий с указанием даты, времени, названии рабочей станции и имени регистрации пользователя.

В случае, когда имеются дублированные (троированные) показания датчиков или подтверждения положения исполнительных механизмов, система контролирует и посредством сигнализаций или транспарантов на МСХ указывает оперативному персоналу о случаях несоответствия таких параметров.

Функции ПО:

- отображение информации о ходе технологического процесса на экране в виде цветных графических, динамичных мнемосхем;
- оперативное управление технологическим процессом с клавиатуры.
- контроль действий оператора;

- защита от несанкционированного доступа к контролю и управлению;
- вывод на экран оперативных сообщений;
- сбор и отображение информации об истории технологического процесса;
- отображение графиков текущих значений технологических параметров;
- возможность вывода необходимой информации на печать [9].

В АСУТП отделения налива входят:

- АРМ оператора на основе двух одномониторных ПЭВМ фирмы «DELL»;
- ПЭВМ, подключенная через общезаводскую сеть к системе Oracle Applications;
- два концентратора «3COM» и два оптоволоконных модуля;
- два резервируемых контроллера фирмы «Fisher-Rosemount» (с индивидуальными блоками питания);
- модули связи с объектом фирмы «Fisher-Rosemount» (устройства, предназначенные для связи контроллеров с датчиками и исполнительными устройствами);
- датчики и исполнительные устройства (полевой КИП и электрооборудование) [10].

Контроль и управление технологическим процессом отделения налива можно производить с АРМ технолога смены, в экстренных случаях – с АРМ наладчика системы [44].

Краткое описание построения АСУ ТП отделения налива.

Основное ПО (алгоритмы ввода-вывода данных, обработка данных по определённым алгоритмам и процедурам, сбор и архивация данных по технологическому процессу и др.) находится в контроллерах.

Управление технологическим процессом осуществляется контроллерами по заранее заданным алгоритмам и (или) командам

оператора. АРМ оператора построено на базе программного обеспечения «Delta V» и позволяет в установленных рамках осуществлять контроль и управление технологическим процессом. Оператор в принятии решения имеет приоритет над контроллерами (в любой момент может вмешаться в ход технологического процесса).

В целях повышения отказоустойчивости системы произведено «горячее» резервирование контроллеров, концентратора и линий связи (контроллер – концентратор; концентратор – ПЭВМ) [45].

При выходе из строя одного из контроллеров резервный контроллер безударно возьмёт на себя все функции управления технологическим процессом, то есть сохранит все уставки и задания, находившиеся в памяти рабочего контроллера, и продолжит программу управления ТП с того места, на котором она прервалась. Также безударно система перейдёт на резерв при неисправности концентратора или какой-либо линии связи.

Обо всех неполадках система сообщит оператору с помощью визуального отображения тревоги на АРМ (более подробно об этом описано ниже). При выходе из строя АРМ оператора контроль и управление технологическим процессом осуществляется с АРМ технолога смены (в экстренных случаях – с АРМ наладчика системы).

Для удобства работы оператора на автоматизированном рабочем месте предусмотрена следующая визуализация:

- показание текущего значения аналоговых переменных (температуры, давления, расхода, уровня, аналитических показателей);
- показание текущего значения аналоговой переменной в графическом виде;
- изменение цвета символа электрооборудования в зависимости от состояния (включено - зеленый, отключено – серый).

В АРМ оператора необходимо предусмотреть автоматическое появление на панели:

- тревог;
- ссылок на сообщения об отклонениях технологического процесса.

Аварийные сообщения сопровождаются звуковым сигналом и миганием фона определённого цвета (согласно приоритету Аларма) на ссылке. Все сообщения автоматически заносятся в память ЭВМ и могут быть просмотрены в дальнейшем, как в режиме реального времени, так и после выхода из программы средствами операционной системы. Кроме того, аварийные сообщения могут фиксироваться на внешнем печатающем устройстве (принтере), установленном на станции интегрирования. Все виды тревог необходимо квитировать (указать системе, что оператор обратил внимание на данную сигнализацию).

При создании визуализации необходимо учитывать следующие требования:

- цвет условного изображения технологических линий (трубопроводов) – опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки;
- простота, наглядность и эстетичность графического изображения (опускание несущественных и вспомогательных элементов технологической схемы);
- оптимальное цветовое оформление рисунка, отсутствие пестроты, утомляющей глаза оператора;
- максимальная информативность визуализации, изображение всех дистанционно контролируемых и управляемых технологических параметров и оборудования (в динамике);
- привычные ассоциации оператора (связь между представлениями, возникающими у человека на основе прошлого опыта).

Вывод по разделу.

В разделе разработаны все необходимые мероприятия, обеспечивающие безопасную работу объекта, а именно:

- во взрывоопасных зонах устанавливаются приборы во взрыво- и искробезопасном исполнении;
- кабельные трассы прокладываются с учетом защиты от механических повреждений;
- все электрооборудование, контрольно-измерительные приборы, щит КиА зануляются и заземляются в соответствии с действующими нормами и правилами.

Разработана автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу выбрана противоаварийная защита DELTA V с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4, производства компании «Emerson Process Management», США. Датчики и преобразователи системы контроля и управления приняты отечественного производства. Исполнительные механизмы – отсечные и регулирующий клапаны (также отечественного производства), электроприводные, со временем срабатывания не более 12 сек.

Так как процесс слива ПБА является периодическим, то автоматизацию его, учитывая категорию взрывоопасности, выполнена на достаточно высоком уровне.

Так как технологическое оборудование располагается на открытых площадках, предложены средства, обеспечивающие непрерывный контроль загазованности со звуковым оповещением персонала по месту, отключением технологического оборудования и перекрытием технологических трубопроводов в опасной зоне.

В помещении управления, на АРМ оператора, также предложена светозвуковая сигнализация о загазованности, состоянии оборудования и положении отсечных клапанов при достижении НКПР 50%.

Контроль и управление процессом будет осуществляться оперативным персоналом из помещения управления, размещенном в здании операторной, куда выводится вся оперативная информация.

Выбранная система управления и средства автоматизации объединяется в сеть CSSI, которая позволяет не только быстро получить и проанализировать информацию, отображаемую на технических средствах предоставления информации, а также оперативно отреагировать в соответствии с разработанными алгоритмами системы управления и противоаварийной защиты.

Модель CSSI поддерживает эффективную реализацию интеллектуальной модели прогнозного технического обслуживания для нефтегазовых компаний среднего уровня. Новые данные создаются с помощью датчиков в общей и контролируемой сети.

Затем информация, собранная с датчиков, передается между инфраструктурой прогнозируемого технического обслуживания, такой как межмашинные соединения, системы управления и т.д., через распределенные сети. Стандарты (правовые, технические, нормативные или социальные) позволяют агрегировать эту информацию/данные во времени и пространстве.

Собранная информация коллективно используется для анализа, а затем передается на реализацию. Модель замкнутого цикла обеспечивает доступность исторических данных об оборудовании, прогнозной информации о конкретном оборудовании и общей информации.

АСУ ТП при помощи ПО оператора позволяет осуществлять:

- контроль над ходом технологического процесса на подконтрольных объектах;
- управление технологическим процессом на подконтрольных объектах;
- дистанционное, автоматическое и ручное (с клавиатуры) управление регулирующими клапанами;

- дистанционное, автоматическое и ручное (с клавиатуры и (или)) управление работой электрооборудования;
- контроль действий аппаратчика;
- идентификацию аппаратчика как пользователя системой;
- защиту от несанкционированного доступа к управлению процессом;
- защиту от заведомо неправильных действий персонала;
- печать отчетов.

Структура IPM и модель CSSA сокращают вмешательство человека в техническое обслуживание, повышают доступность оборудования, повышают показатели безопасности, поскольку большинство прогнозных решений по техническому обслуживанию основаны на огромных новых данных, полученных в консультации с производителями оригинального оборудования (ОЕМ-производителями), используют такие технологии, как интеллектуальные решения, киберфизические системы, IoT, iOS, облачные вычисления.

3 Опытнo-экспериментальная апробация системы мониторинга в области промышленной безопасности

3.1 Результаты реализации системы мониторинга в области промышленной безопасности

В работе разработана автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу взята противоаварийная защита «Delta V» с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4.

Автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов выполнена в качестве автоматизированного рабочего места (АРМ) аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции [2].

АРМ аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции разработано на базе программного обеспечения (ПО) «Delta V», фирмы: «Fisher-Rosemount». АРМ оператора включает в себя две операторских станции. В качестве операторской станции используется персональная ЭВМ фирмы «Huawei» с одним жидкокристаллическим монитором.

АРМ оператора предназначено для автоматизированного сбора, обработки и представления информации о ходе технологического процесса (ТП) в отделении налива, а также для управления ТП производства в стационарном (нормально установившемся) режиме и при изменении нагрузки на агрегате.

Данное программное обеспечение (ПО) АРМ позволяет оператору осуществлять централизованный контроль и управление технологическим процессом в отделении налива.

ПО позволяет открывать на экранах различные МСХ и окна, перемещать их по экрану.

Рабочий стол монитора состоит из 3 окон: окна панели инструментов (рисунок 1), главного окна (окна мнемосхемы) (рисунок 2) и окна строки Алармов (рисунок 3). Панель инструментов находится в верхней части экрана.



Рисунок 1 – Окно панели инструментов



Рисунок 2 – Главное окно.

В верхней части находятся кнопки – криптограммы (кнопки с условным графическим изображением), клик левой «мышкой» на них приводит к определённым действиям.

Кнопки панели инструментов обеспечивают доступ (одним левым кликом) к основным экранам, каталогам и приложениям.

Главное окно расположено в центре экрана и отображает МСХ с изображением технологического процесса: основное технологическое оборудование (аппараты, насосы, задвижки и т.д.), основные технологические линии трубопроводов, запорной и регуливающей арматуры (регулирующих клапанов, отсечных клапанов, электрозадвижек) в соответствии с технологическими схемами. Кроме того, на МСХ отображаются действительные значения технологических параметров: температуры, давления, расхода, уровня, концентрации и т.д. в месте измерения, в соответствии с технологическими схемами.

Строка Алармов (рисунок 3) расположена в нижней части рабочего стола. Пять больших кнопок используются для уведомления оператора о пяти активных Алармах, имеющих наивысший приоритет. На кнопке выводится имя модуля управления (название параметра, значение которого достигло граничного значения) сгенерированной сигнализации. При нажатии на эту кнопку в главном окне рабочего стола откроется МСХ соответствующей стадии технологического процесса и окно Аларма.

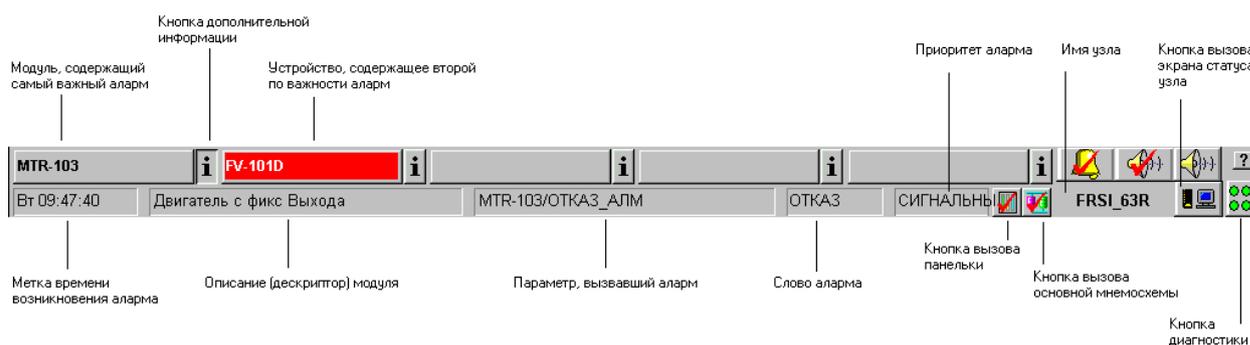


Рисунок 3 – Строка Алармов

Алармы выводятся в строке Алармов слева направо в порядке важности. Строка Алармов зарезервирована для отображения в каждый

момент времени пяти самых важных Алармов. Важность Аларма определяется следующими критериями:

Неподтвержденный Аларм важнее подтвержденного.

Для Алармов с одинаковым статусом подтвержденности, важность определяется их приоритетом (критический, сигнальный, предупредительный). Наибольшую важность имеют критические Алармы, а наименьшую – сигнальные.

Если Алармы имеют одинаковый приоритет и статус подтвержденности, важность определяется по меткам времени Алармов. При этом наиболее важными будут самые последние Алармы.

Мнемосхемы по назначению делятся на два типа (рисунок 4):

- технологический экран предназначен для контроля и управления технологическим процессом;
- структурная блок-схема системы блокировок предназначена для контроля срабатывания и контроля правильности возвратных действий в системе ПАЗ.

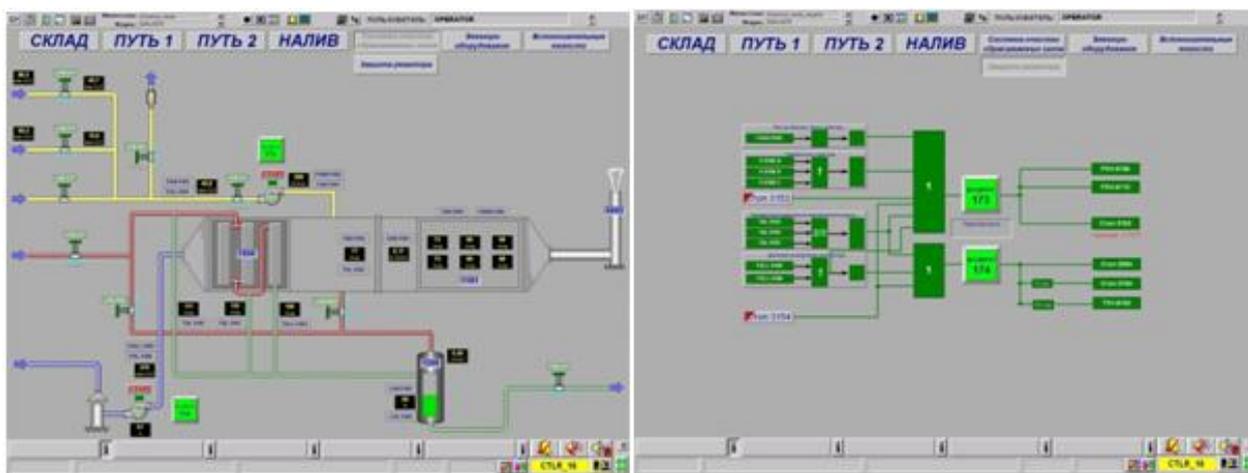


Рисунок 4 – Мнемосхемы.

Кроме того, нижняя часть экрана, общая для всех мнемосхем, выделена для отображения наиболее приоритетных в данный момент сигнализаций и блокировочных сигналов.

На технологических экранах блокировочные позиции отображаются в местах, логически привязанных к технологической схеме с учетом места установки датчиков или исполнительных механизмов. Они имеют вид прямоугольника с указанием позиции блокировки.

Неактивные индикаторы блокировки имеют серый цвет.

Активные, в зависимости от ситуации: желтый или красный цвет.

Неподтвержденная блокировочная сигнализация – мигает. Желтый цвет показывает, что для данной блокировки имеется сработка одного из подтверждающих сигналов. Красный цвет блокировочного индикатора указывает на сработку этой позиции или запуск таймера исполнения. При наведении курсора на блокировочный индикатор появляется транспарант с величиной уставки предельной величины сработки блокировки.

При нажатии на блокировочный индикатор (рисунок 5) вызывается панелька, на которой указана позиция блокировки, ее описание, сработавшие подтверждающие или исполнительные сигналы. С этой панельки происходит квитирование сигнализации, вызов истории срабатывания и переход на МСХ происхождения этой блокировки.

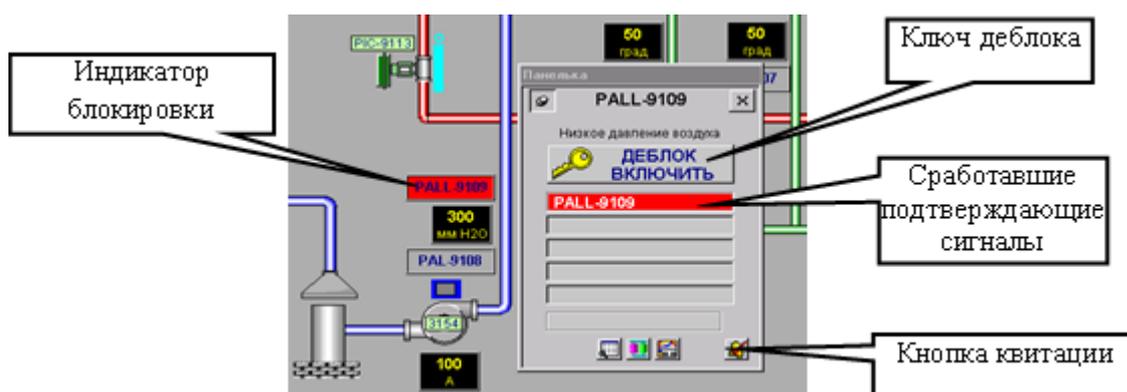


Рисунок 5 – Блокировочный индикатор

При наличии технологического деблока этого параметра, на панельке отображается кнопка деблокирования (постановки в блок, если параметр деблокирован).

На блок-схеме системы ПАЗ более подробно указан алгоритм обработки исполнения блокировочного сигнала и взаимосвязь его с исполнительными цепями. Внутренний алгоритм обработки блокировки состоит из первичных основных и подтверждающих индикаторов, логических элементов и таймеров. Зеленым цветом показаны неактивные элементы сборных цепей блокировки. Красным цветом – активные (сработанные) элементы. При включенном деблоке параметра, в месте разрыва цепи появляется изображение ключа.

При наведении курсора на первичные основные или подтверждающие индикаторы появляется транспарант с наименованием модуля формирования этого сигнала. При нажатии на первичный индикатор блокировки вызывается панелька, соответствующая модулю формирования этого сигнала. При нажатии на сборный индикатор блокировки вызывается панелька, соответствующая этой блокировке.

Описание работы кнопок возврата (рисунок 6).

При собранном возврате индикатор кнопки имеет зеленый цвет, иначе – красный.

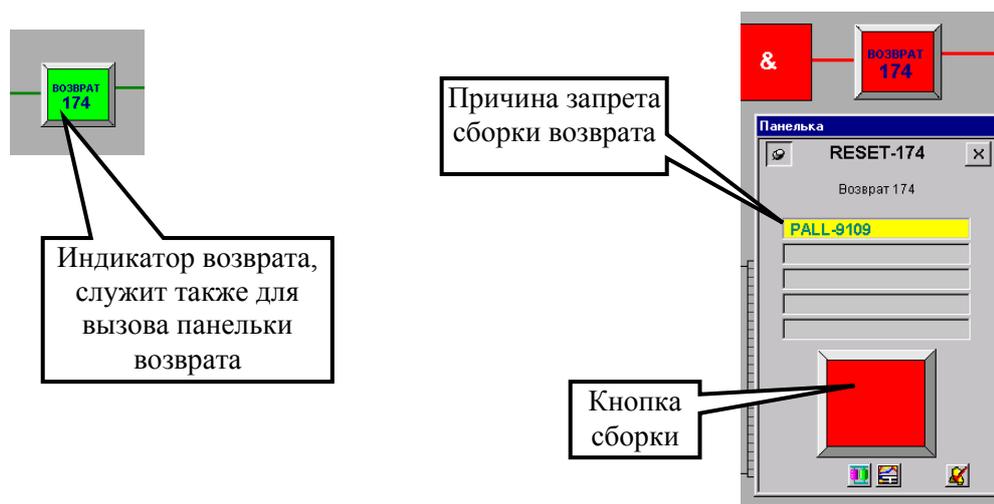


Рисунок 6 – Кнопки возврата

При нажатии на кнопку возврата вызывается панелька управления возвратом. Для сбора возврата необходимо нажать кнопку на панельке.

Существует проверка разрешения сборки возврата. К ней относится проверка снятия причин и контроль закрытия основных клапанов относящихся к данному возврату. При наличии причин, препятствующих сборке возврата, на панельке высвечиваются сообщения с указанием этих причин.

Описание работы кнопок аварийной остановки оборудования.

В системе защиты отделения налива существуют следующие типы кнопок аварийной остановки оборудования:

- кнопки на технологических экранах или структурных блок-схемах;
- механические кнопки, установленные по месту установки оборудования, в том числе кнопка остановки налива;
- аварийная независимая от РСУ «Delta V» кнопка остановки налива на ДПУ.

При нажатии кнопки аварийной остановки на технологических экранах или структурных блок-схемах вызывается панелька с указанием позиции и описателя. Для защиты от случайного нажатия предусмотрена следующая процедура использования кнопки:

- вызвать панельку управления кнопкой путем нажатия индикатора кнопки на технологическом экране или структурной блок-схеме. В пассивном состоянии изображение кнопки аварийной остановки закрыто штриховкой;
- на панельке нажать индикатор «Открыть», при этом штриховка на изображении кнопки исчезает, появляется сообщение «Взведена» и запускается 10-ти секундный таймер. Если в течение этого времени кнопка не была нажата или нажат индикатор «Отмена», кнопка переходит в пассивное состояние;
- при нажатии на изображение кнопки аварийной остановки в активном состоянии подается сигнал в цепи исполнения остановки, а на панельке появляется сообщение «Исполнена».

Для предотвращения ложных остановок оборудования производства от «дребезга» контактов и от обрыва цепи механической кнопки аварийной

остановки установленной по месту установки оборудования к исполнению принимается факт отпускания кнопки, если длительность нажатия не превышала 10 сек и была не менее 2 сек. При нажатии кнопки в строке сигнализации появляется сообщение с указанием позиции и словом «Нажата», при правильном срабатывании «Исполнена», при интервале менее 2 сек или более 10 сек – «Сбой».

Управление технологическим процессом.

Информационные окна, окна в которых в цифровой форме отражается реальное значение технологического параметра в текущий момент времени, расположены в соответствии с технологическими схемами.

При подведении курсора «мышки» к объекту на МСХ (двигатель, клапан, ёмкость и т.д.) появится надпись с названием данного объекта. Если в это время кликнуть левой «мышкой» получаем доступ к управлению объектом.

Контроль Алармов.

Если с модулем управления связаны какие-либо Алармы и по ходу процесса такой Аларм генерируется, имя модуля будет отображено в строке Алармов (рисунок 7), расположенной в нижней части экрана оператора, а рамка (вокруг панели отображения значения параметра) будет мигать цветом соответствующего приоритета (красный, желтый).

Алармы имеют приоритеты по убыванию (критический, предупредительный или сигнальный) и состояние: подтвержденный или неподтвержденный.

Неподтвержденные Алармы важнее, чем подтвержденные. Среди Алармов, имеющих одинаковые приоритет и состояние, важнее те, которые имеют более позднее время срабатывания. Если имеется более пяти Алармов, отображаются пять из неподтвержденных, имеющие самые высокие приоритеты.

Нажатие маленькой кнопки, расположенной справа от кнопки Аларма, отображает дополнительную информацию об Аларме в строке, расположенной под кнопками сигналов.

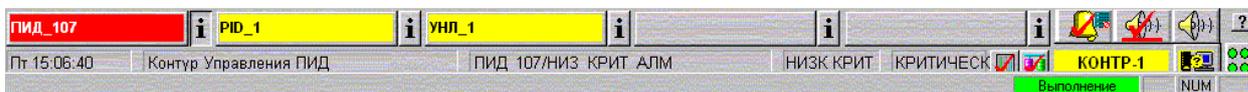


Рисунок 7 – Строка Алармов

Оператор может нажать на кнопку Аларма, чтобы сразу перейти к экрану, указанному в качестве основной мнемосхемы для данного модуля, одновременно в этом экране раскрывается окно Аларма этого модуля (рисунок 8).

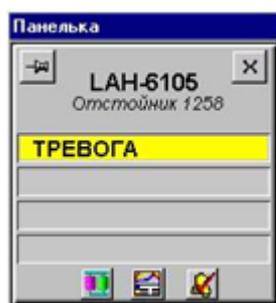


Рисунок 8 – Окно Аларма.

Чтобы подтвердить получение Аларма необходимо:

- нажать большую кнопку «Аларм» в левом углу строки Алармов (или нажать клавишу «Insert»), чтобы открыть панель Алармов данного модуля;
- нажать кнопку «Аларм» в нижней части панели модуля (или нажать клавишу «Enter»), чтобы подтвердить получение всех Алармов в этом модуле.

При прохождении звукового Аларма нажать кнопку «Отключение сирены» (или нажмите клавишу «Delete»). Однако это не будет подтверждением получения Аларма.

В дополнение к Алармам, которые выводятся на мнемосхемах процесса, стандартное окно сводки Алармов показывает все активные Алармы и их приоритеты.

Экран Сводки Алармов показывает до 250 активных Алармов. Можно использовать этот экран для просмотра и подтверждения активных Алармов.

Для того чтобы открыть экран Сводки Алармов из строки инструментов Среды Оператора Delta V, выбрать экран Список Алармов (рисунок 9).

Для того чтобы выбрать область производства, для которой будут выводиться активные Алармы, используйте опцию Выбор Области (щелкнуть кнопку «3 точки»).

Аларм можно подтвердить, щелкнув столбец «Пдт» для этого Аларма. Для того чтобы выполнить с Алармами другие операции (например, вызвать панельку или основную мнемосхему модуля), выбрать Аларм из списка и использовать для работы с ним имеющиеся на экране сводки Алармов кнопки и контекстные меню. Для отображения алармов используется объект сводка Алармов.

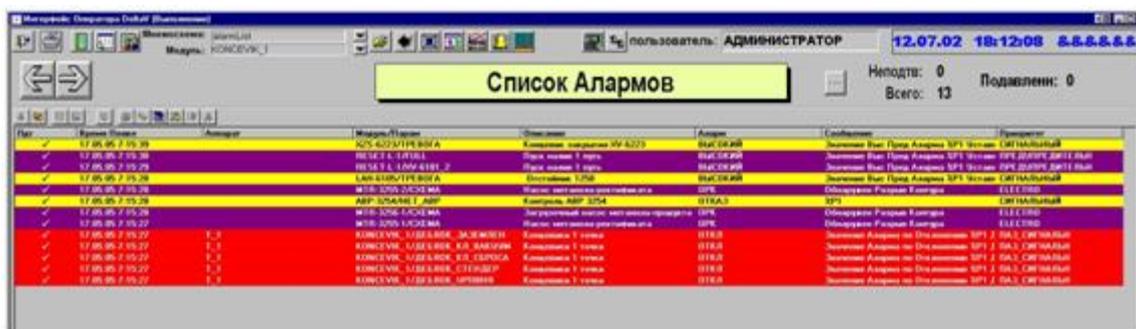


Рисунок 9 – Экран «Сводка Алармов»

Этот экран показывает общее число активных Алармов, число неподтвержденных и подавленных Алармов для текущей области и список Алармов, содержащий следующую информацию (столбцы):

- Пдт – статус подтверждения;
- время Появл – время активизации Аларма. Если Аларм был активен в момент переключения контроллеров, он воссоздается с новой меткой времени;
- аппарат – аппарат, которому принадлежит модуль, выдавший Аларм;
- модуль/параметр – имя модуля и параметра Аларма;
- описание модуля – название модуля, выдавшего Аларм. Пользователь задает описание в свойствах модуля с помощью Проводника Delta V или Студии Управления;
- аларм – слово Аларма, такое как ИС (Изменение Состояния) или ВИН (Выход Из Нормы), которое появляется, когда Аларм активен. Слово Аларма характеризует тип Аларма;
- сообщение – сообщение, связанное с Алармом. Формат сообщения Аларма определяется типом Аларма. Параметры модуля, значения которых регистрируются в сообщении Аларма, определяются пользователем;
- приоритет – слово, такое, как Критический, Предупредительный, Сигнальный или сконфигурированное пользователем, которое показывает важность события для оператора и приоритет Аларма на рабочей станции. Приоритет влияет на порядок, в котором Алармы появляются на этом экране и в Строке Алармов.

Экран Фильтр Алармов по Областям позволяет включать области, для которых будут выводиться Алармы, и выключать области, Алармы для которых выводить не нужно. Выключенная область фильтруется.

Для фильтрации Алармов по большому количеству областей (до 100) в системе Delta V с помощью экрана Фильтра Алармов, необходимо выполнить следующие действия:

- установить флажок рядом с областью, Алармы которой должны выводиться в Строке Алармов, на экране Сводки Алармов и на экране Подавленных Алармов;
- сбросить флажок для фильтрации Алармов данной области, т.е. для предотвращения появления этих Алармов в Строке Алармов, на экране Сводки Алармов, на экране Подавленных Алармов и экране Фильтра Алармов;
- щелкнуть кнопку «Вкл Все» для того, чтобы увидеть Алармы всех областей, которые могут быть включены. Щелкните кнопку «Выкл Все» для фильтрации Алармов (то есть, для предотвращения их индикации) всех областей;
- щелкнуть «область» (производства) для того, чтобы просмотреть подробную информацию (например, время Аларма, модуль, описатель модуля, параметр Аларма и слово Аларма) об Алармах этой области;
- щелкнуть Аларм в зоне подробной информации правой кнопкой и выберите опцию контекстного меню, чтобы открыть экран Панельки, Детальной Панельки или экран основной управляющей мнемосхемы.

Общее число неподтвержденных, активных и подавленных Алармов для каждой неотключенной области производства выводится около имени области. Общее число Алармов, число неподтвержденных и подавленных Алармов выбранной области также выводится в верхней части ее детального окна Алармов.

Фильтрация Алармов влияет только на их представление в Среде Оператора Delta V. Она не влияет на базу данных журнала событий или на соответствие рабочих станций, пользователей и Алармов, определенное в

Проводнике Delta V. Фильтрация Алармов влияет только на ту рабочую станцию, на которой был установлен фильтр, и не зависит от пользователя.

Также, на МСХ, при генерации Алармов по каким-либо параметрам, начинают мигать окна сигнализаций этих параметров.

Цвет окна сигнализации зависит от приоритета Аларма:

- желтый – сигнальный;
- красный – критический.

Мигание будет продолжаться до подтверждения Аларма оператором, действиями, указанными выше.

Окно сигнализации остается видимым пока значение параметра не войдет в норму, в этом случае окно сигнализации принимает серый цвет.

Контроль технологических параметров

Если навести курсор «мышки» на какой либо технологический объект, раскроется подсказка, описывающая данный технологический объект.

Текущее значение параметра в данной точке выведено на окно аналоговой переменной технологического параметра. Подведя курсор «мышки» к окну можно прочитать название технологической позиции.

Если кликнуть левой кнопкой «мышки» на этом окне, то раскроется панель данного модуля (рисунок 10).

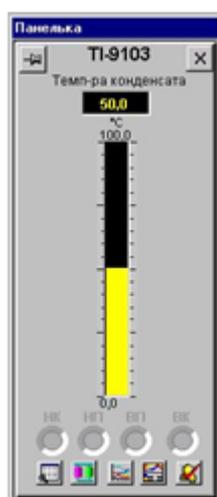


Рисунок 10 – Панель аналоговой переменной.

Мигание или наличие постоянной синей рамки вокруг окна параметра, синей черты под кнопкой вызова детальной панельки на панели модуля технологического параметра (рисунок 11) означает недостоверность сигнала по данному параметру (обычно ошибка ввода- вывода).

В случае недостоверности сигнала по какому-либо параметру оператор вызывает панельку модуля по данному параметру и нажатием кнопки отрывает детальную панельку модуля параметра для получения дополнительной информации (рисунок 11).



Рисунок 11 – Детальная панелька модуля аналогового сигнала.

Детальная панелька модуля параметра позволяет просмотреть уставки тревог и настройки модуля в цифровой форме, а также причину недостоверности сигнала

Позиции параметров с недостоверным сигналом, а также полученную о них информацию, оператор должен сообщить начальнику смены для решения вопроса об устранении неисправности.

Контроль уровня.

Визуальное отображение показаний уровнемера на примере показания уровня в сборнике конденсата 1259, представлено на рисунке 12.

Левый клик по окну с цифровым отображением уровня открывает панельку модуля аналоговой переменной параметра (описание смотри выше).

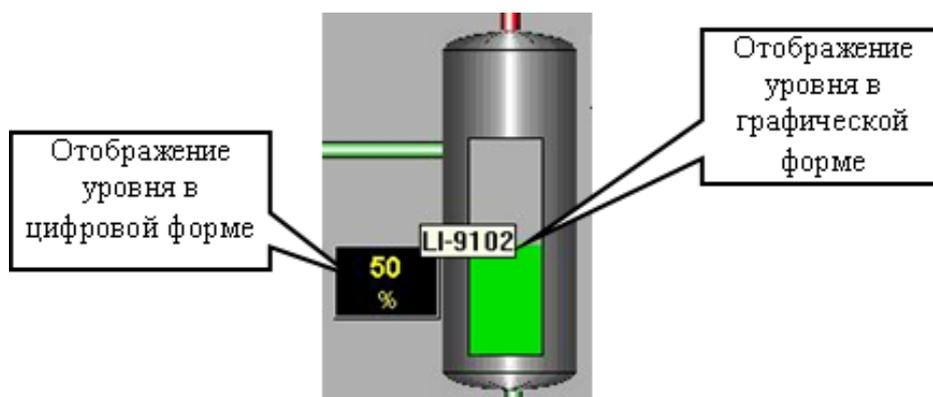


Рисунок 12 – Уровень в сборнике конденсата

На МСХ в окнах технологических параметров, на панельках регуляторов уровень отображается в процентах от шкалы соответствующего датчика. Дискретные сигналы, генерируемые от дискретных датчиков и дискретных модулей системы, используются в системе ПАЗ и сигнализации котла, управлении отсекающими клапанами, электродвигателями задвижек, нагнетательного оборудования.

Управление регуляторами. При клике левой «мышкой» на изображение регулирующего клапана появляется панелька регулятора, изображённая на рисунке 13. Также панельку регулятора можно вызвать, щелкнув левой «мышкой» по окну регулятора. В верхней части панельки регулятора отображено название регулятора и технологической позиции.

Слева располагается кнопка «скрепка». Нажатие на эту кнопку позволяет зафиксировать панель регулятора на экране МСХ поверх интерфейса оператора, что даёт оператору возможность открыть другие панельки регуляторов.

Ниже располагаются три цифровых индикатора, на которых отображаются (слева направо):

- показания входного сигнала в единицах измерения (жёлтый цвет);
- задание регулятора в единицах измерения (белый цвет);
- показания выходного сигнала (сигнал на управление регулирующим органом) в процентах (голубой цвет).

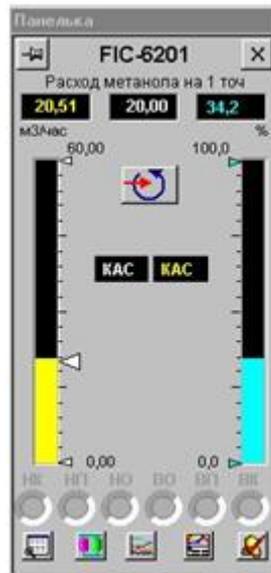


Рисунок 13 – Панелька регулятора.

Режимы работы регулятора отображаются в информационных окнах.

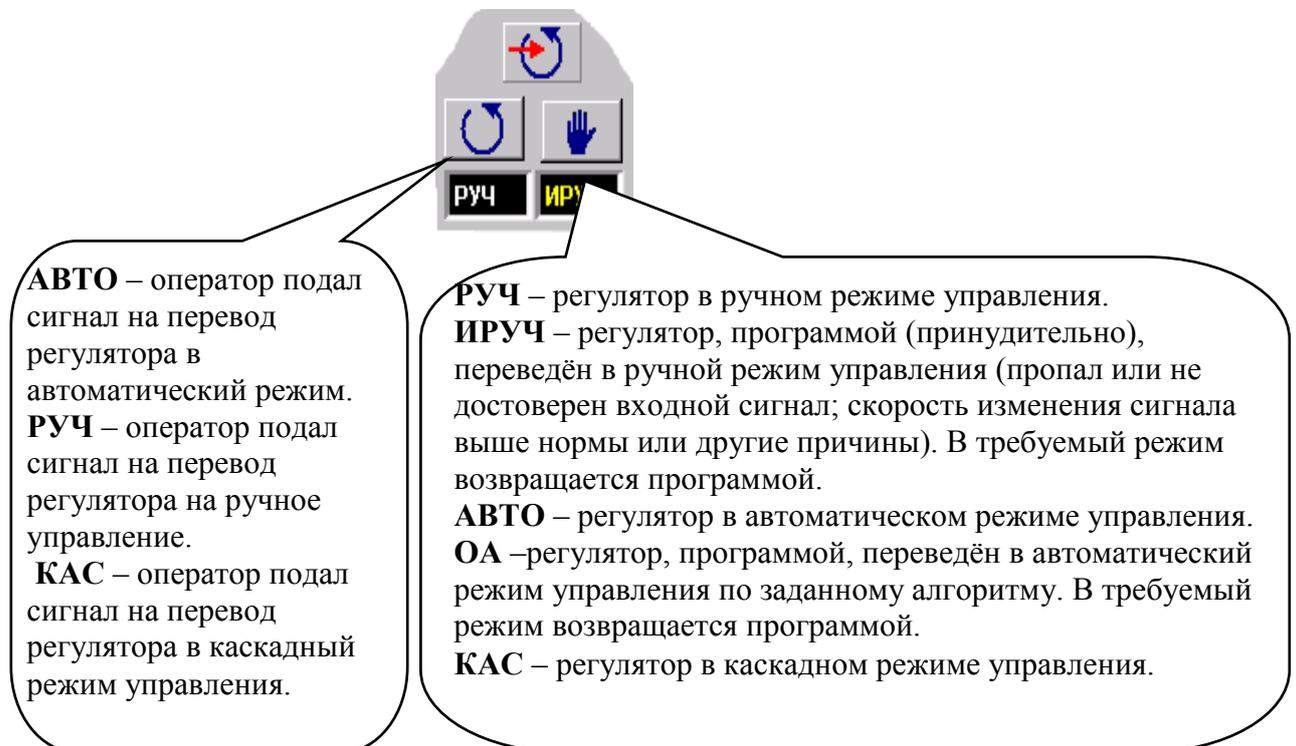


Рисунок 14 – Панель сигнализации.

Визуально уставки тревог (если они установлены для данной технологической позиции) можно наблюдать в виде треугольников соответствующего цвета, расположенных возле линейки графического отображения входного сигнала.

Ограничения по выходу и заданию (где это необходимо) устанавливаются программно и отображаются в виде треугольников с внутренней стороны линеек графического отображения входного и выходного сигнала.

В самом низу окна регулятора расположены пять клавиш (пиктограмм), которые вызывают детальную панельку регулятора, стандартный вид которой представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Детальная панелька регулятора.

Детальная панелька позволяет просмотреть уставки тревог и настройки регулятора в цифровой форме.

Рассмотрим управление электродвигателями насосов.

Двигатели насосов могут пускаться (останавливаться) как действиями оператора, так и автоматически:

- автоматическое включение резерва – АВР;
- аварийное включение (по технологическому параметру), выключение (электрозащита двигателя).

На рисунке 16 представлена стандартная панелька управления электродвигателем насоса, которая открывается щелчком мыши по изображению двигателя на МСХ.

Данная панель указывает на следующее состояние двигателя:

- двигатель не в работе – «Остановлен»;
- наличие кнопки «Пуск», режима «Авто» и отсутствие индикации сигнализирующих сообщений в нижней части панели указывают на готовность двигателя к пуску.



Рисунок 16 – Панелька управления электродвигателем насоса.

Двигатель находится в работе, если панель указывает на состояние «Работает», при этом на ней отображается кнопка «Стоп».

О состоянии электродвигателя можно также судить по его индикатору на мнемосхеме.

Зеленый цвет индикатора указывает на работу двигателя, серый цвет – на то, что двигатель не работает.

Вокруг индикатора могут мигать или быть постоянно видимыми две рамки желтого и синего цветов.

Синий цвет рамки информирует о наличии ошибки в управляющем модуле системы, желтый – об активности блокирующих и других сигналов, сигнальные сообщения о которых можно просмотреть на панели двигателя.

Мигание рамок и сигнальных сообщений на панели двигателя будет продолжаться до тех пор, пока они не будут квитированы на панели двигателя нажатием кнопки.

Синяя рамка видима, пока не снимется сигнал ошибки, желтая - пока не снимутся все сигналы блокировок, сигнализации, имеющих отношение к данному двигателю.

О наличии ошибки в управляющем модуле системы оператор должен сообщить начальнику смены для решения вопроса об устранении неисправности.

Если электрическая схема двигателя не собрана, то на панели отобразится состояние двигателя «Остановлен», режим «ОА» (отслеживание активно), сигнальное сообщение «Схема» укажет на причину неготовности двигателя к пуску.

Готовности двигателя к пуску не будет также в случае активности блокирующих сигналов, на что будут указывать сигнальные сообщения на управляющей панельке и режим двигателя «ОА».

Панелька управления будет иметь аналогичный вид при остановке двигателя действием блокировок.

В этом случае для пуска двигателя необходимо привести значения параметров блокирующих сигналов к норме.

Если в ручном или автоматическом режиме на двигатель был послан сигнал пуска, но по каким-либо причинам он фактически не запустился, на панельке двигателя отразится состояние «нет Пуск»; «нет исп Пуск» (нет исполнения пуска), пройдет сигнальное сообщение «Тревога».

В этом случае необходимо нажать кнопку «Стоп» на управляющей панельке, выяснить и устранить причину неисправности.

Если двигатель находился в работе и отключился действием защиты двигателя или по причине неисправности в электрической цепи, управляющая панелька укажет на состояние двигателя «нет Пуск»; «сам Стоп», пройдет сигнальное сообщение «Тревога».

В этом случае необходимо нажать кнопку «Стоп» на управляющей панельке, выяснить и устранить причину неисправности.

Если у двигателей предусмотрен режим АВР или предусмотрен автозапуск по технологическому параметру, режим готовности к автозапуску включается кнопкой «КАС», при этом на панели отразится каскадный режим.

При автоматическом пуске двигателя по причине остановки основного двигателя либо по технологическому параметру, который входит в технологическую сборку самозапуска двигателя, об этом появится сигнальное сообщение на панельке двигателя.

Если один из двигателей работает, а резервный двигатель не переведен в «КАС» (АВР) или не переведен в «КАС» двигатель, которому предусмотрен автозапуск по технологическому параметру, на управляющей панельке резервного двигателя пройдет сообщение «Нет автозапуска» (рисунок 17), которое будет видимо, пока оператор не переведет этот двигатель в «КАС».

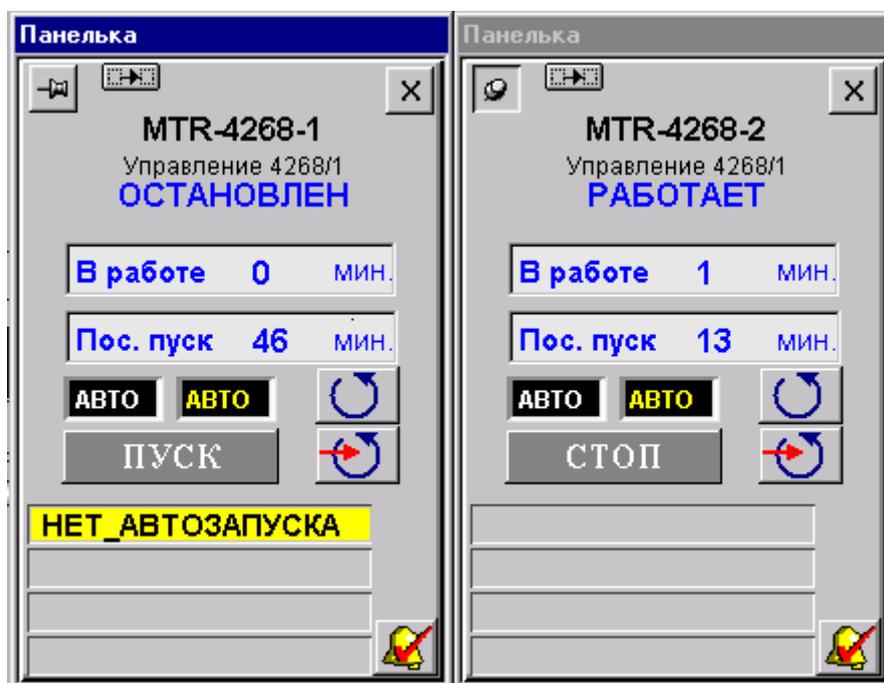


Рисунок 17 – Отображение работы основного и резервного двигателя

При самозапуске двигателя, а также, при активизации сигналов о его неисправности, в строке алармов пройдет аларм MTR с соответствующей позицией, кнопкой которого можно вызвать панельку управления.

В случае пуска двигателя кнопкой по месту на панельке отразится состояние «сам Пуск», в случае остановки - «сам Стоп», при этом обязательно необходимо продублировать команду Пуск или Стоп соответствующей кнопкой на панельке управления насосом. Иначе на панельке управления насосом и в строке алармов система будет сигнализировать о неисправности электродвигателя.

На экране «Электрооборудование» для каждой позиции указывается: текущее состояние оборудования (Остановлен, Работает, В ремонте), пробег оборудования, а также время простоя в ремонте (рисунок 18).

	MTR.3261	В РАБОТЕ	В РЕМОНТЕ
В РЕМОНТЕ	ДЕНЬ	0,00	0,05
	ВНЕРА	0,00	0,00
	ЗА МЕСЯЦ	0,00	0,00
	С РЕМОНТА	0,0	

Рисунок 18 – Экран «Электрооборудование»

У каждого наливного насоса имеются дополнительные кнопки:

- кнопка включения (выключения) рециркуляции;
- кнопка разрешения (запрета) налива.

Если на каком-либо насосе установлен запрет налива, то на нем появляется сеточка с надписью «Налив запрещён», поэтому эта позиция будет исключена из схемы налива.

Кроме того, насос имеет Кнопку переключения на 1, 2 путь. Под изображением насоса указан номер пути, на который он переведен в настоящее время.

Вывод электрооборудования в ремонт осуществляется по распоряжению начальника смены. В этом случае на данной позиции электрооборудования появляется желтый крестик (рисунок 19).



Рисунок 19 – Отображение всех насосов

Проведём мероприятия по управлению электродвигателями задвижек.

На рисунке 20 представлена стандартная панелька управления электродвигателем задвижки.



Рисунок 20 – Стандартная панелька управления электродвигателем задвижки

На панельке отражается положение рабочего органа задвижки:

- «Открыта» – сработал концевик открытия;
- «Закрыта» – сработал концевик закрытия;
- «Приоткрыта» – промежуточное положение, нет активного сигнала ни от одного из концевиков.

В нижней части панели указывается состояние управляющего сигнала на двигатель:

- «закрывается», «открывается» – если сигнал активен;
- в противном случае данное отображение совпадает с отображением положения рабочего органа задвижки.

С помощью кнопок «Открыть», «Заккрыть» подается управляющий сигнал на двигатель до полного открытия, закрытия задвижки.

На экранах «Путь 1», «Путь 2» графически изображено (рисунок 21) состояние всех концевиков для каждой наливной точки.

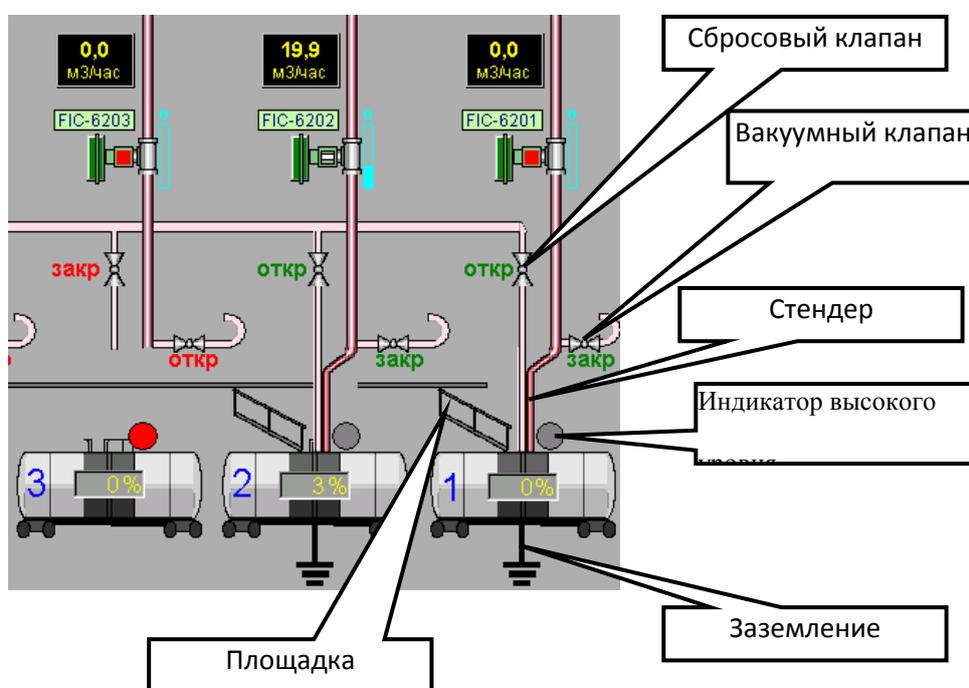


Рисунок 21 – Экран «Путь 1», «Путь 2»

С помощью кнопок «Приоткрыть», «Призаккрыть» на двигатель подается управляющий сигнал, действующий ограниченное время (2 сек).

На МСХ каждая электрозадвижка имеет свой индикатор состояния, представленный изображением букв:

- «О» – задвижка открыта;
- «П» – промежуточное положение задвижки;

- «З» – задвижка закрыта.

При активном управляющем сигнале на двигатель задвижки на индикаторе будет мигать «О» или «З» в зависимости от знака сигнала.

У сбросового и вакуумного клапанов указано состояние: открыт или закрыт. При замыкании концевиков: стэндера, заземления и площадки появляется их графическое изображение. Также имеется индикация уровня наполнения цистерны в процентах и индикатор высокого уровня: нормальное состояние – цвет серый, при срабатывании сигнализации высокого уровня – цвет красный.

Кроме того, состояние всех концевиков и сигнализаций отдельно для каждой точки можно посмотреть на панельке концевиков, которая вызывается нажатием на изображение цистерны. На ней отображаются активные на данный момент для этой точки сигнализации и блокировки.

3.2 Процедуры, разработанные для системы мониторинга в области промышленной безопасности

Разработаем процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности при подготовке оборудования к пуску, и аварийным остановкам оборудования [3].

Подготовка оборудования к пуску:

- убедиться в наличии в отделении азота, воздуха КИПиА, воды;
- произвести осмотр всего оборудования, коммуникаций, средств контроля и автоматизации, убедиться в их исправности;
- проверить закрытие всей арматуры на оборудовании и трубопроводах;
- проверить наличие и снятие заглушек в соответствии с записями в журнале «Установки и снятия заглушек» и технологической схемой;
- проверить наличие пломб на предохранительных клапанах;

- проверить наличие и исправность средств пожаротушения и связи;
- совместно с дежурным слесарем КИПиА проверить исправность приборов, систем сигнализации и блокировок, их включение;
- проверить наличие и целостность заземления электродвигателей, пускателей и емкостного оборудования, стендеров и рельсов наливной эстакады;
- проверить наличие необходимого уровня смазочного масла в насосах;
- через начальника смены вызвать дежурного электромонтера для сборки электрических схем на необходимое оборудование;
- проверить наличие пломб на аварийном шкафу;
- в зимнее время подключить обогрев трубопроводов, приборов, импульсных линий, шкафов КИПиА.

Аварийный останов оборудования без стравливания газа.

При реализации алгоритма аварийного останова без стравливания газа (рисунок 22) одновременно выполняются следующие операции:

- выдается команда на закрытие крана 0;
- после закрытия крана 0 или после задержки в T1 секунд одновременно выдаются команды на:
- выдаются команды на открытие кранов;
- после выполнения всех операций или выдержки времени T2 секунд выдается команда на закрытие кранов 11К5, 11К6;
- при условии перестановки кранов формируется сигнал «Основные операции без стравливания газа выполнены».

Сообщения «Аварийный останов», «Кран № закрыт (открыт)», «Кран № не управляется» отображаются на экране АРМ сменного персонала.

По окончании алгоритма формируется сообщение «Аварийный останов завершен» или сообщение, указывающее на незавершенность соответствующих команд.

Алгоритм инициируется следующими событиями (рисунок 22):

- по инициативе сменного персонала, нажатием виртуальной кнопки на мониторе АРМ сменного персонала;
- превышение давления газа на входе выше аварийной уставки;
- при понижении давления газа на входе в ниже аварийной уставки.

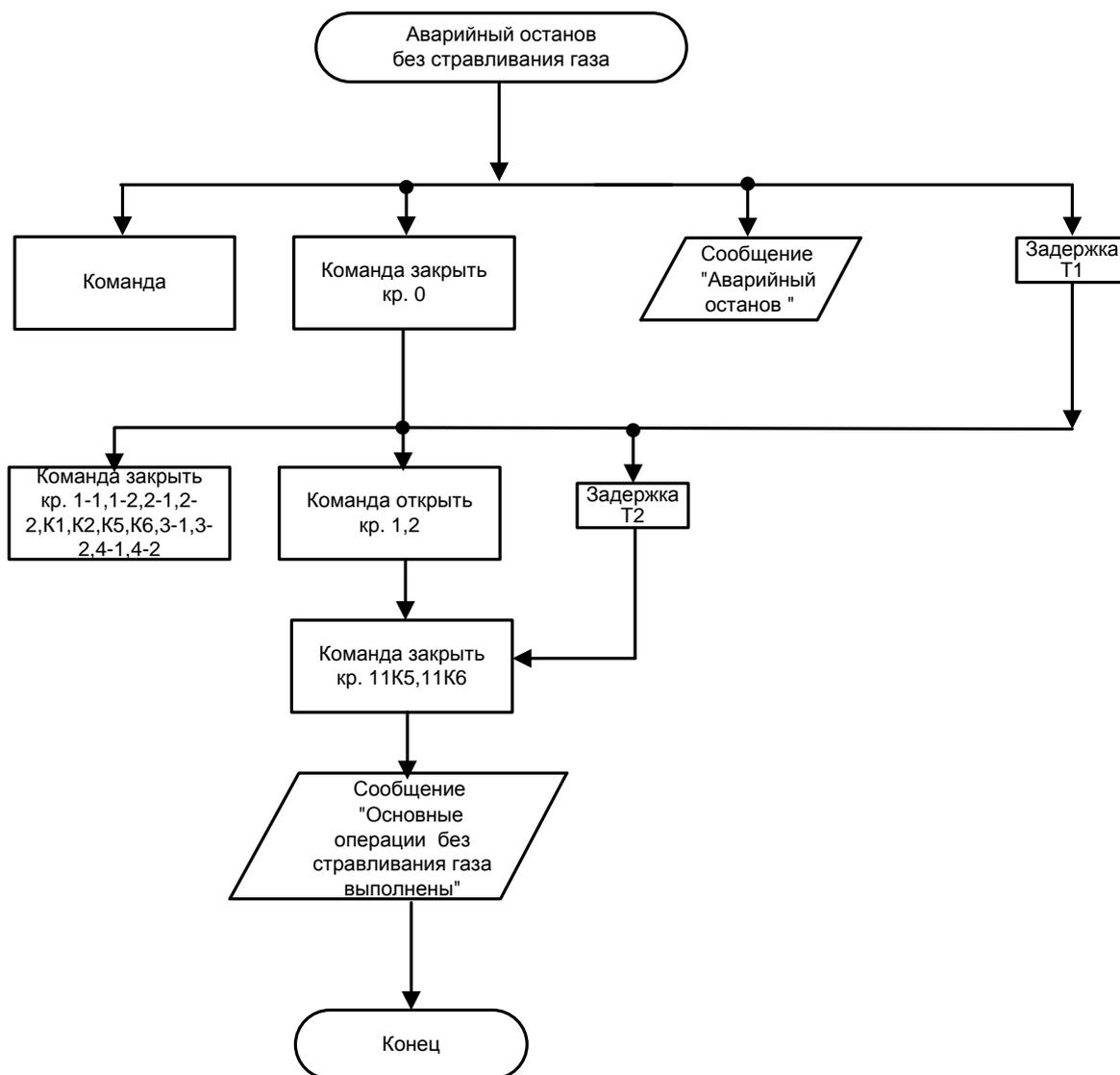


Рисунок 22 – Схема алгоритма аварийного останова без стравливания газа

Аварийный останов ГРС со стравливанием газа.

При реализации алгоритма со стравливанием газа выполняются следующие операции:

- одновременно выдаются команды на закрытие кранов 11К5, 11К6, закрытие кранов 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 (подогревателей №1,2), закрытие кранов К1, К2, К5, К6 (ниток №1,2,3,4), закрытие кранов 3-1, 3-2, 4-1, 4-2 (измерительных ниток замерного узла) и открытие кранов 1, 2 (подогревателей);
- после закрытия кранов 11К5,11К6 или после задержки в Т1 секунд (минут) выдаются команды на открытие крана 11К4;
- после открытия крана 11К4 или после задержки в Т1 секунд (минут) выдаются команды на закрытие крана 0;
- после успешного закрытия крана 0 выдаются команды на открытие кранов 0-2 и 0-3;
- при условии перестановки кранов формируется сигнал «Основные операции выполнены».

Сообщения «Аварийный останов», «Кран № закрыт (открыт)», «Кран № не управляется» отображаются на экране АРМ сменного персонала.

По окончании алгоритма формируется сообщение «Аварийный останов завершен» или сообщение, указывающее на незавершенность соответствующих команд.

Алгоритм (рисунок 23) инициируется следующими событиями (после подтверждения оператором):

- по инициативе сменного инженера, нажатием виртуальной кнопки на мониторе АРМ сменного персонала;
- при пожаре;
- при загазованности 1%;
- при понижении давления газа ниже аварийной уставки;
- при несанкционированной перестановке кранов 1 и/или 2 в течение 7 минут.

Несанкционированной перестановкой крана считать сход конечного выключателя положения крана с текущего состояния без подачи управляющего сигнала.

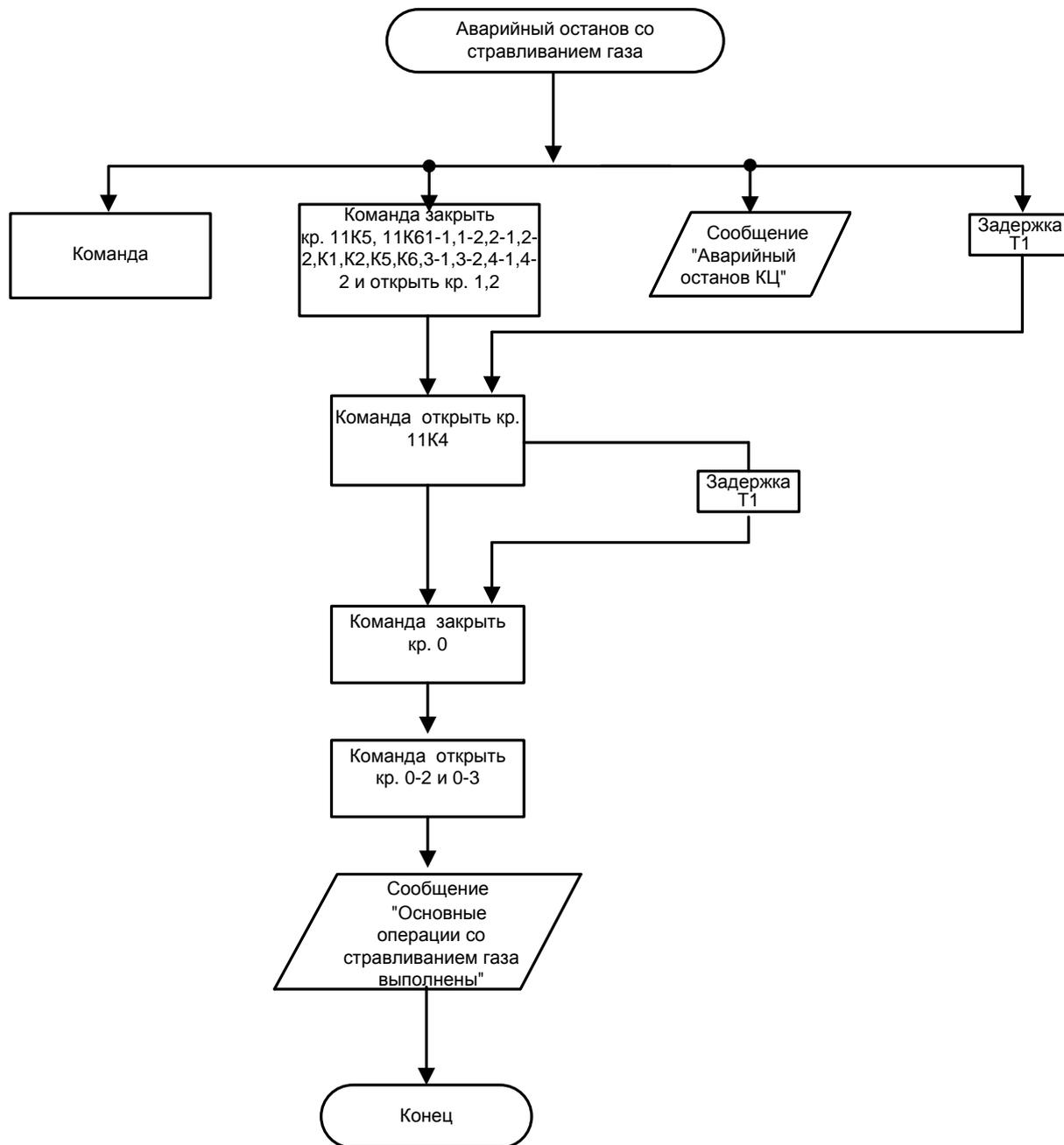


Рисунок 23 – Схема алгоритма аварийного останова со стравливанием газа

Процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности при управлении кранами.

Положение крана «открыт/закрыт» определяется по сигналам обеих конечных выключателей – выключатель конечный открытия (ВКО) и выключатель конечный закрытия (ВКЗ).

Закрытому состоянию крана соответствует разомкнутое состояние ВКЗ (логический «0») и замкнутое состояние ВКО (логическая «1»).

Открытому состоянию крана соответствует замкнутое состояние ВКЗ (логическая «1») и разомкнутое состояние ВКО (логический «0»).

Промежуточному положению крана соответствует замкнутое состояние конечных выключателей ВКО и ВКЗ (логические «1,1»).

Разомкнутое состояние конечных выключателей ВКО и ВКЗ (логические «0,0») воспринимается как неисправность (обрыв линии связи или отсутствие питания в цепях сигнализации). При комбинации логических сигналов «0,0» контроллер вырабатывает сигнал «Неисправность цепи сигнализации», который заносится в список событий с последующим выводом на экран АРМа оператора.

На видеокадре информация о состоянии кранов кодируется цветом и унифицирована следующим образом:

- зелёному цвету условного изображения крана соответствует его открытое состояние;
- красному – закрытое;
- жёлтому – промежуточное состояние (кран в движении);
- синему – неопределённое состояние при неисправности цепи сигнализации.

Информация о состоянии крана динамически изменяется в процессе управления кранами и отображает его переход из одного состояния в другое.

Для каждого крана на специальном видеокадре должна быть предусмотрена возможность установить индивидуальное время исполнения команды управления. После выдачи команды на кран выдается сообщение о результате управления.

Управление кранами осуществляется дистанционно с монитора АРМ сменного персонала или автоматически по алгоритмам. Схема алгоритма приведена на рисунке 24.

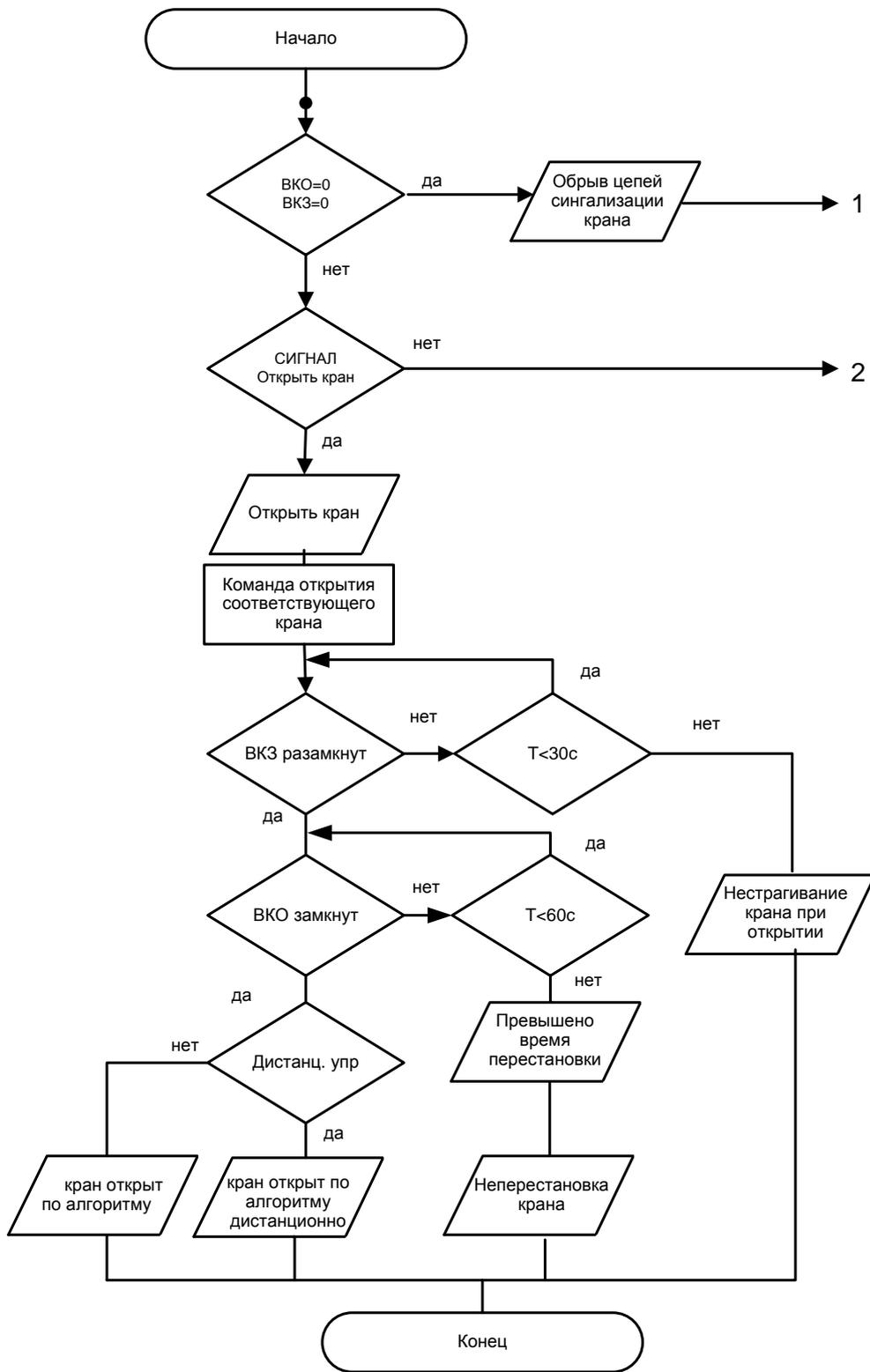


Рисунок 24 – Схема алгоритма перестановки кранов (начало)

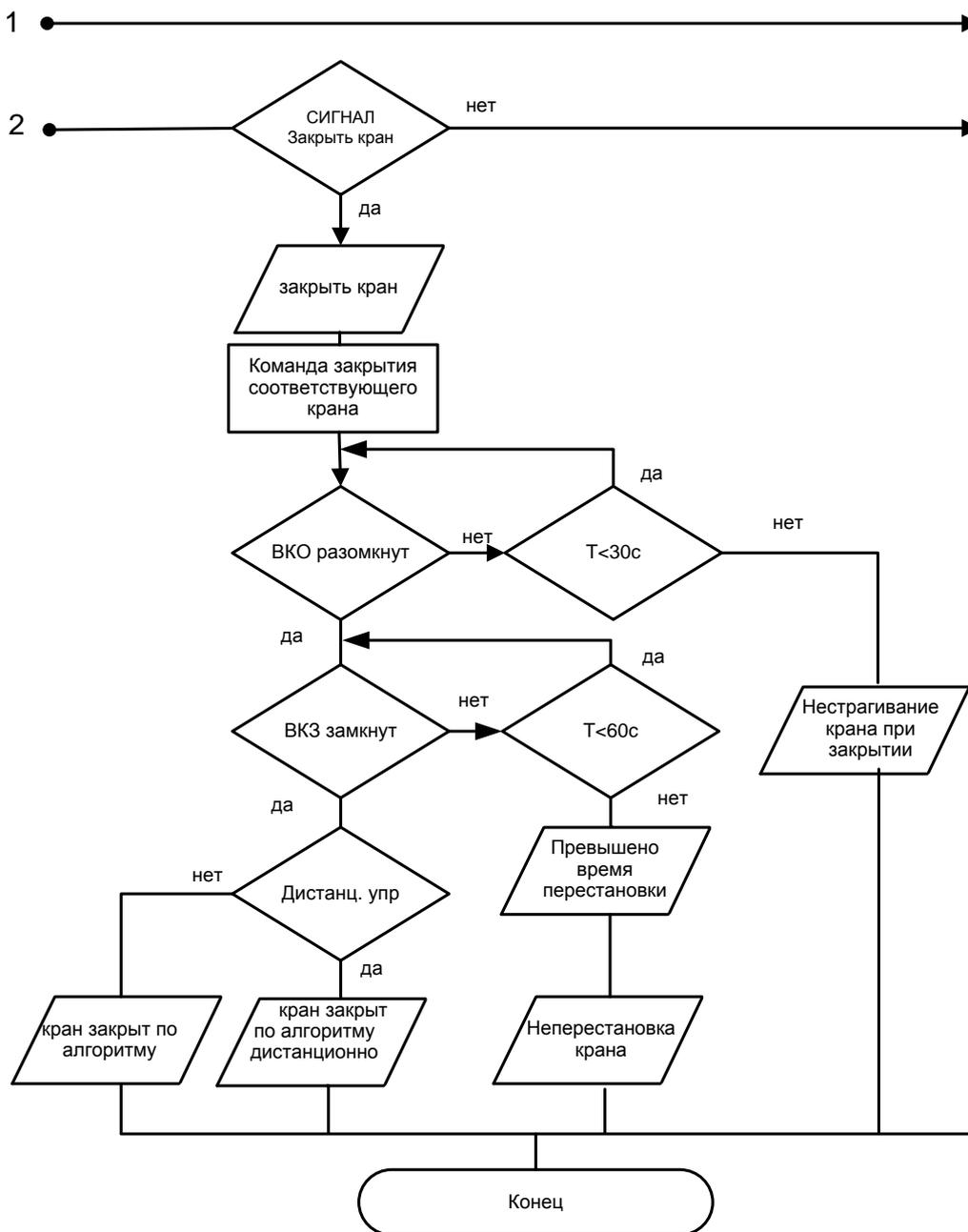


Рисунок 25 – Схема алгоритма перестановки кранов (продолжение)

Сообщения:

- «Кран № открыт/закрыт по алгоритму»;
- «Кран № открыт/закрыт дистанционно»;
- «Нестрагивание крана № при открытии/закрытии»;
- «Превышено время перестановки крана № при открытии/закрытии»;

- «Неперестановка крана №»;
- «Неисправность цепей сигнализации крана №»;
- «Неисправность цепей управления соленоидами крана №» записываются в архив событий.

В начале алгоритма осуществляется проверка на наличие сигнала 0,0 от ВКО и ВКЗ крана. В случае наличия 0,0 выдается сообщение в архив «Неисправность цепей сигнализации крана №» и алгоритм заканчивается. В противном случае проверяется наличие входного сигнала «кран открыть» или «кран закрыть». В зависимости от входного сигнала далее выполняются действия по открытию или закрытию крана.

При входном сигнале «открыть кран» выполняются следующие действия:

- формируется сигнал на открытие соответствующего крана – «Кран № открыть»;
- формируется сообщение в архив о выработке команды «Кран № открыть»;
- на протяжении установленного времени производится проверка наличия сигнала 0 от ВКЗ;
- в случае не поступления сигнала 0 от ВКЗ формируется сообщение в архив «Нестрагивание крана № при открытии» и алгоритм заканчивается;
- в случае поступления сигнала 0 от ВКЗ на протяжении установленного времени, производится проверка наличия сигнала 1 от ВКО;
- в случае не поступления сигнала 1 от ВКО на протяжении установленного времени, формируются сообщения в архив: «Превышено время перестановки крана № при открытии» и «неперестановка крана №», алгоритм заканчивается;
- в случае поступления сигнала 1 от ВКО производится проверка наличия режима дистанционного управления;

- в случае наличия режима дистанционного управления формируется сообщение в архив «кран № открыт дистанционно»;
- в случае отсутствия режима дистанционного управления формируется сообщение в архив «кран № открыт по алгоритму»;
- конец алгоритма.

Проверка предпусковых условий выполняется перед пуском. Схема алгоритма приведена на рисунке 26.

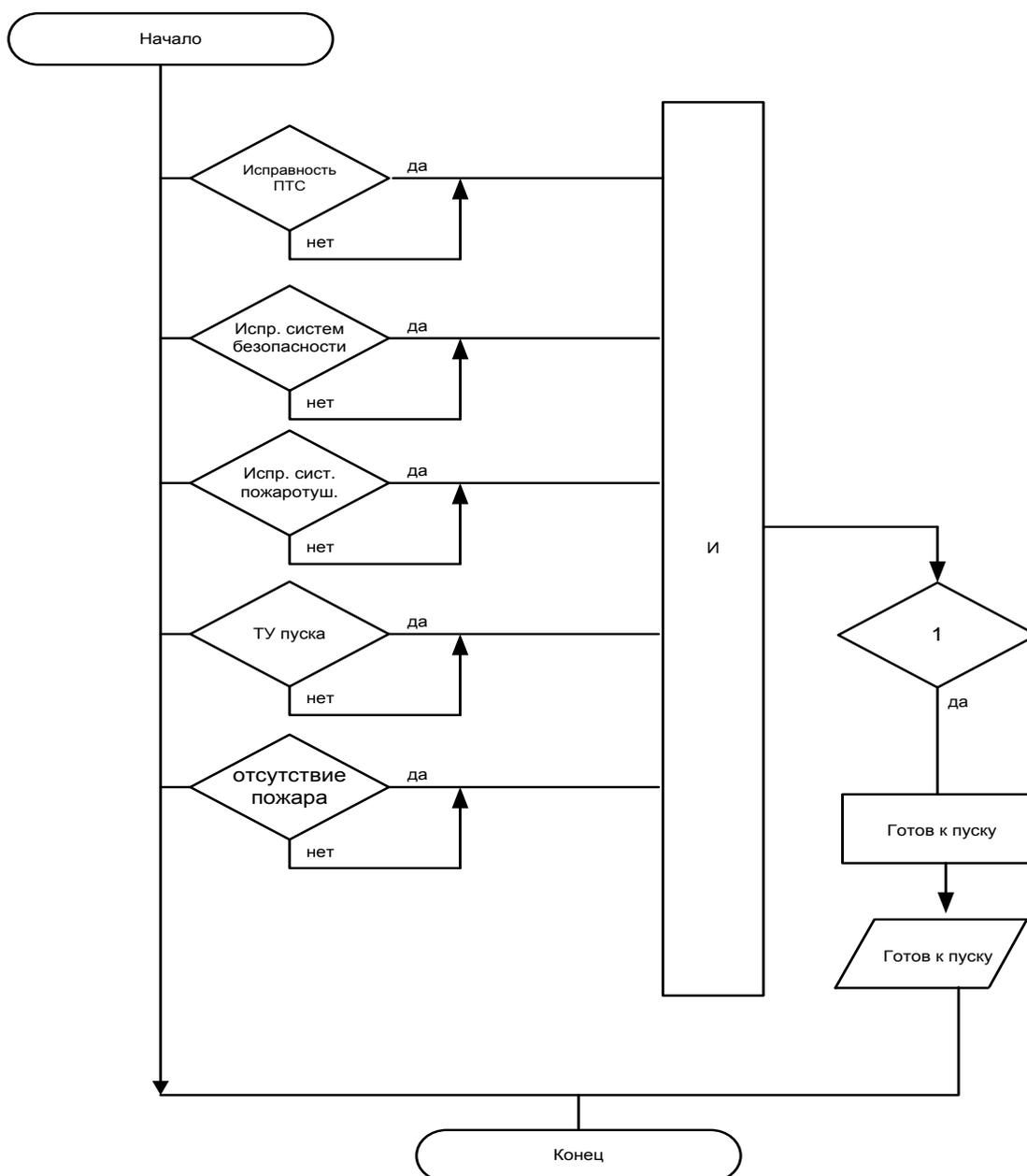


Рисунок 26 – Схема алгоритма проверки предпусковых условий

Алгоритмом проверяются:

- исправность программно-технических средств. Данный сигнал должен включать проверку исправности САУ, каналов связи, температуры эксплуатации, несанкционированный доступ;
- исправность систем безопасности (системы контроля загазованности и пожаротушения);
- исправность системы электроснабжения;
- технологические условия работы регуляторов (регуляторы готовы);
- отсутствие пожара и загазованности на объектах.

Перечень технологической документации, обязательной для ведения на рабочем месте аппаратчика:

- сменный рапорт аппаратчика.
- журнал пробега оборудования.
- журнал проверки работоспособности насосов пожаротушения
- журнал проверки состояния и пригодности тары к наливу;
- эксплуатационный журнал технологических трубопроводов;
- журнал проверки и состояния первичных средств пожаротушения;
- журнал осмотра удерживающих устройств (реперных точек) на резервуарах склада.

3.3 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

При несоблюдении правил промышленной и пожарной безопасности возможны аварии, сопровождающиеся выбросом большого количества сжиженных углеводородных газов с последующим их воспламенением и сгоранием при наличии источника зажигания.

При разгерметизации резервуара выделяется большое количество углеводородов (смесь пропана и бутана) как в жидкой, так и в газообразной фазе. Образуется взрывоопасное облако СУГ.

При испарении пропан-бутановой смеси образуется взрывоопасная паровоздушная смесь.

Для предотвращения вышеописанной аварийной ситуации необходимо предусмотреть автоматическое закрытие отсечных клапанов на трубопроводах слива.

На объекте также необходимо предусмотреть возможность прекращения слива ПБА кнопками аварийного останова слива, которые должны быть расположены на местных щитках сигнализации у каждого стояка слива.

Влияние последствий человеческих ошибок может быть сведено к минимуму применением АСУ ТП, системой ПАЗ, защитой от превышения расчетных давлений предохранительными клапанами.

Для обеспечения безаварийной работы компрессоры должны быть оснащены автоматическими блокировками и системой сигнализации в соответствии с требованиями действующих норм и документацией завода-изготовителя.

На линиях приема и нагнетания компрессоров предусмотреть установку запорной арматуры (отсечных электроклапанов) с дистанционным управлением.

Разработана автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу возьмём противоаварийную защиту DELTA V с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4, производства компании «Emerson Process Management», США.

Датчики и преобразователи системы контроля и управления приняты отечественного производства. Исполнительные механизмы будут – отсечные и регулирующий клапаны (также отечественного производства), электроприводные, со временем срабатывания не более 12 сек.

Расчёт ожидаемых потерь АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- на площадке АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» отсутствует автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты;
- на площадке АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» пожароопасное оборудование управляется автоматизированной системой управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

Данные для расчёта ожидаемых потерь АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» от пожаров представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [8]	м ²	F	2560	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [8]	руб./м ²	Ст	90000	35000
«Стоимость поврежденных частей здания» [8]	руб/м ²	Ск	0	0
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [8]	м ²	F'' пож	256	63,6
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [8]	м ²	Fпож	4	
«Вероятность возникновения пожара» [8]	1/м ² в год	J	6×10 ⁻⁵	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [8]	-	p1	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [8]	-	p2	0,86	

Продолжение таблицы 6

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [8]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [8]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [8]	м/мин	υ _л	1	
«Время свободного горения» [8]	мин	В _{свг}	8	8
«Период реализации мероприятия» [8]	лет	Т	10	

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 1:

$$F''_{пож} = n(\nu_{л} B_{св.г})^2 \text{ м}^2, \quad (1)$$

«где $\nu_{л}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{свг}$ – время свободного горения, мин.» [8]

$$F''_{пож} = 3,14(1 \times 8)^2 = 201 \text{ м}^2$$

Так как при первом варианте площадь пожара будет равна площади карэ резервуара, то есть:

$$F''_1 = 256 \text{ м}^2$$

Так как при втором варианте подача пожароопасной жидкости (или СУГ) при разрыве трубопровода или ёмкости будет быстро перекрыта и будет откачена, то площадь пожара будет равна площади резервуара, то есть:

$$F''_1 = 63,6 \text{ м}^2$$

Произведём расчёт ожидаемых потерь АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» от пожаров по формуле 2.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_3) + M(\Pi_3), \quad (2)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [8]:

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1; \quad (3)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год;

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ м^2 ;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [8].

$$M(\Pi_2) = J \times F \times (C_m \times F'_{\text{пож}} + C_k) \times 0,52 \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_2; \quad (4)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./ м^2 ;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами»

[8].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (5)$$

где $F''_{\text{пож}}$ – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м^2 .

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (6)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times 90000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,86 = 125068,5 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (90000 \times 10) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ = 34143,7 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (90000 \times 256) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] = \\ = 2792226,8 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (90000 \times 256) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 15822,6 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times 35000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,86 = 48637,75 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (35000 \times 10) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ = 13278,10 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (35000 \times 63,6) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] = \\ = 26976,98 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 6 \times 10^{-5} \times 2560 \times (35000 \times 256) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 1528,70 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» от пожаров составят:

- если на площадке АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» отсутствует автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты:

$$M(\Pi)_1 = 125068,5 + 34143,7 + 2792226,8 + 15822,6 = 2967261,6 \text{ руб./год};$$

- если на площадке АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» пожароопасное оборудование управляется автоматизированной системой управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты:

$$M(\Pi)_2 = 48637,75 + 13278,10 + 26976,98 + 1528,70 = 90424,53 \text{ руб./год}.$$

Стоимость выполнения предлагаемого плана мероприятий представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты	100000
Монтаж автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты	9900000
Итого:	10000000

Экономический эффект реализации предложенных мероприятий составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+HД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (6)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(\Pi_1)$, $M(\Pi_2)$ – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K_1 , K_2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P_1 , P_2 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год» [8].

Расчёт денежных потоков от проведения предложенных мероприятий представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта T	$M(\Pi_1)$ - $M(\Pi_2)$	P_2-P_1	$1/(1+НД)^t$	$[M(\Pi_1)-M(\Pi_2)-$ $(C_2-C_1)]^*$ $1/(1+НД)^t$	K_2-K_1	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
1	2776840,07	-	0,91	2526924,47	10000000	-7473075,53
2	2776840,07	-	0,83	2304777,26	-	2304777,26
3	2776840,07	-	0,75	2082630,06	-	2082630,06
4	2776840,07	-	0,68	1888251,25	-	1888251,25
5	2776840,07	-	0,62	1721640,85	-	1721640,85
6	2776840,07	-	0,56	1555030,44	-	1555030,44
7	2776840,07	-	0,51	1416188,44	-	1416188,44
8	2776840,07	-	0,47	1305114,83	-	1305114,83
9	2776840,07	-	0,42	1166272,83	-	1166272,83
10	2776840,07	-	0,39	1082967,63	-	1082967,63
Экономический эффект						7049798,06

Интегральный экономический эффект от монтажа автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты за десять лет составит 7049798,06 рублей.

Вывод по разделу.

В разделе проведена опытно-экспериментальная апробация системы мониторинга в области промышленной безопасности.

Произведена апробация автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу взята противоаварийная защита «Delta V» с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4. Автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов выполнена в качестве автоматизированного рабочего места (АРМ) аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции.

АРМ аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции разработано на базе программного обеспечения (ПО) «Delta V», фирмы: «Fisher-Rosemount». АРМ оператора включает в себя две операторских станции. В качестве операторской станции используется персональная ЭВМ фирмы «Huawei» с одним жидкокристаллическим монитором.

АРМ оператора предназначено для автоматизированного сбора, обработки и представления информации о ходе технологического процесса (ТП) в отделении налива, а также для управления ТП производства в стационарном (нормально установившемся) режиме и при изменении нагрузки на агрегате.

Данное программное обеспечение (ПО) АРМ позволяет оператору осуществлять централизованный контроль и управление технологическим процессом в отделении налива.

ПО позволяет открывать на экранах различные МСХ и окна, перемещать их по экрану.

Главное окно расположено в центре экрана и отображает МСХ с изображением технологического процесса: основное технологическое

оборудование (аппараты, насосы, задвижки и т.д.), основные технологические линии трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры (регулирующих клапанов, отсечных клапанов, электрозадвижек) в соответствии с технологическими схемами. Кроме того, на МСХ отображаются действительные значения технологических параметров: температуры, давления, расхода, уровня, концентрации и т.д. в месте измерения, в соответствии с технологическими схемами.

На технологических экранах блокировочные позиции отображаются в местах, логически привязанных к технологической схеме с учетом места установки датчиков или исполнительных механизмов. Они имеют вид прямоугольника с указанием позиции блокировки.

Неактивные индикаторы блокировки имеют серый цвет. Активные, в зависимости от ситуации: желтый или красный цвет. Неподтвержденная блокировочная сигнализация – мигает. Желтый цвет показывает, что для данной блокировки имеется сработка одного из подтверждающих сигналов. Красный цвет блокировочного индикатора указывает на сработку этой позиции или запуск таймера исполнения. При наведении курсора на блокировочный индикатор появляется транспарант с величиной уставки предельной величины сработки блокировки.

Информационные окна, окна в которых в цифровой форме отражается реальное значение технологического параметра в текущий момент времени, расположены в соответствии с технологическими схемами.

При подведении курсора «мышки» к объекту на МСХ (двигатель, клапан, ёмкость и т.д.) появится надпись с названием данного объекта. Если в это время кликнуть левой «мышкой» получаем доступ к управлению объектом.

Разработаны процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности при подготовке оборудования к пуску, и аварийным остановкам оборудования.

Алгоритмами процедур системы мониторинга в области промышленной безопасности проверяются:

- исправность программно-технических средств. Данный сигнал должен включать проверку исправности САУ, каналов связи, температуры эксплуатации, несанкционированный доступ;
- исправность систем безопасности (системы контроля загазованности и пожаротушения);
- исправность системы электроснабжения;
- технологические условия работы регуляторов (регуляторы готовы);
- отсутствие пожара и загазованности на объектах.

Интегральный экономический эффект от монтажа автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты за десять лет составит 7049798,06 рублей.

Заключение

Объектом исследования в данной работе является наливная эстакада для налива метанола в железнодорожные цистерны в АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания».

Производство метанола относится к категории взрывопожароопасных производств и характеризуется наличием в системе взрывопожароопасных и вредных (токсичных) веществ, высоких температур и давлений.

Во время работы производства метанола, часть оборудования находится под давлением кислорода до 3,4 МПа (34 кгс/см²). Чистый газообразный кислород и его смеси с воздухом не являются токсичными и не способны к самопроизвольному горению или взрыву.

Но так как кислород является активным окислителем, большинство веществ и материалов в среде кислорода или в среде воздуха с высоким содержанием кислорода образуют системы с повышенной взрывопожароопасностью. Энергия, необходимая для поджигания материалов в среде кислорода, во много раз меньше энергии, требуемой для поджигания в среде воздуха в тех же условиях.

В случае возникновения угрозы нормальной работе отдельных машин, аппаратов или всей установки вследствие отклонения параметров процесса от нормируемых значений срабатывают соответствующие блокировки, переводящие отдельные агрегаты или всю установку в безопасное положение.

Во втором разделе разработаны все необходимые мероприятия, обеспечивающие безопасную работу объекта, а именно:

- во взрывоопасных зонах устанавливаются приборы во взрыво- и искробезопасном исполнении;
- кабельные трассы прокладываются с учетом защиты от механических повреждений;

- все электрооборудование, контрольно-измерительные приборы, щит КиА зануляются и заземляются в соответствии с действующими нормами и правилами.

Разработана автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу выбрана противоаварийная защита DELTA V с маркировкой взрывозащиты ExnACLICT4, производства компании «Emerson Process Management», США. Датчики и преобразователи системы контроля и управления приняты отечественного производства. Исполнительные механизмы – отсечные и регулирующий клапаны (также отечественного производства), электроприводные, со временем срабатывания не более 12 сек.

Так как процесс слива ПБА является периодическим, то автоматизацию его, учитывая категорию взрывоопасности, выполнена на достаточно высоком уровне. Так как технологическое оборудование располагается на открытых площадках, предложены средства, обеспечивающие непрерывный контроль загазованности со звуковым оповещением персонала по месту, отключением технологического оборудования и перекрытием технологических трубопроводов в опасной зоне.

В помещении управления, на АРМ оператора, также предложена светозвуковая сигнализация о загазованности, состоянии оборудования и положении отсечных клапанов при достижении НКПР 50%.

Контроль и управление процессом будет осуществляться оперативным персоналом из помещения управления, размещенном в здании операторной, куда выводится вся оперативная информация.

Выбранная система управления и средства автоматизации объединяется в сеть CSSI, которая позволяет не только быстро получить и проанализировать информацию, отображаемую на технических средствах

предоставления информации, а также оперативно отреагировать в соответствии с разработанными алгоритмами системы управления и противоаварийной защиты.

Модель CSSI поддерживает эффективную реализацию интеллектуальной модели прогнозного технического обслуживания для нефтегазовых компаний среднего уровня. Новые данные создаются с помощью датчиков в общей и контролируемой сети.

Затем информация, собранная с датчиков, передается между инфраструктурой прогнозируемого технического обслуживания, такой как межмашинные соединения, системы управления и т.д., через распределенные сети. Стандарты (правовые, технические, нормативные или социальные) позволяют агрегировать эту информацию/данные во времени и пространстве.

Собранная информация коллективно используется для анализа, а затем передается на реализацию. Модель замкнутого цикла обеспечивает доступность исторических данных об оборудовании, прогнозной информации о конкретном оборудовании и общей информации.

АСУ ТП при помощи ПО оператора позволяет осуществлять:

- контроль над ходом технологического процесса на подконтрольных объектах;
- управление технологическим процессом на подконтрольных объектах;
- дистанционное, автоматическое и ручное (с клавиатуры) управление регулирующими клапанами;
- дистанционное, автоматическое и ручное (с клавиатуры и (или)) управление работой электрооборудования;
- контроль действий аппаратчика;
- идентификацию аппаратчика как пользователя системой;
- защиту от несанкционированного доступа к управлению процессом;
- защиту от заведомо неправильных действий персонала;
- печать отчетов.

Структура IPM и модель CSSA сокращают вмешательство человека в техническое обслуживание, повышают доступность оборудования, повышают показатели безопасности, поскольку большинство прогнозных решений по техническому обслуживанию основаны на огромных новых данных, полученных в консультации с производителями оригинального оборудования (ОЕМ-производителями), используют такие технологии, как интеллектуальные решения, киберфизические системы, IoT, iOS, облачные вычисления.

В третьем разделе проведена опытно-экспериментальная апробация системы мониторинга в области промышленной безопасности.

Произведена апробация автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты.

За основу взята противоаварийная защита «Delta V» с маркировкой взрывозащиты ExnACLIICT4. Автоматизированная система управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов выполнена в качестве автоматизированного рабочего места (АРМ) аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции.

АРМ аппаратчика подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции разработано на базе программного обеспечения (ПО) «Delta V», фирмы: «Fisher-Rosemount». АРМ оператора включает в себя две операторских станции. В качестве операторской станции используется персональная ЭВМ фирмы «Huawei» с одним жидкокристаллическим монитором.

АРМ оператора предназначено для автоматизированного сбора, обработки и представления информации о ходе технологического процесса (ТП) в отделении налива, а также для управления ТП производства в

стационарном (нормально установившемся) режиме и при изменении нагрузки на агрегате.

Данное программное обеспечение (ПО) АРМ позволяет оператору осуществлять централизованный контроль и управление технологическим процессом в отделении налива.

ПО позволяет открывать на экранах различные МСХ и окна, перемещать их по экрану.

Главное окно расположено в центре экрана и отображает МСХ с изображением технологического процесса: основное технологическое оборудование (аппараты, насосы, задвижки и т.д.), основные технологические линии трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры (регулирующих клапанов, отсечных клапанов, электрозадвижек) в соответствии с технологическими схемами. Кроме того, на МСХ отображаются действительные значения технологических параметров: температуры, давления, расхода, уровня, концентрации и т.д. в месте измерения, в соответствии с технологическими схемами.

На технологических экранах блокировочные позиции отображаются в местах, логически привязанных к технологической схеме с учетом места установки датчиков или исполнительных механизмов. Они имеют вид прямоугольника с указанием позиции блокировки.

Неактивные индикаторы блокировки имеют серый цвет. Активные, в зависимости от ситуации: желтый или красный цвет. Неподтвержденная блокировочная сигнализация – мигает. Желтый цвет показывает, что для данной блокировки имеется сработка одного из подтверждающих сигналов. Красный цвет блокировочного индикатора указывает на сработку этой позиции или запуск таймера исполнения. При наведении курсора на блокировочный индикатор появляется транспарант с величиной уставки предельной величины сработки блокировки.

Информационные окна, окна в которых в цифровой форме отражается реальное значение технологического параметра в текущий момент времени, расположены в соответствии с технологическими схемами.

При подведении курсора «мышки» к объекту на МСХ (двигатель, клапан, ёмкость и т.д.) появится надпись с названием данного объекта. Если в это время кликнуть левой «мышкой» получаем доступ к управлению объектом.

Разработаны процедуры для системы мониторинга в области промышленной безопасности при подготовке оборудования к пуску, и аварийным остановкам оборудования.

Алгоритмами процедур системы мониторинга в области промышленной безопасности проверяются:

- исправность программно-технических средств. Данный сигнал должен включать проверку исправности САУ, каналов связи, температуры эксплуатации, несанкционированный доступ;
- исправность систем безопасности (системы контроля загазованности и пожаротушения);
- исправность системы электроснабжения;
- технологические условия работы регуляторов (регуляторы готовы);
- отсутствие пожара и загазованности на объектах.

Интегральный экономический эффект от монтажа автоматизированной системы управления технологическим процессом приема, хранения, испарения и отправки на технологию сжиженных углеводородов (СУГ) на базе системы измерительно-управляющей и противоаварийной защиты за десять лет составит 7049798,06 рублей.

Список используемых источников

1. Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А., Марков А.Г. Анализ современного уровня развития методологии системных рисков при проектировании и эксплуатации опасных производственных объектов // ГИАБ. 2015. №57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennogo-urovnya-razvitiya-metodologii-sistemnyh-riskov-pri-proektirovanii-i-ekspluatatsii-opasnyh-proizvodstvennyh> (дата обращения: 12.09.2022).

2. Белов А.А., Иванов Ю.Д., Шестаков А.А., Царева С.Г., Шишков Э.В. Рекомендации по выбору способа мониторинга технического состояния трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. №10-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekomendatsii-po-vyboru-sposoba-monitoringa-tehnicheskogo-sostoyaniya-truboprovodov> (дата обращения: 12.09.2022).

3. Веревкин А.П., Саитгалиева Г.И. Обоснование выбора комплекса технических средств автоматизации для систем обеспечения безопасности // Территория Нефтегаз. 2015. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vybora-kompleksa-tehnicheskikh-sredstv-avtomatizatsii-dlya-sistem-obespecheniya-bezopasnosti> (дата обращения: 05.03.2023).

4. Данилина Н.Е., Панишев А.Л. Мониторинг энергетической и промышленной безопасности // Инновационная наука. 2017. №4-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-energeticheskoy-i-promyshlennoy-bezopasnosti> (дата обращения: 12.09.2022).

5. Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю., Белов А.А., Колпаков А.А. Модели, алгоритмы системы автоматизированного мониторинга и управления экологической безопасности промышленных производств // Системы управления, связи и безопасности. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-algoritmy-sistemy-avtomatizirovannogo>

monitoringa-i-upravleniya-ekologicheskoy-bezopasnosti-promyshlennyh-proizvodstv (дата обращения: 12.09.2022).

6. Кубрин С.С., Самарин Н.Н. Обеспечение промышленной безопасности АСУ ТП контролем программного обеспечения на «Недекларируемые возможности работы с оперативной памятью» // ГИАБ. 2015. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-promyshlennoy-bezopasnosti-asu-tp-kontrolem-programmnogo-obespecheniya-na-nedeklariruemye-vozmozhnosti-raboty-s> (дата обращения: 12.09.2022).

7. Кузнецов П.А. Опасные отказы в АСУ ТП // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opasnye-otkazy-v-asu-tp> (дата обращения: 09.01.2023).

8. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 10.03.2023).

9. Муханов В. Д., Собеневский А. Г., Кубрин С. С. Информационно-аналитическая система мониторинга состояния охраны труда и промышленной безопасности // ГИАБ. 2008. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-monitoringa-sostoyaniya-ohrany-truda-i-promyshlennoy-bezopasnosti> (дата обращения: 12.09.2022).

10. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 225-ФЗ от 27.07.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320310?ysclid=l88xmcwnqp746040625> (дата обращения: 12.09.2022).

11. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 7-ФЗ от 10.01.02. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/901808297?ysclid=l88xnjz9xd608450099> (дата обращения: 12.09.2022).

12. Об использовании ядерной энергии [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 170-ФЗ 21.11.95. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9014484?ysclid=l88xoucktr831372433> (дата обращения: 12.09.2022).

13. Об электроэнергетике [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 35-ФЗ от 26.03.2003. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901856089?ysclid=l88xq6lepz730191804> (дата обращения: 12.09.2022).

14. О безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 390-ФЗ от 28.12.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902253576?ysclid=l88xr5t548454003461> (дата обращения: 12.09.2022).

15. О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 117-ФЗ от 21.07.97. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046062?ysclid=l88xshbcu987560286> (дата обращения: 12.09.2022).

16. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/?ysclid=l88xutccf7559520084 (дата обращения: 12.09.2022).

17. О безопасности объектов топливноэнергетического комплекса [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 256-ФЗ от 21.07.2011. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902290768?ysclid=l88xwehess953879243> (дата обращения: 12.09.2022).

18. О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 68-ФЗ от 21.12.94. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/9009935/titles/64U0IK?ysclid=188xхоaqzi190306202> (дата обращения: 12.09.2022).

19. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.94. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718?ysclid=188xyvgfe7534072134> (дата обращения: 12.09.2022).

20. О лицензировании отдельных видов деятельности [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 99-ФЗ от 04.05.2011. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902276657?ysclid=188y04ym5n621872473> (дата обращения: 12.09.2022).

21. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 116-ФЗ от 20.07.97. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046058?ysclid=188y17qsl815099318> (дата обращения: 12.09.2022).

22. О радиационной безопасности населения [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации от 09.01.96г. № 3-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9015351/titles/64U0IK?ysclid=188y29f7or109462378> (дата обращения: 12.09.2022).

23. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации № 184-ФЗ от 27.12.02. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556?ysclid=188y3b113f130555950> (дата обращения: 12.09.2022).

24. Об утверждении правил обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 03.11.2011 г. № 916. URL:

<https://base.garant.ru/58058419/?ysclid=188y4jg714520847442> (дата обращения: 12.09.2022).

25. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901884206/titles/3JFKJA1?ysclid=188y5opqlm79183610> (дата обращения: 12.09.2022).

26. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.003-2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 12.09.2022).

27. Положение о Федеральной службе по экологическому технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ № 401 от 30.07.2004 г.. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901904850?ysclid=188y8uuran602258254> (дата обращения: 12.09.2022).

28. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372952 (дата обращения: 12.09.2022).

29. Садчиков И.А., Балукова В.А., Песля В.И. Гармонизация затрат по обеспечению промышленной безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса // Известия СПбГЭУ. 2018. №1 (109). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/garmonizatsiya-zatrat-po-obespecheniyu-promyshlennoy-bezopasnosti-na-predpriyatiyah-neftegazovogo-kompleksa> (дата обращения: 12.09.2022).

30. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения [Электронный ресурс]: Приказ Росстандарта от 09.06.2016 № 600. ГОСТ 12.0.004-2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205144 (дата обращения: 12.09.2022).

31. Способ и система обеспечения безопасности производства с применением интеллектуальной графики [Электронный ресурс] : патент № RU98274U1: автор – Е.В. Халин (RU); патентообладатель – Закрытое акционерное общество Научно-исследовательская и производственная фирма ТЕХИНТЕЛЛ (RU); заявка – 22.12.2008. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU98274U1_20101010 (дата обращения: 12.09.2022).

32. Способ и система сетевой интеллектуальной графики для обеспечения безопасности производства [Электронный ресурс] : патент № RU2580007C1: автор – Е.В. Халин (RU); патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ ВИЭСХ) (RU); заявка – 08.12.2014. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2580007C1_20160410 (дата обращения: 12.09.2022).

33. Способ подготовки рекомендаций для принятия решений на основе компьютеризированной оценки способностей пользователей [Электронный ресурс] : патент № RU2672171C1: автор – Михайлов Игорь Валентинович (RU); патентообладатель – Михайлов Игорь Валентинович (RU); заявка – 27.10.2017. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2672171C1_20181112 (дата обращения: 12.09.2022).

34. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277> (дата обращения: 12.09.2022).

35. Страшун Ю.П. Стандарты беспроводных коммуникаций в АСУ // ГИАБ. 2013. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standarty-besprovodnyh-kommunikatsiy-v-asu> (дата обращения: 09.01.2023).

36. Федосов А.В., Абдрахманов Н.Х., Вадулина Н.В., Хафизова Д.Ф., Абдрахманова К.Н. Диагностирование вертикальных стальных резервуаров как инструмент повышения безопасности эксплуатации объектов

нефтегазовой отрасли // Известия ТПУ. 2019. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-vertikalnyh-stalnyh-rezervuarov-kak-instrument-povysheniya-bezopasnosti-ekspluatatsii-obektov-neftegazovoy-otrasli> (дата обращения: 12.09.2022).

37. Филин А.Э., Кобылкин А.С., Слюнин М.А. Автоматизированная информационно-аналитическая система мониторинга состояния охраны труда и промышленной безопасности в организациях // ГИАБ. 2008. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-informatsionno-analiticheskaya-sistema-monitoringa-sostoyaniya-ohrany-truda-i-promyshlennoy-bezopasnosti-v> (дата обращения: 12.09.2022).

38. Харлап С.Н. Применение диверситета в автоматизированных системах управления опасными технологическими процессами для повышения устойчивости к систематическим отказам // Известия Транссиба. 2020. №3 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-diversiteta-v-avtomatizirovannyh-sistemah-upravleniya-opasnymi-tehnologicheskimi-protssessami-dlya-povysheniya> (дата обращения: 09.01.2023).

39. Хватов Д.А., Ковтун А.И., Подтопельный В.В. Проблемы аудита информационной безопасности АСУ ТП // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-audita-informatsionnoy-bezopasnosti-asu-tp> (дата обращения: 09.01.2023).

40. Шавернева Н.А., Шавернева А.М. Проблемы автоматизации на производственных предприятиях // Вестник науки. 2021. №11 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-avtomatizatsii-na-proizvodstvennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 09.01.2023).

41. Automation in The Oil and Gas Industry [Электронный ресурс]. URL: <https://unec.edu.az/application/uploads/2018/12/smay-lzad-mrah.pdf> (дата обращения: 25.01.2023).

42. Automation in oil processing [Электронный ресурс]. URL: http://www.krug2000.com/pdf/Automation_in_oil_processing_SPC_KRUG.pdf (дата обращения: 25.01.2023).

43. Automated Systems for LPG Loading and Metering [Электронный ресурс]. URL: <https://mgn-eng.ru/de/ausrustung/automated-systems-for-lpg-and-petroleum-products-loading-and-metering-de> (дата обращения: 25.01.2023).

44. Automating procedural operations for continuous processes - Petroleum Technology Quarterly [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yokogawa.com/library/resources/media-publications/automating-procedural-operations-for-continuous-processes-petroleum-technology-quarterly/> (дата обращения: 25.01.2023).

45. Proposal on automation of technological processes on oil industry enterprises [Электронный ресурс]. URL: <https://itc-electronics.com/en/products/articles/373785/?ysclid=lfz9h62qk3958786802> (дата обращения: 25.01.2023).