

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка и совершенствование способов повышения
безопасности труда работников нефтегазового предприятия на основе
применения метода регистрации опасных ситуаций

Обучающийся	Т.М. Алимов (Инициалы Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	к.с.-х.н., доцент, О.А. Малахова (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	
Консультант	к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю. (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Анализ состояния безопасности условий труда в нефтегазовой отрасли и роль человеческого фактора.....	10
1.1 Анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли	10
1.2 Теории происхождения аварий и несчастных случаев	35
2 Регистрация опасных ситуаций как средство изменения поведения персонала.....	44
2.1 Влияние современных информационных технологий на процесс управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли	44
2.2 Выбор метода регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве.....	51
3 Анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли	73
3.1 Рекомендации, способствующие правильному использованию карт регистрации опасной ситуации.....	73
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	87
Заключение	98
Список используемых источников.....	102

Введение

Актуальность и научная значимость исследования обуславливается тем, что эффективный аудит за состоянием охраны труда – основное мероприятие по предупреждению производственного травматизма.

Внедрение цифровых технологий для обнаружения и предотвращения рисков в сложных нефтехимических рабочих средах может снизить человеческие жертвы.

Цифровые технологии могут повысить безопасность на рабочем месте и производительность, способствуя принятию точных решений. Таким образом, внедрение цифровых технологий в качестве стратегий безопасности в промышленных условиях необходимо.

Такой подход не только предотвращает загрязнение окружающей среды химическими авариями, которые влияют на воздух, почву и воду, но и снижает воздействие аварий на рабочих и окружающие сообщества, тем самым снижая риск корпоративных потерь. Выбранный метод не только снижает количество аварий, но и усиливает безопасность работников, поддерживая разработку стратегий для решения социальных проблем.

Таким образом, тема диссертации в настоящее время является актуальной и требует решения выявленных проблем.

Объект исследования магистерской диссертации: безопасность труда работников нефтегазового предприятия.

Предмет исследования: способы повышения безопасности труда.

Цель: повышение безопасности труда работников нефтегазового предприятия посредством разработки методов регистрации опасных ситуаций.

Гипотеза исследования: можно ожидать, что безопасность труда работников нефтегазового предприятия можно повысить если:

- будет выполнен анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли;

- будут проанализированы теории происхождения аварий и несчастных случаев;
- оценить влияние современных информационных технологий на процесс управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли;
- произвести выбор метода регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве;
- предложить рекомендации, способствующие правильному использованию карт регистрации опасной ситуации;
- выполнить оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- выполнить анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли;
- проанализировать теории происхождения аварий и несчастных случаев;
- оценить влияние современных информационных технологий на процесс управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли;
- произвести выбор метода регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве;
- предложить рекомендации, способствующие правильному использованию карт регистрации опасной ситуации;
- выполнить оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.

Теоретико-методологическую основу исследования составили труды ученых, научные статьи по анализу эффективности существующих методов производственного контроля за условиями труда.

Базовыми явились статистические данные по производственному контролю и аудиту по охране труда в исследуемой организации.

Методы исследования: изучение и сбор информации по теме исследования, анализ методов идентификации вредных и (или) опасных производственных факторов на рабочих местах исследуемого объекта, изучение и анализ существующих технологий в области мониторинга небезопасного поведения работников и создания автоматизированных систем регистрации опасных ситуаций.

Опытно-экспериментальная база исследования: рабочие места нефтедобычи предприятия Eriell Oilfield Middle Services East DMCC.

Научная новизна данной работы: предложена методика применения электронных карт регистрации опасной ситуации, которая позволяет выявить небезопасное поведение работников и опасных ситуаций и снизить воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов на рабочих местах нефтегазового предприятия.

Теоретическая значимость:

- разработан метод регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве;
- предложены рекомендации, способствующие правильному использованию карт регистрации опасной ситуации на действующем предприятии.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предлагаемый способ регистрации опасных ситуаций может быть интегрирован в работу исследуемого объекта с целью обеспечения безопасности на производстве.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались:

- корректным применением методов исследований;
- результатами проведённой оценки эффективности предлагаемых мер по повышению эффективности производственного контроля.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в анализе программы производственного контроля в организации и выявлении слабых мест в действующем процессе производственного

контроля с целью его дальнейшего совершенствования и разработки автоматизированных систем регистрации опасных ситуаций.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Результаты отражены в статье: Алимов Т.М. Регистрация опасных ситуаций как средство изменения поведения персонала // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 41(295). URL: <https://sibac.info/journal/student/295/354370> (дата обращения: 13.03.2025) [1].

На защиту выносятся:

- карта регистрации опасных ситуаций на предприятии, заполняемая ответственным за производственный контроль лицом, которая показала, что фиксация всех обстоятельств опасных ситуаций поможет в дальнейшем определить источники опасности;
- результаты анализа теорий происхождения аварий и несчастных случаев, которые показали, что у одного несчастного случая может быть множество более или менее значимых причин, определенная комбинация которых и приводит к его возникновению;
- результат анализа современных информационных технологий на процесс управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли – методы регистрации опасных ситуаций при помощи платформ на базе ИИ: Scale AI, Supervisely, V7, Viso, Labelbox, Toloka, Superannotate и OpenCV, которые показали, что регистрация опасных событий необходима для мониторинга безопасности оборудования и оценки поведения персонала (частота сердечных сокращений, пульс, температура, уровень стресса, усталость, концентрация) при помощи таких средств как интеллектуальные видеорегистраторы и носимые цифровые СИЗ;
- выбранный метод регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве, который показал, что с помощью функции распознавания лиц можно определять не только

факт нарушения безопасности (например, рабочий не надел каску в опасной зоне), но и «по лицу» определить, какой именно сотрудник нарушил трудовую дисциплину. В методе используется связка «Нарушение — нарушитель» для видеоаналитики, которая, как опция, может быть подключена к «Цифровому рабочему»;

- предложенная система взаимодействия по оценке поведения персонала и регистрации опасных ситуаций, которая показала, что позволяет вести историю работы бригады: фиксировать прибытие бригады и ответственного в зону проведения работ, отслеживать состав бригады, согласно наряду-допуску, фиксировать уход работников. Объединение данных, собранных с датчиков с данными в реальном времени облегчает принятие решений и оказывает положительное влияние на безопасность работников;
- рекомендуемые программы анализа карт регистрации опасной ситуации на действующем предприятии, которые показали, что благодаря им можно увеличить среднее время между отказами оборудования и быстрее выявлять основные причины аварий;
- результаты оценки эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации, которые показали, что в результате улучшения условий труда на рабочих местах предприятие сможет сэкономить за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда 29814269,76 руб.

Структура магистерской диссертации обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 7 рисунков, 10 таблиц, список используемых источников (37 источников). Основной текст работы изложен на 106 страницах.

Термины и определения

Безопасность труда – «вид деятельности по обеспечению безопасности трудовой деятельности работающих (преимущественно от поражения опасных производственных факторов)» [29].

Должностное лицо – «работник, занимающий постоянно или временно должность, связанную с выполнением организационно-распорядительных или административно-хозяйственных обязанностей» [29].

Несчастный случай – «случай, в результате которого работающий человек в процессе работы получил травму» [29].

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

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [29].

Оценка условий труда – комплекс процедур идентификации опасных и вредных производственных факторов и рисков их воздействия на организм работающего, а также последующей оценки данных рисков [25].

Профилактические меры – «заблаговременные меры (мероприятия) по устранению причины/причин потенциально возможного возникновения случаев воздействия опасных и /или вредных производственных факторов на работающего или другой нежелательной, но потенциально возможной, неблагоприятной ситуации» [29].

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса» [25].

Перечень сокращений и обозначений

АБК – административно-бытовое здание.

АВБ – аварийно-восстановительная бригада.

АРМ – автоматизированное рабочее место.

ГГ – горюй газ.

ГЖ – горючая жидкость.

ДВК – дозврывоопасные концентрации.

ИИ – искусственный интеллект.

КИП – контрольно-измерительные приборы.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

ЛЭП – линия электропередачи.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

ПЛА – план ликвидации аварии.

ПС – пожарная сигнализация.

РУНН – распределительное устройство низкого напряжения.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

СКЖ – счётчик количества жидкости.

УБПР – устьевой блок подачи реагента.

УВН – указатель высокого напряжения.

ЦДиПСВН – цех по добыче и подготовке сверхвязкой нефти.

ШГН – штанговый глубинный насос.

ЭМГ – датчик сердечного ритма

ЭЭГ – электроэнцефалография.

DT – цифровой двойник.

I2C – последовательная асимметричная шина для связи.

IoT – интернет вещей.

SPI – последовательный синхронный стандарт передачи данных.

UART – физическая реализация интерфейса в виде логической схемы.

VR – виртуальная реальность.

1 Анализ состояния безопасности условий труда в нефтегазовой отрасли и роль человеческого фактора

1.1 Анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли

Добывающие и нагнетательные скважины располагаются на одной прямой и разделены на группы по 4 скважины [7]. Перечень основного проектируемого оборудования и сооружений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень основного проектируемого оборудования и сооружений

Наименование	Единица измерения	Количество	Характеристика
1 этап. Скважина № 509			
Устьевая арматура	шт.	1	АУШГНК-15а-65/50-14-Р-180-Г73-К 1-ВВ-1-ВУС-КВ-2/3х 16-КОР-СУС-УХЛ-ЭК146 (ЕТТ на устьевую арматуру)
Насосное оборудование	шт.	1	Станок-качалка ПШСН 80-3-40 с эл. двигателем N=22 кВт в комплекте со станцией управления
Оборудование для предотвращения и удаления АСПО в глубинно-насосном оборудовании	шт.	1	Штанги с полиамидными скребками
Оборудование для индивидуального замера дебита скважины	шт.	1	Счетчик СКЖ
Нефтегазосборный трубопровод «скв. № 509 - т.вр. в трубопровод «ГЗУ-0612 - УСУ-0601» общая протяженность: - в пределах площадки; - линейная часть	м м м	117,1 49,92 67,18	Труба стальная бесшовная горячедеформированная
2 этап. Скважина № 527			
Устьевая арматура	шт.	1	АУШГНК-15 а-65/50-14-Р-180-Г73-К 1-ВВ-1-ВУС-КВ-2/3х 16-КОР-СУС-УХЛ-ЭК146 (ЕТТ на устьевую арматуру)

Продолжение таблицы 1

Наименование	Единица измерения	Количество	Характеристика
Насосное оборудование	шт.	1	Станок-качалка ПШСН 80-3-40 с эл. двигателем N=22 кВт в комплекте со станцией управления
Оборудование для предотвращения и удаления АСПО в глубиннонасосном оборудовании	шт.	1	Штанги с полиамидными скребками
Устьевой блок подачи реагента (УБПР)	блок-бокс	1	УБПР/05.00-0,4 УХЛ1 по ТУ 3667-005-50265270-03
Выкидной трубопровод «скв. № 527 - ГЗУ-0614» общая протяженность, в т.ч. - в пределах площадки; - линейная часть	м м м	1694,2 22,4 1671,8	Труба стальная бесшовная горячедеформированная
Защитный футляры (кожух) (при пересечении с проездом на трубопроводе)	м	11	Труба стальная электросварная прямошовная
3 этап. Скважина № 518			
Устьевая арматура	шт.	1	АУШГНК-15 а-65/50-14-Р-180-Г73-К1-ВВ-1-ВУС-КВ-2/3х16-КОР-СУС-УХЛ-ЭК146 (ЕТТ на устьевую арматуру)
Насосное оборудование	шт.	1	Станок-качалка ПШСН 80-3-40 с эл. двигателем N=22 кВт в комплекте со станцией управления
Оборудование для предотвращения и удаления АСПО в глубиннонасосном оборудовании	шт.	1	Штанги с полиамидными скребками
Устьевой блок подачи реагента (УБПР)	блок-бокс	1	УБПР/05.00-0,4 УХЛ1 по ТУ 3667-005-50265270-03
Выкидной трубопровод «скв. № 518 - ГЗУ-0619» общая протяженность, в т.ч. - в пределах площадки; - линейная часть	м м м	1467,6 31,8 1435,8	Труба стальная бесшовная горячедеформированная
Защитный футляр (кожух) (при пересечении с проездом на проектируемом трубопроводе 089х5,0)	м	19,5	Труба стальная электросварная прямошовная 0325х10 по ГОСТ 10704-91/ ст.10 гр.В ГОСТ 10705-80 Изоляция наружная в трассовых условиях ленточная полимерная «усиленного типа» по ГОСТ Р51164-98 (конструкция 15 таблица 1)

Строительство технологических сооружений предусматривается без остановки основного производства, за исключением времени подключения к действующим инженерным коммуникациям. Все принятое к установке оборудование размещается на открытых площадках с твердым покрытием [8]. По периметру площадок предусматривается бордюр для предотвращения распространения разлива нефти или конденсата при аварийных ситуациях. Площадки канализованы.

Компоновочные решения выполнены из условия обеспечения:

- оптимальных размеров рабочей площади технологических сооружений с соблюдением минимальных расстояний между ними, «предусмотренных требованиями правил безопасности и противопожарных норм» [28];
- «беспрепятственного подъезда и подхода к площадкам для обеспечения свободного доступа к оборудованию, арматуре, приборам контроля и автоматизации при эксплуатации и ведении ремонтных работ» [27].

Расстояние между добывающими и нагнетательными с отработкой на нефть скважинами в группе принято 5 м, между группами 15 м, согласно дополнения к технологической схеме разработки нефтяного месторождения. Количество скважин на кустовой площадке не превышает 24.

Все технологические сооружения и объекты на площадках кустов скважин относятся к повышенному уровню ответственности.

Обращающиеся вещества в выкидных трубопроводах, нефтегазосборных сетях и площадках скважин – являются горючими веществами. Аварийная разгерметизация рассматриваемых объектов может привести к ЧС техногенного характера – пожарам, взрывам и экологическому загрязнению окружающей среды [2].

Взрывопожарная и пожарная опасность производственных зданий, помещений и наружных сооружений представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Взрывопожарная и пожарная опасность производственных зданий, помещений и наружных сооружений

Наименование объекта	Класс пожара по Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123 - ФЗ	Категория по взрывопожарной и пожарной опасности	Класс взрывоопасных и пожароопасных зон		Категория и группа взрывоопасной смеси	Обращаемые вещества
			по «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ от 22.07.2008 № 123-ФЗ)	по ПУЭ		
Добывающая скважина нефтяная	В, С	АН	2	В-Іг	ІА-ТЗ ІА-Т1	Нефть, попутный газ
Нагнетательная скважина с отработкой на нефть	В, С	АН	2	В-Іг	ІА-ТЗ ІА-Т1	Нефть, попутный газ
Установка автоматизированная групповая замерная АГЗУ 1,2: - помещение ЗУ АГЗУ-1,2	В, С	А А	1	В-Іа	ІА-ТЗ ІА-Т1	нефть, попутный газ
Емкость дренажная ЕД-1, 2	В	АН	2	В-Іг	ІА-ТЗ	Нефть
Аппаратурный блок АГЗУ1,2 (блок-бокс): - помещение аппаратурного блока	А, Е	В В4	-	І-Іа	-	Поливинилхлорид (обмотка проводов); Пластмассовые изделия (клеммы)
Площадка электрооборудования	В, Е	ВН	-	І-ІІІ	-	трансформаторное масло, кабели
2КТП-1000/6/0,4 кВ: - трансформаторная №1 - трансформаторная №1 - помещение РУНН - помещение УВН	В, Е	В В1 В1 В4 Д	-	І-І І-Іа	-	Поливинилхлорид (обмотка проводов), трансформаторное масло
Узел забора воды	-	ДН	-	-	-	вода

Технологическое оборудование размещается на открытых

бетонированных площадках. Расположение оборудования на технологических площадках выполнено с учётом возможности его нормальной эксплуатации, осмотра и ремонта. К технологическим площадкам выполнены подъезды для возможности ведения ремонтных работ с помощью средств механизации.

По периметру площадок выполнен бетонный бортик, ограничивающий площадь разлива жидкости в случае аварии. Высота бортика определена с учетом возможного разлива жидкости из аппаратов, расположенных на площадке, но не менее 150 мм. Расстояние между бортиком и аппаратом принято не менее 1 м.

Оборудование устанавливается на фундамент, высота которого выбрана исходя из условий технологического процесса, «удобства монтажа и обслуживания» [28].

«На всех технологических площадках, где возможно образование взрывоопасных смесей, предусмотрен контроль загазованности со световой и звуковой аварийной сигнализацией» [28].

Пуск в работу и эксплуатация проектируемых объектов при отсутствии или неисправности системы контроля воздушной среды на взрывоопасные концентрации газов запрещается.

Электрооборудование, контрольно-измерительные приборы, электрические светильники, средства блокировки, устанавливаемые во взрывоопасных зонах классов В-1а и В-1г, применены во взрывозащищенном исполнении и имеют уровень взрывозащиты, соответствующий классу взрывоопасной зоны, вид взрывозащиты – категории и группе взрывоопасной смеси.

«Проектом предусматривается применение технологий и оборудования, обеспечивающих противопожарную, эксплуатационную и экологическую безопасность запроектированного объекта» [18].

«Технические решения, принятые на объекте, соответствуют нормам и правилам в области промышленной безопасности» [18] «Правила

безопасности в нефтяной и газовой промышленности» и обеспечивают безопасную для жизни людей эксплуатацию объектов проектирования, при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий, общих правил техники безопасности и инструкций по технике безопасности, соответствующих каждой профессии [3].

Эксплуатация добывающих скважин согласно заданию на проектирование предусматривается с приводом от штангового глубинного насоса (ШГН). Режим работы скважины – непрерывный, круглосуточный.

С целью обеспечения безопасных условий труда и производства в проектной документации предусматриваются следующие мероприятия:

- весь производственный процесс на площадках автоматизирован, управление производством осуществляется автоматически или дистанционно из помещения операторной;
- при остановке оборудования на ремонт жидкость из аппаратов и оборудования сливается в дренажные емкости. Аппараты и емкости пропариваются до достижения в них концентраций вредных веществ, не превышающих предельно допустимых, согласно требованиям санитарных норм;
- все оборудование снабжено площадками обслуживания, огражденными перилами, и лестницами для свободного и безопасного доступа обслуживающего персонала к арматуре и приборам КИП; в целях безопасности при обслуживании в условиях низких температур настил площадок и ступеней лестниц принят из просечно-вытяжной стали;
- опорные строительные конструкции для надземных трубопроводов выполнены из негорючих материалов;
- способ размещения технологического оборудования с легковоспламеняющимися жидкостями исключает возможность растекания проливов за пределы площадок (устройство бордюров площадок);

- вся аппаратура и трубопроводы герметичны, пропуски газов и течи жидкостей немедленно устраняются;
- класс герметичности запорной арматуры А;
- «конструкции и материалы эксплуатируемого оборудования и трубопроводов рассчитаны на обеспечение их прочности в рабочем диапазоне температур и давлений, а также на обеспечение их коррозионной стойкости к рабочей среде» [18];
- эксплуатация аппаратов, оборудования и трубопроводов осуществляется при параметрах, не выходящих за пределы технических условий или паспортов;
- выбор толщины стенок трубопроводов, больше чем расчетные;
- контроль сварных стыков;
- испытание трубопроводов после строительства и периодические испытания в процессе эксплуатации;
- установка опознавательных знаков;
- молниезащита и заземление.

В таблице 3 приведены сведения о численном и профессионально-квалификационном составе обслуживающего персонала с учетом сменности производства и с учетом коэффициента перехода от явочной численности к списочной, с указанием группы производственного процесса.

Таблица 3 – Сведения о численном и профессионально-квалификационном составе обслуживающего персонала

Профессия (должность) работающего	Группа производственного процесса	Количество работающих на площадке	
		всего в сутки	в том числе в максимальную смену
Оператор по добыче нефти и газа 1 разряда	2г, 1б	1	1
Оператор по добыче нефти и газа 3 разряда	2г, 1б	5	1
Оператор по добыче нефти и газа 4 разряда	2г, 1б	8	1
Оператор по добыче нефти и газа 5 разряда	2г, 1б	3	1
Оператор по добыче нефти и газа 6 разряда	2г, 1б	1	1
Электросварщик 4 разряда	2г, 1б	1	1
Электросварщик 5 разряда	2г, 1б	1	1

Численность персонала рассчитана на выполнение оперативного, технического обслуживания и «ремонта всех типов оборудования и устройств, установленных на проектируемых объектах» [11].

«Профилактическое обслуживание и ремонт технологического оборудования, электрооборудования, приборов КИП, средств связи осуществляется как персоналом обслуживающих объекты цехов добычи нефти и газа, так и предприятиями сервисного обслуживания» [12].

Всего в вахту на каждый проектируемый объект по списочной численности 20 человек + 2 мастера по добыче нефти, газа и конденсата на площадку.

«Оснащение рабочих мест осуществляется с учетом их назначения: по квалификации и профессиям, числу работающих, уровню специализации, механизации и автоматизации работ, количеству обслуживаемого оборудования» [4].

В состав ЦДиПСВН входят комплексные бригады операторов по добыче нефти и газа и слесарей-ремонтников, которые под руководством мастеров ведут работы по обслуживанию скважин и трубопроводов. На работников возлагаются обязанности по обеспечению бесперебойной работы эксплуатационных скважин: обслуживание и поддержание технологического режима работы скважин; обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования и нефтегазосборных трубопроводов.

Базирование бригады предусматривается в административно-бытовом здании (АБК).

Для санитарно-бытового обслуживания персонала в административно-бытовом здании предусмотрено устройство:

- кабинет технологической группы, операторов – гардеробной для домашней одежды;
- гардеробной для грязной спецодежды;
- помещения для обогрева и сушки спец.одежды;
- раздевалки мужские и женские – санузлы;

- душевые комнаты;
- умывальники – комнаты мастера;
- комнаты приема пищи;
- комната отдыха.

Оперативный надзор за работой оборудования и трубопроводов и их обслуживания осуществляется дежурной бригадой посредством периодического обхода и наблюдения с использованием автотранспортных средств.

Бригады должны иметь постоянную связь с диспетчерским пунктом с использованием радио-, и сотовой связи.

Для обеспечения удобства и безопасности персонала при монтаже, эксплуатации и ремонте оборудования предусмотрены и соответственно оборудованы необходимые проезды и подходы ко всем запроектированным сооружениям, лестницы и площадки для обслуживания.

Проектные решения приняты согласно техническим условиям в соответствии со строительными нормативными документами, «требованиями и правилами по промышленной безопасности, пожарной безопасности и охране труда. Они направлены на обеспечение:

- сокращения потерь рабочего времени;
- роста производительности труда;
- надежной работы оборудования;
- безопасности труда» [1].

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя. Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов;
- «применение прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия в установленном законодательством о техническом регулировании порядке средств индивидуальной и

коллективной защиты работников» [1];

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;
- режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права;
- приобретение и выдачу за счет собственных средств специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств, прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия в установленном законодательством Республики Узбекистан о техническом регулировании порядке, в соответствии с установленными нормами работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, проведение инструктажа по охране труда, стажировки на рабочем месте и проверки знания требований охраны труда [6];
- недопущение к работе лиц, не прошедших в установленном порядке обучение и инструктаж по охране труда, стажировку и проверку знаний требований охраны труда;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение аттестации с последующей сертификацией работ по охране труда;
- в случаях, предусмотренных трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового

права, организовывать проведение за счет собственных средств обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров (обследований), обязательных психиатрических освидетельствований работников, внеочередных медицинских осмотров (обследований), обязательных психиатрических освидетельствований работников по их просьбам в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров (обследований), обязательных психиатрических освидетельствований [11];

- недопущение работников к исполнению ими трудовых обязанностей без прохождения обязательных медицинских осмотров (обследований), обязательных психиатрических освидетельствований, а также в случае медицинских противопоказаний;
- информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
- предоставление органам исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда, уполномоченным на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, другим федеральным органам исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, органам исполнительной власти субъектов РФ в области охраны труда, органам профсоюзного контроля за соблюдением трудового законодательства и иных актов, содержащих нормы трудового

права, информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий [15];

- принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций, сохранению жизни и здоровья работников при возникновении таких ситуаций, в том числе по оказанию пострадавшим первой помощи;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [26];
- санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание работников в соответствии с требованиями охраны труда, а также доставку работников, заболевших на рабочем месте в медицинскую организацию в случае необходимости оказания им неотложной медицинской помощи [12];
- беспрепятственный допуск должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных на проведение государственного надзора и контроля, органов исполнительной власти, а также представителей органов общественного контроля в целях проведения проверок условий и охраны труда и расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- выполнение предписаний должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных на проведение государственного надзора и контроля, и рассмотрение представлений органов общественного контроля [19];
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [24];
- ознакомление работников с требованиями охраны труда;
- разработку и утверждение правил и инструкций по охране труда для работников с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками органа для принятия локальных нормативных актов;

- наличие комплекта нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда в соответствии со спецификой своей деятельности [23].

Для обеспечения безопасных условий труда и управления производством проектной документацией предусмотрены следующие основные мероприятия:

- наиболее полное использование производственных фондов и трудовых ресурсов;
- применение прогрессивных технологических и строительных решений, а также использование современного оборудования;
- автоматизация технологических процессов;
- арматура и трубопроводы по техническим характеристикам обеспечивают безопасную эксплуатацию объекта [5].

При выполнении работ по обслуживанию промышленного оборудования, ремонте, ликвидации аварий, на «работающих могут оказывать воздействие следующие вредные производственных факторов» [11]:

- а) «физические опасные и вредные производственные факторы:
 - 1) загазованность воздуха рабочей зоны,;
 - 2) повышенная или пониженная температура атмосферного воздуха» [12],
 - 3) напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
 - 4) акустические колебания – шум на рабочих местах,
 - 5) взрыво- и пожароопасность нефтегазовой среды,
 - 6) возможность получения травмы при производстве ремонтных работ;
- б) психофизиологические факторы: тяжесть и напряженность трудового процесса.

В ходе производственных операций рабочие могут подвергаться воздействию вредных газов и паров нефти, источником которых являются

нарушения герметичности фланцевых соединений, механической прочности запорной арматуры (свищи, щели по шву) вследствие внутренней коррозии или износа, превышения максимально допустимого давления.

Тяжесть труда связана с многократными перемещениями вдоль трассы трубопровода, в течение рабочей смены. Напряженность труда обусловлена сменным режимом работы, количеством объектов наблюдений и ответственностью выполняемых операций. Оценка условий труда оператора по добыче нефти и газа 4 разряда представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка условий труда оператора по добыче нефти и газа 4 разряда

Фактор	Класс условий труда	
	оператор по добыче нефти и газа	
	нормированный	фактический
Химический	Допустимый	Вредный кл. 3.1
Биологический	Отсутствует	Отсутствует
Аэрозоли ПФД	Отсутствует	Отсутствует
Акустические:		
- шум	Допустимый	Допустимый
- инфразвук	Отсутствует	Отсутствует
- ультразвук	Отсутствует	Отсутствует
Вибрация общая	Отсутствует	Отсутствует
Вибрация локальная	Допустимый	Допустимый
Ультразвук контактный	Отсутствует	Отсутствует
Неионизирующие излучения	Оптимальный	Оптимальный
Ионизирующие излучения	Отсутствует	Отсутствует
Микроклимат	Допустимый	Допустимый
Освещение	Допустимый	2
Тяжесть труда	Оптимальный	Вредный кл. 3.2
Напряженность труда	Оптимальный	Оптимальный
Общая оценка условий труда	Допустимый	Вредный кл. 3.2

«Рабочие места оснащаются организационной оснасткой, при выборе которой соблюдаются следующие требования:

- удобство доступа к органам управления;
- соответствие оснастки ее функциональному назначению;
- удобное размещение применяемой типовой» [13] или стандартной оснастки, предметов труда.

«Решения по организации и обслуживанию рабочих мест отвечают

следующим требованиям» [21]:

- «соблюдать четкую специализацию исполнителей работ по функциям обслуживания и плановые сроки выполнения работ;
- обеспечивать экономичность, оперативность и надежность обслуживания;
- определять состав служб, подразделений и трудоемкость функции обслуживания» [21].

«К функциям обслуживания рабочих мест относятся:

- производственно-подготовительная – планирование комплектования заготовок, материалов, комплектующих изделий, обеспечение технической документацией;
- инструментальная – планирование, комплектование и выдача инструмента, заточка, восстановление и ремонт инструмента, технологической оснастки;
- наладочная – наладка и подналадка технологического оборудования и оснастки;
- ремонтная – ремонт оборудования, профилактический осмотр, контроль за соблюдением правил эксплуатации оборудования;
- контрольная – контроль за качеством поступающих материалов, сырья, комплектующих изделий и соблюдением технологических требований;
- хозяйственно-бытовая – поддержание чистоты и порядка в помещениях и на территории предприятия, обеспечение спецодеждой и спецобувью, предметами гигиены, аптечками для оказания первой медицинской помощи, питанием;
- производственного контроля соблюдения санитарных правил и выполнения санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [9].

Обслуживание работающих предусматривает:

- все виды инструктажа на рабочих местах;

- доведение до работающих оперативной производственной информации [10].

Вдыхание работником аэрозолей преимущественно фиброгенного действия является причиной ряда профессиональных заболеваний органов дыхания (пылевой бронхит, пневмокониозы, рак легких). Все АПФД подразделяются на: высоко-, умеренно- и слабофиброгенные, что отражается в гигиеническом нормировании, учитывается при гигиеническом контроле и классификации условий труда по показателям вредности [5].

Химические факторы: вредные вещества на месторождении, содержащиеся в нефти, попутном нефтяном газе. Токсикологическая характеристика приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Токсикологическая характеристика и характер воздействия веществ

Наименование	Степень токсичности и характер воздействия веществ на организм человека
Попутный нефтяной газ	Попутный нефтяной газ сложная смесь углеводородов (в основном ряда метана) и неорганических соединений, являющийся воспламеняющимся газом. Может оказывать сильное наркотическое действие. «Первые признаки асфиксии (учащение пульса, ослабление внимания, нарушение координации мышечных движений) начинают проявляться, когда содержание кислорода в воздухе» [23] падает на 25-30 %; серьезные расстройства могут проявляться при содержании в воздухе примерно 25-30 % метана и выше. Смесь из 80 % метана и 20 % кислорода вызывает лишь головную боль, а вдыхание смеси 60 % метана с 21 % кислорода и 14 % азота переносились в течение 3 часов без жалоб; несколько снижались частота пульса, кровяное давление. Относится к 4-му классу токсической опасности (для этана, пропана, бутана); ПДК в рабочей зоне: по этану - 100 мг/м ³ , по пропану – 75 мг/м ³ , по бутану – 300 мг/м ³ , по углеводородам – 300 мг/м ³ .
Нефть	Нефть представляет собой смесь органических соединений (в основном углеводородов). «Углеводороды, входящие в состав нефтяных газов (метан и его ближайшие гомологи), могут оказывать сравнительно слабое наркотическое действие. Значительно сильнее действуют пары менее летучих (жидких) составных частей нефти. Именно они определяют характер действия сырых нефтей. Нефти, содержащие мало ароматических углеводородов, действуют также как и смеси метановых и нафтеновых углеводородов, их пары вызывают наркоз и судороги. Высокое содержание ароматических соединений может угрожать хроническими отравлениями с изменением состава крови и кроветворных органов. Сернистые соединения могут приводить к острым и хроническим отравлениям, главную роль при этом играет сероводород» [13].

Продолжение таблицы 5

Наименование	Степень токсичности и характер воздействия веществ на организм человека
-	Относится к 3-му классу токсической опасности. ПДК в рабочей зоне 300/900 мг/м ³ , по углеводородам – 300 мг/м ³ . «При работе с высокими концентрациями (зачистка аппаратов и т.п.) шланговые противогазы с принудительной подачей воздуха (ПШ-1, ПШ-2, ДПА-2), при меньших концентрациях углеводородов в нефти - фильтрующий противогаз универсальный марки «А» или «В». Для смывания нефти с кожных покровов» [16] использовать очищающие кремы, гели и пасты. Для защиты кожных покровов использовать средства гидрофильного действия (впитывающие влагу, увлажняющие кожу), а так же регенерирующие, восстанавливающие кремы, эмульсии. Спецдежда, спецобувь [16]

Данные по характеристике пожароопасных и токсичных свойств сырья приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные по характеристике пожароопасных и токсичных свойств сырья

Наименование сырья, полупродукто в готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концентрационный предел воспламенения, объемное		ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³
			вспышки	воспламенения	самовоспламенения	нижний	верхний	
Нефть	Жидкость	3	28	50	300	2,9	15	аэрозоля нефти -не более 10 концентрация по легким углеводородам в пересчете на углеводород не более 300
Нефтяной газ	Газ	2	-	-	450	22,9	115	300 (по углеводородам) 10 (сероводород в смеси с углеводородами) и 3 (по сероводороду)
Реагент (деэмульгатор РЕКОД-118)	Жидкость	3	47	-	436	6,7	34,5	100 мг/м ³ (по нефрасу А 120/200 в пересчете на С)

При эксплуатации промысловых объектов источником постоянной вибрации являются технологические трубопроводы. Поскольку процесс

добычи и транспорта нефти и газа автоматизирован и постоянные рабочие места в технологических блоках отсутствуют, то на обслуживающий персонал вибрация воздействия не оказывает. Там, где прекращение работ влечет за собой возникновение аварийной ситуации, остановку всего или части производства, прекращение работ заменяется введением чередующихся смен [14]. Порядок чередования смен устанавливается руководителем производства работ. В частности, при аварийном или капитальном ремонте, когда лимитированы сроки выполнения производственного задания, работы предусматривается производить двойным составом бригад. Матрица процессов по безопасности работников представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Матрица процессов по безопасности работников

Техпроцесс	Оборудование	Краткое описание работ	Наименование рабочего места	Безопасные приёмы труда
Наклонно-направленное, горизонтальное и вертикальное бурение, ЗБС	ZJ-70	Бурение нефтяных и газовых скважин	Бурильщик эксплуатационного и разведочного бурения скважин 6 разряда	Соблюдение правил проведения работ
Добыча нефти и газа	Станок-качалка СК-6	Механизированный, газлифтный и фонтанный способ добычи нефти	Оператор добычи нефти и газа 4 разряда	Соблюдение правил проведения работ
Геофизические и гидродинамические исследования скважин	Гамма-каротаж	Исследование скважин, перфорация, спуск каротажа	Геофизик, геолог	Соблюдение правил проведения работ
Проектирование трубопроводов и газопроводов	Компьютер (Автокад 3Д и компас)	Проектирование и создание плана для проектирования трубопроводов и газопроводов	Инженер-проектировщик	Обеспечение эргономики рабочего места
Ремонт оборудования	Гаечные ключи, разводные ключи	Ремонт станка-качалки, замена сальника и ремней	Слесарь по обслуживанию бурового оборудования 5 разряда	Соблюдение правил проведения работ

С целью регистрации опасных событий на объектах предприятия используются карты регистрации, образец которых представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Карта регистрации опасных событий

ФИО инициатора (выявившего)	Дроздов Николай Иванович
Должность инициатора	Старший машинист
Структурное подразделение инициатора	Котлотурбинный цех
Контактный телефон инициатора	-
Дата и время выявления	29.09.2024. 14-10
Ситуация которой Вы хотите сообщить ☐ Потенциально опасное условие ☐ Потенциально опасное события ☐ Потенциально опасное действие Иное _____ Место выявления (обнаружения) _____ Описание ситуации (несоответствия нарушения недостатки) к каким происшествиям могло привести _____ Что, по Вашему мнению необходимо предпринять для устранения и исключения повторений _____	

Рассмотрим требования должностных инструкций, инструкций по охране труда нормативно-правовых актов к выполнению работ при осуществлении подготовительных работ по бурению нефтяных и газовых скважин.

К «самостоятельной работе на установках горизонтально и вертикально направленного бурения (далее – установки) допускаются» [23]:

- «лица, достигшие 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию, подтвержденную документом о профессиональном обучении» [23];
- «прошедшие обязательный предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья к выполнению данного вида работ» [23];
- «прошедшие вводный и первичный на рабочем месте инструктажи

по охране труда, вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по пожарной безопасности и гражданской обороне» [23];

- «прошедшие инструктаж по электробезопасности с присвоением 1 группы допуска» [23];
- «обученные безопасным методам и приемам ведения работ (включая погрузо-разгрузочные работы, работы на высоте), правилам оказания первой помощи при несчастном случае на производстве» [23];
- «прошедшие проверку знаний требований охраны труда, пожарной и электробезопасности» [17].

«Персонал, допущенный к работе на установках, должен хорошо знать и строго соблюдать все необходимые требования, в том числе по охране труда, пожарной и электробезопасности, производственной санитарии» [18].

«Персонал, допущенный к работе на установках, должен уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения, знать места их расположения и ежедневно перед работой проверять сохранность пломб на огнетушителях, исправность инвентаря для пожаротушения» [18].

«Персонал, допущенный к работе на установках, обязан:

- а) соблюдать требования Инструкции по охране труда по своей профессии, а также по всем видам выполняемых им работ;
- б) немедленно сообщать своему непосредственному руководителю (при его отсутствии – вышестоящему руководителю) о произошедшем несчастном случае и обо всех замеченных им нарушениях требований охраны труда, а также о неисправностях сооружений, оборудования и защитных устройств;
- в) содержать в чистоте и порядке рабочее место и оборудование;
- г) обеспечивать на своем рабочем месте сохранность средств защиты, инструмента, приспособлений, средств пожаротушения» [23];
- д) «хорошо знать правила безопасности и надежной работы на

установках горизонтально и вертикально направленного бурения и с локационными приборами, включая порядок укладки матов заземления и процедуру самого заземления;

- е) полностью соблюдать нормы, правила и инструкции по охране труда и инструкции по эксплуатации установок горизонтально и вертикально направленного бурения, Правила внутреннего трудового распорядка, а также соблюдать и выполнять в обязательном порядке все мероприятия, указанные в проекте производства работ (ППР);
- ж) выполнять требования по обеспечению пожаробезопасности и взрывобезопасности:
 - 1) правильно организовать рабочее место, содержать рабочее место в чистоте и порядке,
 - 2) не допускать загромождения рабочего места, проходов и проездов посторонними предметами,
 - 3) строго соблюдать технологии выполнения работ, не допускать действий, которые могут привести к взрыву, пожару или возгоранию,
 - 4) курить только в специально установленных, обозначенных и оборудованных местах,
 - 5) промасленная ветошь, производственные отходы должны храниться в специально отведенных местах;
- и) запрещается уборка помещений с применением бензина, керосина, других легковоспламеняющихся жидкостей;
- к) запрещается оставлять после окончания работы, включенные в электросеть оборудование и электроприборы (за исключением оборудования непрерывного действия);
- л) поддерживать порядок на рабочих местах, очищать их от мусора, снега, наледи, не допускать нарушений правил складирования материалов и конструкций» [23];

- м) «правильно применять коллективные и индивидуальные средства защиты, бережно относиться к выданной спецодежде, спецобуви и другим средствам индивидуальной защиты (куда входит защитная одежда и обувь, перчатки, каски, яркие жилеты, перчатки диэлектрические, инструмент с изолирующими ручками и индикатором напряжения, защитные очки);
- н) немедленно сообщать своему непосредственному руководителю о несчастном случае, произошедшем на строительном участке, либо о признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает или может создать угрозу жизни и здоровью людей;
- о) в процессе самого бурения уметь точно определять местонахождение буровой головки и отслеживать ее на протяжении всего рабочего цикла» [20].

Одним из основных мероприятий по предупреждению аварий являются повышение надежности работы трубопроводов.

С этой целью предусматривается:

- герметизированная схема технологических процессов, которая исключает выброс вредных веществ в окружающую среду;
- все трубопроводы приняты стальные на давление, значительно превышающее расчетное;
- повышенная толщина стенки трубопроводов относительно расчетной;
- соединение труб между собой на сварке; трубопроводы не имеют фланцевых или других разъемных соединений, кроме мест установки арматуры или присоединения к оборудованию;
- система неразрушающего контроля сварных соединений трубопроводов и несущих конструкций;
- испытание трубопроводов после монтажа и ремонта;
- повышенное давление испытания трубопроводов;
- защита проектируемых металлических сооружений от почвенной и

атмосферной коррозии;

- повышенная толщина стенки трубопроводов с учётом добавки на коррозию;
- расположение проектируемых сооружений и трубопроводов с учетом требований действующих норм и правил;
- строительство проездов, исключаящее неорганизованное передвижение транспортных средств и строительной техники;
- обязательный контроль качества выполнения строительно-монтажных работ;
- ремонт трубопроводов производится только после его отключения и сброса давления;
- применение при ремонтных работах инструмента, не допускающего искр при ударе;
- оснащение объектов первичными средствами пожаротушения;
- заземление оборудования и трубопроводов [22].

«Герметичность оборудования и трубопроводов, является важнейшим условием предупреждения аварийных ситуаций, связанных с взрывами и пожарами горючих веществ, которые получают и используются в ходе технологического процесса» [23].

«Меры, направленные на предотвращение разгерметизации оборудования и трубопроводов, можно разделить на технические и организационные» [27].

«Технические мероприятия:

- конструкции и материалы эксплуатируемого оборудования и трубопроводов рассчитаны на обеспечение их прочности и износостойкости в рабочем диапазоне давлений и температур, вызываемых местными условиями, а также на обеспечение их коррозионной стойкости к рабочей среде» [23];
- «система сбора и транспорта нефти полностью герметизирована. Вся аппаратура, в которой может возникнуть давление,

превышающее расчетное, оснащена предохранительными клапанами» [23];

- «наружная поверхность технологического оборудования и трубопроводов имеет антикоррозионное покрытие;
- оборудование и трубопроводы на объекте расположены с учетом безопасного подъезда или проезда автотехники.

Организационные мероприятия:

- планово-предупредительный ремонт оборудования, плановый осмотр оборудования и трубопроводов, проверка системы блокировок и предохранительных клапанов;
- к обслуживанию объекта допускаются лица, ознакомленные с конструкцией, принципом действия и порядком работы объекта в целом;
- ежедневный обход производственных участков с целью осуществления контроля состояния оборудования и трубопроводов (во время приема-сдачи смен, в начале рабочего дня и оперативно в течение смены) с записью в журнале приема-сдачи смены;
- периодическое обследование и дефектоскопия сварных соединений трубопроводов и оборудования;
- проведение регламентных испытаний оборудования и трубопроводов на прочность и герметичность в соответствии с графиком;
- систематический контроль осадки фундаментов емкостей» [28].

Для предупреждения «развития аварий и локализации выбросов опасных веществ, предусмотрены следующие проектные решения:

- принята герметичная схема сбора и транспорта, что обеспечивает безопасность и экологичность технологического процесса при рабочих параметрах и минимизирует выбросы вредных веществ» [23] в окружающую среду;
- предусмотрена «установка пожароопасного оборудования в

отдельных изолированных помещениях и (или) на открытых площадках;

- применение устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих, отсекающих и других устройств» [23];
- применение закрытой самотечной системой дренажа;
- применение быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания.

Структура системы телемеханики кустов скважин нефтяного месторождения обеспечивает выполнение функций контроля и оптимального управления производством в целом, а также управление отдельными установками, как при нормальной работе, так и в нештатных ситуациях.

Контроль за режимами работы оборудования, управление технологическим процессом, на объектах кустов скважин осуществляются автоматически локальными станциями телемеханики на основании заложенных алгоритмов управления.

Станции телемеханики располагаются в блоках аппаратурных на площадках кустов скважин.

Станции телемеханики кустов скважин обеспечивают:

- реализацию алгоритмов управления электроприводной задвижкой на нефтегазосборном трубопроводе куста скважин при аварийных ситуациях;
- сбор информации от оборудования нижнего и первого уровня, оборудования пожарной сигнализации (ПС);
- сопряжение с оборудованием сети связи для передачи данных на второй уровень.

Станция телемеханики поставляется комплектно с измерительной установкой.

Для обмена данными с уровнем диспетчерского пункта, применяется оборудование связи.

Станция телемеханики располагается в блоке аппаратурном на площадке куста скважин.

Оперативному персоналу предоставляется возможность наблюдения за ходом процесса и управление режимами работы оборудования с автоматизированного рабочего места (АРМ оператора) производственного персонала, располагаемого в диспетчерском пункте ЦДНГ-3 месторождения.

На АРМ оператора отображается текущий режим работы технологического оборудования, аварийные и предупредительные сообщения системы при отклонениях наиболее важных технологических параметров за допустимые границы, диагностическая информация о работоспособности комплекса технических средств, а также отчеты установленной формы.

1.2 Теории происхождения аварий и несчастных случаев

Техническое расследование проводится специально назначенной комиссией, которая составляет акт расследования по установленной форме, к которому прилагается форма учета и анализа аварий и другие материалы, характеризующие аварию.

Сведения об авариях по установленной форме один раз в полугодие представляются в территориальный орган технадзора.

Установление причин, анализ и учет инцидентов, возникших на нефтяных месторождениях, ведется организацией, эксплуатирующей промысел. Для установления причин инцидентов руководителем назначается комиссия.

Результаты работы комиссии оформляются актом по форме, установленной предприятием.

Учет инцидентов на объекте ведется в специальном журнале, где указывается дата и место инцидента, его причина и характеристика, продолжительности простоя, экономический и экологический ущерб, меры

по устранению причин инцидента и отметка об их выполнении [31].

Организация ежеквартально сообщает в территориальный орган Ростехнадзора о количестве инцидентов и причинах их возникновения по установленной форме.

Регистрация, учет, отчетность, ведение и хранение документов по авариям и инцидентам на объекте возлагается на лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию объекта, которое назначается приказом по предприятию.

При пуске и эксплуатации проектируемых объектов могут возникнуть аварийные ситуации, требующие немедленной их остановки.

Действие и распределение обязанностей среди обслуживающего персонала при ликвидации конкретных аварийных ситуаций предусмотрены «Планом ликвидации аварий», который утверждается руководителем предприятия и разрабатывается в соответствии с инструкцией Ростехнадзора.

Аварии на установке являются в первую очередь результатом нарушения технологического режима и правил эксплуатации сооружений, а также правил охраны труда, но могут произойти и по причинам нетехнологического характера.

Аварийная остановка технологического оборудования и трубопроводов является вынужденной операцией и производится в следующих ситуациях:

- выход из строя какого-либо узла, без которого невозможно продолжить технологический процесс;
- резкое повышение давления в системе;
- резкое понижение давления в системе;
- при пожаре на площадках;
- при отключении электроэнергии.

В плане должен быть указан порядок оповещения и сбора должностных лиц, организации и производства аварийных работ.

При возникновении аварии оператор должен сообщить мастеру и диспетчеру предприятия и принять меры по ликвидации возникшей аварии в

соответствии с ПЛА.

Затем проинформировать диспетчера о принятых мерах по ликвидации аварии, сделать краткую, но ясную запись о случившемся в сменном (вахтовом) журнале, фиксируя место, сущность, причину отказа, принятые меры.

Прибывший первый к месту аварии руководитель работ обязан:

- установить предупредительные знаки для ограждения места аварии;
- принять меры к предупреждению дальнейшего выхода продукта, исключив попадание его в населенные пункты;
- разместить технические средства и персонал аварийно-восстановительной бригады (АВБ) на безопасном расстоянии от места аварии в соответствии с действующими правилами охраны труда;
- предотвратить доступ в зону аварии посторонних лиц и техники; при возникновении аварии вблизи автомобильных дорог принять меры, исключающие движение транспорта;
- уточнить место и размеры аварии;
- выйти на связь с диспетчером или руководителем подразделения, сообщить о месте и ориентировочных размерах аварии, возможности подъездов и другие сведения; при возникновении аварии вблизи ЛЭП и автомобильных дорог сообщить их владельцам об аварии.

После определения характера аварии и принятия решения о способе ликвидации, работы продолжаются в соответствии с оперативным планом ликвидации возможных аварий на нефтепроводе, являющимся составной частью ПЛА.

Работы по ликвидации аварии на трубопроводе должны выполняться АВБ или другими подразделениями предприятия.

«Несчастные случаи могут быть определены как незапланированные

происшествия, приводящие к травмам, гибели людей, потере продукции, повреждению имущества» [22].

«Без понимания причин возникновения несчастных случаев предотвратить их крайне трудно. Было предпринято много попыток создания теории, позволяющей предсказывать появление факторов, которые становятся причинами несчастных случаев, но до сих пор не существует общепринятой универсальной концепции» [22].

«Исследователи, работающие в различных областях науки и техники, пытаются разработать теорию этиологии несчастных случаев, которая поможет выявить, изолировать и в конечном итоге устранить факторы, способствующие возникновению несчастных случаев или являющиеся их непосредственной причиной. В данной статье предложен краткий обзор различных существующих теорий этиологии несчастных случаев, а также видов несчастных случаев» [22].

«Принцип «домино». По мнению В.Х.Хайнриха (W.H. Heinrich (1980), который является создателем так называемой теории «домино», 88 % всех несчастных случаев вызваны неправильными действиями персонала, 10 % ненадежностью оборудования и 2 % «форс-мажором». Он предложил «пятифакторную последовательность» возникновения несчастного случая, в которой каждый фактор приводит в действие последующий, подобно падению поставленных в ряд костяшек домино. Последовательность факторов включает в себя следующее» [36]:

- «происхождение и социальные условия;
- ошибка рабочего;
- неправильные действия в совокупности с механической и физической опасностью;
- несчастный случай;
- повреждения или травмы» [8].

«Подобным же образом удаление одной из костяшек домино из ряда может остановить их падение. Хайнрих (Heinrich) предположил, что

исключение одного из факторов предотвратит несчастный случай и вызываемую им травму, и, следовательно, ключевым фактором последовательности является фактор номер 3. Хотя Хайнрих (Heinrich) не привел никаких фактов, подтверждающих его теорию, она, тем не менее, представляет собой удобную отправную точку для начала дискуссии и проведения дальнейших исследований» [36].

«Теория множественности причин является развитием принципа «домино», но в отличие от него утверждает, что у одного несчастного случая может быть множество более или менее значимых причин, определенная комбинация которых и приводит к его возникновению. Согласно этой теории факторы, способствующие возникновению несчастных случаев, могут быть разбиты на две категории» [22].

«Поведенческие. Эта категория включает в себя факторы, относящиеся к работнику, типа неправильных действий, недостатка знаний или навыков, а также неадекватное физическое и психическое состояние» [22].

«Относящиеся к окружающей среде. К данной категории относится неправильная защита потенциально опасных элементов оборудования, а также разрушение оборудования в результате эксплуатации или ошибочных действий. Главное достоинство этой теории состоит в выявлении того факта, что в основе несчастного случая редко, а скорее всего, никогда не лежит одна единственная причина или неправильное действие» [22].

«Согласно теории чистой случайности для каждого из определенной группы рабочих существует равная вероятность того, что с ним произойдет несчастный случай. Это подразумевает, что не существует однозначно описываемой последовательности событий, приведших к несчастному случаю. По этой теории все несчастные случаи соответствуют форс-мажору Хайнриха (Heinrich), и никакое внешнее вмешательство не может предотвратить их» [22].

«Теория смещенной ответственности основана на точке зрения, что если работник стал жертвой несчастного случая, то вероятность вовлечения

его в будущие несчастные случаи увеличивается либо уменьшается по сравнению с вероятностью для других работников. Эта теория мало что дает для разработки профилактических мер по предотвращению несчастных случаев» [22].

«Теория подверженности несчастным случаям утверждает, что внутри каждой группы работников можно выделить подгруппу людей, с которыми с большей вероятностью может произойти несчастный случай. Исследователи не смогли убедительно доказать эту теорию, поскольку большинство исследований было плохо организовано, а полученные данные оказались неполными и противоречивыми. Данная теория в настоящее время не является общепризнанной» [22].

«Создается ощущение, что если эта концепция и подтверждена какими-либо эмпирическими доказательствами, то только для очень небольшого числа несчастных случаев, не имеющих никакого статистического значения» [22].

«Последователи теории переноса энергии заявляют, что оборудование получает повреждения, а работник травмируется в результате передачи энергии, и что для всякой передачи энергии можно определить источник, канал и приемник. Данная теория полезна для выявления этиологии опасностей и разработки методологии их устранения. Можно выработать стратегии, являющиеся превентивными, ограничительными или улучшающими качество по отношению к переносу энергии» [22].

«Управление переносом энергии в источнике может быть достигнуто следующими средствами:

- устранение источника;
- внесение изменений в проект или технические требования элементов рабочего места;
- профилактический ремонт» [22].

«Канал передачи энергии может быть изменен посредством:

- ограждение канала;

- установки барьеров;
- установки поглотителей;
- размещения изоляторов» [27].

«На приемник энергии можно воздействовать при помощи мер:

- ограничение времени воздействия;
- применение индивидуальных средств защиты» [27].

«Концепция «признаки и причины» не столько теория, сколько предостережение, которое следует учитывать для понимания этиологии несчастного случая. Обычно при расследовании несчастных случаев мы сосредотачиваемся на очевидных причинах, пренебрегая коренными. Неправильные действия и опасные условия являются признаками – непосредственными причинами – а не коренными причинами несчастного случая» [27].

«Виды несчастных случаев. Убеждение, что несчастные случаи имеют свои причины, и их можно предотвратить, обязывает нас изучать факторы, которые могут оказывать наибольшее влияние на возникновение несчастных случаев» [27].

«Изучая эти факторы, можно выделить коренные причины несчастных случаев и выработать необходимые шаги, которые следует предпринять для предотвращения их повторения» [27].

«Коренные причины несчастных случаев могут быть подразделены на «непосредственные» и «способствующие» [28].

«К непосредственным причинам относятся неправильные действия работника и опасные условия на рабочем месте. Способствующими факторами могут стать ошибки в управлении, окружающая среда, физическое и психическое состояние работника. Для возникновения несчастного случая должна сложиться определенная комбинация этих причин» [28].

Для исследуемого предприятия в качестве метода определения происхождения аварий и несчастных случаев наиболее эффективно можно

применить принцип «домино».

Серия событий имеет корневую центральную причину, которую можно было бы предотвратить, создает эффект домино, который может привести к травмам и более серьезным последствиям.

Центральная причина всей причинной последовательности приписывается небезопасному фактору или опасному состоянию, которое приводит к кумулятивной цепной реакции, приводящей к травмам.

Чтобы предотвратить повторение, центральный причинный фактор должен быть рассмотрен, оценен, устранен и предотвращен.

Теория человеческого фактора фокусируется на способности человека реагировать в каждой ситуации в определенное время, чтобы эффективно предотвратить несчастный случай. То, как человек реагирует или отвечает на событие, может вызвать серьезную победную цепочку событий. Человеческие реакции, приводящие к ошибке, могут быть результатом любого из трех факторов:

- перегрузка (индикаторы включают личные проблемы, фактор стресса, давление, шум, отвлекающие факторы, оценку уровня риска и предыдущую подготовку);
- замедленная или неправильная реакция (индикаторы включают в себя плохую оценку и прогнозирование риска, знание проблем безопасности и непринятие мер или игнорирование правил безопасности, снятие защитного ограждения);
- неправильные действия (такие показатели, как неэффективное или отсутствующее обучение перед началом выполнения новой задачи, обучение технике безопасности для новых сотрудников, неправильная оценка сопутствующих рисков).

Вывод по разделу.

В разделе определено, что объекты добычи нефти имеют комплекс опасных производственных факторов для обслуживающего персонала:

- наличие легко воспламеняющейся жидкости (нефти), паров и газов,

- способность паров и газов образовывать взрывоопасные смеси;
- способность нефти и попутного газа действовать отравляюще на организм человека;
- способность нефти оказывать вредное воздействие на кожу человека;
- способность нефти при своем движении по трубопроводам образовывать статическое электричество;
- выполнение работ на открытом воздухе.

Эти факторы могут явиться причиной заболеваний среди работающих, а при неправильном выполнении той или иной технологической операции привести к аварии или несчастному случаю.

Минимизация и предотвращение опасностей начинается с идентификации опасностей и применения соответствующих мер безопасности. Практика анализа аварий и несчастных случаев и извлеченных из них уроков важна в процессе прогнозирования и распознавания будущих аварий и потенциальных опасностей, чтобы иметь возможность предотвращать возможные опасности.

На непостоянных рабочих местах, связанных с выделением вредных химических веществ на период эксплуатации класс условий труда допустимый, так как концентрация опасных и вредных веществ значительно ниже ПДК рабочей зоны.

2 Регистрация опасных ситуаций как средство изменения поведения персонала

2.1 Влияние современных информационных технологий на процесс управления охраной труда и промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли

Согласно пирамиде безопасности Хайнриха, каждой аварии и серьезному несчастному случаю предшествует большое количество упущений, неопределенных действий и других событий. Поэтому наиболее эффективным способом предотвращения аварий и инцидентов является сбор данных. Мэттссон считает, что сбор, интеграция и анализ больших данных с рабочих мест в интеллектуальной рабочей среде оказывает положительное влияние на безопасность и здоровье работников за счет повышения производительности, снижения стресса и предотвращения несчастных случаев [32]. Собранные данные указывают на возможность возникновения несчастных случаев и вредных факторов на рабочем месте. Таким образом, можно устранить и контролировать опасности до того, как произойдет несчастный случай.

Основным направлением работ по охране труда должно быть планомерное осуществление комплекса организационных и технических мероприятий, обеспечивающих создание безопасных условий труда. «Организация работ по охране труда осуществляется работниками группы производственного контроля по промышленной безопасности и экологии. Общее руководство работой по охране труда и ответственность за состояние техники безопасности и производственной санитарии на предприятии возлагается» [22] на руководителя предприятия.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленных

нормативов.

Трубопроводы системы сбора продукции скважин в связи с наличием горючих веществ и оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа относятся к опасным производственным объектам.

Цифровая экономика характеризуется всепроникающим внедрением цифровых технологий во все сферы человеческой деятельности, включая производство, торговлю, финансы, образование, государственное управление и общественную жизнь в целом. Ключевой особенностью этой новой экономической парадигмы является использование цифровых данных в качестве основного ресурса, преобразующего традиционные бизнес-модели и создающего новые возможности для инноваций и роста [37].

Традиционные методы управления предприятием, считавшиеся эффективными до недавнего времени, все чаще демонстрируют свою неспособность справляться с современными вызовами. Иерархические структуры управления, жесткие бюджеты и долгосрочные планы часто становятся препятствиями для быстрой адаптации к изменениям.

Искусственный интеллект играет решающую роль в различных аспектах рабочего процесса, революционизируя то, как выполняются и управляются задачи. С помощью вычислительных методов, которые анализируют и обрабатывают данные, ИИ позволяет выполнять определенные действия, которые влияют на динамику труда.

Технологии ИИ также проникли в сферу охраны труда, облегчая изучение как структурированных, так и неструктурированных данных.

Эта технология находит применение в различных областях, таких как координация машинного оборудования и промышленных процессов, управление рабочей силой (особенно с точки зрения человеческих ресурсов), оценка рисков для работодателей, анализ выгод и оценка безопасности персонала. Чтобы защитить своих сотрудников, работодатели могут принять различные стратегии, рекомендованные специалистами в данной области.

Эти меры включают предоставление информации и обучение по

опасным факторам на рабочем месте, реализацию комплексных программ по безопасности и снабжение СИЗ.

Несмотря на эти усилия, человеческая ошибка остается существенной причиной несчастных случаев на рабочем месте. Именно здесь ИИ может сыграть важную роль. Благодаря своей способности быстро обрабатывать и анализировать данные, ИИ может эффективно выявлять потенциальные риски и опасности, которые могут остаться незамеченными.

«Достижения в области интеллектуальных СИЗ позволяют отслеживать основные показатели здоровья и оценивать промышленную среду. Существует множество стратегий для включения носимых устройств в рабочие условия, что позволяет изучить, как сети взаимосвязанных устройств могут способствовать защите людей. Эти решения используют ряд методов ИИ, включая байесовские сети, деревья решений» [32] и другие гибридные методы вывода.

Технологии интеллектуальных СИЗ актуальны также и для кризисных случаев (пандемии, катастрофы и чрезвычайные ситуации), например:

- при пандемии можно отслеживать правила ношения СИЗ, уход за ними и своевременная их замена;
- при катастрофах и чрезвычайных ситуациях – отслеживать состояние пострадавших, их поиск и спасение.

Как правило, обычные системы безопасности на рабочих местах адаптированы для удовлетворения конкретных требований отдельных компаний и в первую очередь реагируют на измеренные стимулы, при условии, что эти стимулы превышают минимальный порог (реактивный подход «действие-реакция»). Этот подход обеспечивает ограниченную - способность к адаптации или гибкость при столкновении с новыми ситуациями. Напротив, системы ИИ с «механизмами обучения представляют другой подход. Эти системы полагаются на набор правил в сочетании со знаниями, полученными из решений известных проблем, чтобы предвидеть результаты неизведанных сценариев» [32] Такие системы могут оценивать,

представляет ли данная ситуация риск, на основе определенных контекстных условий.

Высокорисковые рабочие среды, такие как работа с опасными материалами, работа на высоте и в замкнутых пространствах, могут использовать эти технологические достижения, основанные на науке о данных и ИИ. Тем не менее, робототехника несет с собой свой собственный набор рисков и опасностей, которые также могут оказывать неблагоприятное воздействие на рабочую среду. Искусственный интеллект, машинное обучение являются ключевыми технологиями в области робототехники, и прогнозируется, что к 2027 году до 75 % предприятий будут использовать ИИ в своих рабочих процессах [33].

Компьютерное зрение имеет большие перспективы в повышении безопасности на рабочем месте с помощью приложений ИИ. Оно позволяет выполнять различные функции, включая мониторинг поведения сотрудников, выявление потенциальных рисков и выдачу оповещений в режиме реального времени. Прекрасным примером ее реализации является использование тепловизионных камер для выявления теплового стресса у работников. Эта технология позволяет работодателям постоянно контролировать температуру тела своих сотрудников и оперативно предлагать необходимую поддержку, такую как перерывы на охлаждение или соответствующие СИЗ. При пандемии возможно отслеживать температуру тела работников для своевременной изоляцией заболевших работников от здоровых.

Кроме того, компьютерное зрение играет важную роль в усилиях по наблюдению. Камеры на базе искусственного интеллекта могут отслеживать перемещения сотрудников и быстро обнаруживать потенциальные опасности, такие как опасность споткнуться или незащищенное оборудование. Более того, эти камеры также могут определять случаи, когда человек попадает в ограниченную или опасную зону, тем самым обеспечивая более безопасную рабочую среду.

Распространение ИИ привело к смене парадигмы из-за технологического прогресса в управлении данными, компьютерном зрении. Эта тенденция очевидна в появлении нескольких инновационных платформ на базе ИИ, которые удовлетворяют разнообразные потребности, от маркировки и курирования данных до обнаружения объектов и анализа видео. «Некоторые из этих передовых платформ включают: Scale AI, Supervisely, V7, Viso, Labelbox, Toloka, Superannotate и OpenCV, последняя остается неотъемлемой частью ландшафта ИИ, предлагая библиотеку с открытым исходным кодом для компьютерного зрения» [34].

Мобильные интеллектуальные носимые цифровые технологии выявляют и отслеживают опасные ситуации, которые могут привести к несчастным случаям [36]. Таким образом, обеспечивается и улучшается безопасность и здоровье работников. Преимущества применения этих новых технологий отражаются в оценке рисков в режиме реального времени и принятии решений о профилактических и корректирующих мерах (с учетом состояния здоровья) для устранения несчастных случаев и снижения травматизма на производстве [34].

Датчики отслеживают перемещение работника, его местоположение, количество сделанных им шагов, выполняемые им действия, занимаемую им должность.

Мониторинг основных параметров здоровья работников (частота сердечных сокращений, пульс, температура, уровень стресса, усталость, концентрация) может указывать на физическую и когнитивную нагрузку оператора, не эргономичные движения и положения тела, снижает уровень стресса у работника, снижает когнитивную и физическую нагрузку и позволяет избежать производственных травм. Применение данных датчиков основных параметров здоровья работников особо актуально при:

- пандемии;
- проведении аварийно-спасательных работ;
- оказании помощи пострадавшему работнику.

Палазон предполагает, что инновационные технологии играют важную роль в улучшении условий труда [35]. Эти инновационные цифровые устройства позволяют работникам оставаться в безопасности в таких средах, как высокие температуры, токсичные газы, вредные химикаты и высокий уровень шума, указывая на отклонения, которые могут отрицательно повлиять на охрану труда [37].

Применяя инновационные технологии, можно определить, соблюдаются ли процедуры и правила охраны труда, выявить, какие работники подвергаются особому риску, каким работникам следует пройти дополнительное обучение в области охраны труда для более безопасного выполнения работ. Более того, инструкторы по обучению могут адаптировать обучение в области охраны труда к каждому работнику индивидуально в соответствии с его ситуацией.

Подключая датчики к интеллектуальным технологиям (акселерометр, гироскоп, магнитометр, датчик пыли, датчик дыма, датчик газа), работники получают предупреждения о потенциальном воздействии опасностей и вреда, а также позволяют пострадавшему работнику обратиться за помощью в случае необходимости [32], [34], [36].

Дополненная реальность находит широкое применение во время обучения сотрудников, повышая гибкость оператора, сокращая время, необходимое для изучения новой задачи, и уменьшая количество ошибок, допускаемых работником, что дополнительно повышает безопасность и здоровье работников [35].

«Виртуальная реальность (VR) стала ценным инструментом для обучения технике безопасности, особенно в отраслях с высоким уровнем риска, где обучение на основе реального опыта может быть опасным. Работодатели могут использовать VR для предоставления сотрудникам практических знаний и опыта в рискованных ситуациях, помогая им оставаться в безопасности и, таким образом, минимизировать риск смертельных случаев и травм на рабочем месте, увеличивая свою

образовательную роль для формирования знаний по предотвращению рисков. Эта технология экономически эффективна, ориентирована на цель и повышает профилактику несчастных случаев за счет минимизации ошибок. Использование VR в обучении безопасности заменяет традиционные методы, такие как PowerPoint и видео, предлагая более увлекательный и запоминающийся опыт обучения» [35].

«Такие отрасли, как химическая, строительная, горнодобывающая и оборонная, внедрили программы обучения на основе виртуальной реальности из-за их экономической эффективности и снижения травматизма и несчастных случаев на рабочем месте» [36].

Организации по обучению технике безопасности на рабочем месте, например, «AST Arbeitssicherheit & Technik, начали внедрять платформы виртуальной реальности в цифровое ручное обучение безопасному управлению техникой при бурении скважин. Компания по производству химических и потребительских товаров Henkel объединилась с VRdirect для создания обучающего VR-проекта для обучения сотрудников рискам для здоровья и безопасности на рабочем месте» [32].

Обучение геймифицирует процесс, заставляя сотрудников определять потенциальные риски в оживленных сценах, делая это и успешным, и приятным. Кроме того, различные другие промышленные корпорации, такие как Walmart, FedEx и BP, включили обучение промышленной безопасности с использованием VR.

В последнее время современные технологии, включая Интернет вещей (IoT), сенсорные сети, беспроводную связь, большие данные, искусственный интеллект (ИИ), облачные вычисления, робототехнику, стали многообещающими инструментами для повышения производительности и снижения производственного травматизма. Этот мегатренд называется Индустрия 4.0, или четвертая промышленная революция.

Технологии 4.0 повышают конкурентоспособность в широком спектре отраслей, включая производство, строительство и складское хозяйство;

однако они могут вызывать новые типы опасностей и рисков [5] . Например, автоматизированные объекты и коллаборативные роботы, взаимодействующие с людьми-работниками, могут вызывать непреднамеренные контакты и столкновения между людьми-работниками и физическими объектами, такими как машины и роботы, что может привести к несчастным случаям и травмам [36].

С другой стороны, некоторые существующие проблемы охраны труда можно решать более эффективно, применяя технологии Индустрия 4.0 для более быстрого сбора и обработки различных данных и «автоматизации процедур управления охраной труда» [9]. «Следовательно, ожидается, что влияние технологий Индустрия 4.0 на охрану труда будет значительным» [9].

Таким образом, следует тщательно учитывать вопросы охраны труда при применении технологий Индустрия 4.0, сопровождающих потенциальные опасности и риски.

2.2 Выбор метода регистрации опасных ситуаций для улучшения состояния безопасности на производстве

Основным направлением работ по обеспечению безопасности труда должно быть планомерное осуществление комплекса организационных и технических мероприятий, обеспечивающих создание безопасных условий труда.

«С целью снижения опасности и вредности проектируемых объектов предусматриваются следующие мероприятия:

- устья скважин для обслуживания и ремонта оборудуются канализуемыми площадками;
- соединение трубопроводов предусмотрено методом сварки с контролем сварных стыков по нормам» [19];
- «контроль за состоянием технологического процесса по добыче,

- сбору и транспорту нефти и газа полностью автоматизирован» [19];
- «контроль загазованности на площадке скважины предусмотрен переносными газоанализаторами» [19];
 - «для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током предусматривается защитное заземление всех металлических частей электрооборудования, нормально не находящихся под напряжением» [19];
 - «на территории всех проектируемых объектов и сооружений должны быть запрещающие и предупреждающие плакаты, и знаки о грозящей человеку опасности» [19];
 - «оборудование скважин должно обслуживаться квалифицированным персоналом, знающим «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», прошедшим обучение правилам техники безопасности и имеющим документы, дающие право на производство работ» [19];
 - «сбор загрязненных стоков при ремонте скважин предусматривается в металлические поддоны и передвижные емкости, которыми оснащены ремонтные бригады» [19];
 - «полная герметизация технологических процессов сбора, транспорта, подготовки нефти и газа на всем пути следования, соблюдение регламента и правил технической эксплуатации» [19];
 - «проектируемое технологическое оборудование размещается на открытых площадках, хорошо обдуваемых ветром, что сокращает вероятность создания взрывопожароопасных зон» [19];
 - «для обслуживания запорной арматуры и контрольно-измерительных приборов, расположенных на высоте, предусмотрены площадки обслуживания с ограждением» [19];
 - «на всех объектах должен быть организован систематический контроль за концентрацией сероводорода согласно действующим инструкциям и указаниям» [19].

При строительстве, эксплуатации и ремонте оборудования должен осуществляться:

- постоянный контроль исправности оборудования, приспособлений, инструмента, проверка наличия и целостности ограждений, защитного заземления и других средств защиты до начала работ и в процессе работы на рабочих местах согласно инструкциям по охране труда;
- периодический оперативный контроль, проводимый руководителями работ и подразделений предприятия согласно их должностным инструкциям;
- выборочный контроль состояния условий труда и выполнения требований охраны труда в подразделениях предприятия, проводимый службой охраны труда согласно утвержденным планам.

Персонал должен быть ознакомлен с Правилами внутреннего трудового распорядка и графиками сменности, под роспись, и соблюдать режим труда и отдыха.

Имеется утвержденный генеральным директором сборник инструкций по промышленной безопасности и охране труда, который содержит инструкции по профессиям, по видам работ, по электробезопасности, по пожарной безопасности и производственной санитарии.

Инструкции разработаны на основе норм и правил в области промышленной безопасности с учетом изменений и дополнений к ним, типовых инструкций, инструкций, действующих на нефтегазодобывающих предприятиях и других нормативных документов.

Инструкции по охране труда, включенные в сборник, действуют как инструкции для работающих.

«Запрещается выполнять технологические операции на оборудовании при:

- отсутствии приборов контроля и регулирования;

– их отключении или просроченных сроках их поверки» [19].

«На приборах контроля и регулирования должны быть обозначены допустимые области параметров работы технологического оборудования» [17].

Системы защиты от статического электричества, устанавливаемые на технологическом оборудовании, трубопроводах, должны содержаться в рабочем состоянии.

Ремонт оборудования проводится только после его отключения, сброса давления.

«Запрещается эксплуатировать оборудование с наличием утечек. При обнаружении утечек ГГ, ЛВЖ и ГЖ из технологического оборудования необходимо немедленно принять меры по ликвидации неисправностей» [19].

Работники обязаны следить за чистотой всего нефтепромыслового оборудования.

При выполнении работ во взрывопожароопасных зонах должен быть обеспечен контроль загазованности.

Работники должны использовать инструмент из материала не дающий искр.

Запрещается использование открытого огня для прогрева узлов задвижек и трубопроводов.

Большинство несчастных случаев на производстве (67%) происходит на этапе выполнения ремонта и на них влияют такие факторы, как наличие остаточных опасных материалов. Это указывает на то, что человеческий фактор играет значительную роль в возникновении несчастных случаев на этом этапе.

Анализ по типу аварий показывает, что пожары/взрывы составляют самую большую долю – 43%, за ними следуют утечки – 24% и травмы – 22%. Этот вывод подчеркивает необходимость систем мониторинга в реальном времени для обнаружения и реагирования на инциденты на ранних стадиях.

Бригады, вахты, работающие на газоопасном объекте, должны быть

обеспечены приборами контроля концентрации сероводорода в воздухе и средствами для оказания первой доврачебной помощи пострадавшим. Каждый член бригады, вахты должен быть обеспечен изолирующим противогазом.

Замеры концентрации сероводорода на объекте переносными газосигнализаторами или газоанализаторами должны производиться специально обученными работниками по графику, утвержденному главным инженером предприятия, а в аварийных ситуациях – ПФВЧ или ВГСЧ. Результаты замеров должны заноситься в «Журнал контроля воздушной среды».

Регистрации опасных ситуаций, связанных с высокой концентрацией взрывоопасных и отравляющих газов предлагается осуществлять при помощи газоанализаторов довзрывоопасных концентраций.

В качестве стационарных сигнализаторов довзрывоопасных концентраций (ДВК) используются датчики типа ДГС ЭРИС-210 IR (или аналог). Газосигнализатор довзрывоопасных концентраций ДГС ЭРИС-210 IR (или аналог) имеет сертификат соответствия и разрешение Федеральной службы по техническому надзору на применение, предназначен для измерения довзрывоопасных концентраций метана, пропана, бутана, изобутана, пентана, циклопентана, гексана, этана, этилена, пропилена, паров ацетона, бензола, толуола, метилтретбутилового эфира, этилового или метилового спиртов в смеси с азотом или воздухом в диапазоне температур от минус 60 °С до плюс 65 °С.

Газосигнализатор ДГС ЭРИС-210 IR (или аналог) является стационарным прибором, выполнен во взрывозащищенном исполнении, применяется во взрывоопасных зонах в соответствии с маркировкой взрывозащиты 1Exd[ia]ПСТ6Х.

На площадках кустов скважин, обслуживаемым персоналом осуществляется контроль воздушной среды газоанализатором портативным ПГ ЭРИС-414 (или аналог) с маркировкой взрывозащиты 1ExdiaПСТ4GbХ.

Измеряемые газы – горючие газы и пары.

Во время проведения монтажных работ на площадке куста скважин, либо технического обслуживания (у узлов запорно-регулирующей арматуры и приборов визуального контроля технологических параметров), осуществляется дополнительный контроль загазованности воздушной среды с помощью переносных газоанализаторов.

Наш анализ показывает, что несчастные случаи часто коррелируют с человеческими факторами, подчеркивая необходимость целенаправленных вмешательств, таких как: оптимизированное расписание смен, программы управления стрессом и комплексное обучение технике безопасности, для снижения рисков несчастных случаев, связанных с человеческим фактором. Комплексный анализ причин несчастных случаев показывает, что человеческий фактор нельзя исключить ни на одном этапе. Однако мы обнаружили, что влияние человеческого фактора обусловлено присущими человеческим способностям ограничениями, а не простыми ошибками. Например, неожиданные высокотемпературные реакции или тепловой выход химических веществ во время технологических операций находятся за пределами способности работника предсказать или обнаружить. Аналогичным образом, несчастные случаи, происходящие в результате таких действий, как открытие клапана или неполная продувка во время обслуживания, классифицируются как человеческие факторы.

Во-первых, учитывая пространственные характеристики национальных промышленных комплексов, сложно предсказать масштаб ущерба в случае аварии. Поэтому крайне важно разрабатывать и внедрять технологии, способные быстро обнаруживать и реагировать на ранних стадиях аварии. Ожидается, что такой подход позволит эффективно минимизировать ущерб от аварий.

Во-вторых, это исследование признает ограничения в наборе данных, в частности, отсутствие данных непрерывного мониторинга и конкретных переменных, таких как состояние оборудования и человеческие факторы,

такие как усталость работника, которые ограничивают всестороннюю оценку потенциальных факторов риска.

Таким образом, понимание важных критериев анализа и предотвращения несчастных случаев по принципу домино имеет первостепенное значение как для отрасли, так и для общества.

Регистрации опасных ситуаций, связанных с человеческими ошибками предлагается осуществлять при помощи технологии интернета вещей (IoT), которая может фиксировать предаварийные ситуации и прогнозировать аварии по принципу «домино».

Мы предлагаем эмпирическую модель IoT для обнаружения нештатных ситуаций с использованием сенсорного оборудования и оценки риска аварий на основе этих обнаружений. Мы определили наиболее опасные корневые причины аварий по принципу «домино» в стареющих нефтехимических промышленных комплексах, проанализировав этапы риска процессов и рабочих процедур. Среди аварий, произошедших на этих этапах, были выбраны два репрезентативных случая со значительным ущербом, вызванным человеческим фактором.

Двумя типичными случаями аварий были разрыв соединения компрессора и один случай с нижним трубопроводом резервуара с содержанием реагента (деэмульгатор РЕКОД-118). Разрыв трехступенчатого разгрузочного компенсатора в компрессоре привел к большой утечке нефтепродуктов и реагента. Эта авария была вызвана отсутствием профилактических мер и мониторинга ситуации. Авария нижнего трубопровода резервуара серной кислоты произошла, когда сильфоны в нижней части резервуара реагента (деэмульгатор РЕКОД-118) разорвались, что привело к рассеиванию 98% деэмульгатора РЕКОД-118. Эта авария также была отнесена к неэффективным мерам профилактики, обслуживания и мониторинга. Также описано применение технологий предотвращения аварий и предлагаемых улучшений и методов использования для этих процессов.

Как упоминалось ранее, мы предложили технологию безопасности при стихийных бедствиях на основе Интернета вещей, которая может помочь и дополнить человеческий фактор. Кроме того, мы провели всесторонний обзор литературы по ранее предложенным технологиям безопасности при стихийных бедствиях Интернета вещей.

Данные об утечках в нормальных условиях могут помочь обнаружить потенциальные утечки [36]. Системы обнаружения утечек в реальном времени и оценки риска, которые измеряют лучистое тепло от оборудования, могут непрерывно контролировать утечки газа и ненормальные состояния оборудования, позволяя проводить анализ риска в реальном времени. Это может способствовать упреждающему прогнозированию и предотвращению аварий, связанных с утечками газа, с использованием алгоритмов моделирования дисперсии газа.

Небезопасное поведение рабочих на площадках нефтедобычи является наиболее важной причиной несчастных случаев на производстве. В этом исследовании была предложена комплексная модель небезопасного поведения рабочих, основанная на системной перспективе, и использовалось структурное моделирование уравнений для изучения механизмов влияния между объективными условиями.

В целом, косвенные причины в отчетах о несчастных случаях характеризуются отсутствием соответствующих вмешательств в ежедневное управление безопасностью. Большинство случаев небезопасного поведения были вызваны слабой осведомленностью работников о безопасности, с одной стороны, из-за личных психологических причин, таких как слабое чувство ответственности и предпочтение следовать за толпой, а с другой стороны, из-за «отсутствия обучения и подготовки по безопасности. Благодаря статистическому анализу 80 отчетов о расследовании несчастных случаев на объектах нефтедобычи, факторы управления безопасностью, в основном включают неэффективное обучение и подготовку по безопасности» [5], несовершенные или невыполненные правила управления безопасностью,

неэффективные инструктажи по безопасности, фиктивные проверки безопасности на месте, отсутствие надзора за безопасностью на месте и не выставление предупреждающих знаков безопасности в соответствии с требованиями.

Личное восприятие требований по охране труда работников относится к субъективному восприятию собственных знаний и навыков безопасности в результате вмешательства мер управления безопасностью и оно в основном включает в себя всестороннее понимание возможных рисков безопасности и профессиональных опасностей в рабочем процессе, владение методами безопасности или профилактическими мерами для производственных рисков и профессиональных опасностей, а также способность правильно использовать средства индивидуальной защиты в соответствии с правилами.

Кроме того, воспринимаемый поведенческий контроль может меняться в зависимости от ситуаций и действий, что подразумевает, что связь между личным восприятием и поведением человека является сложной и изменчивой [35]. Например, даже если рабочие считают, что у них есть соответствующие знания по безопасности и что они могут правильно использовать СИЗ, они все равно могут вести себя небезопасно во время работ из-за чувства случайности или отсутствия мотивации безопасности для соблюдения правил и положений. Для более эффективного прогнозирования аварии по принципу «домино» предлагается создать цифрового двойника (виртуальной модели) экосистемы объект–процессы–работник для моделирования и визуализации прогнозируемого развития аварийных ситуаций.

В данном разделе основное внимание уделим цифровому двойнику (DT), одной из важнейших технологий Industry 4.0 [34]. DT – это компьютеризированное представление в цифровом мире физического актива, доступного в реальном мире.

Главным препятствием для разработки таких приложений, вероятно, является то, что система DT реализуется путем интеграции нескольких современных технологий [36]. В частности, DT для охраны труда должна

быть оснащена программным и аппаратным обеспечением, подходящим для сбора и обработки данных о работниках-людях, а также для представления и визуализации статуса работников-людей в цифровом мире. Другими словами, ДТ для охраны труда является сложной системой с технологической точки зрения, поскольку она должна фокусироваться на работниках. Еще одна проблема, связанная с ДТ для охраны труда, заключается в том, что классические методы охраны труда, такие как контрольные списки и экспертные оценки, по-прежнему широко используются на существующих рабочих местах [28].

Ориентированные на человека приложения ДТ для охраны труда должны поддерживать анализ данных и обратную связь, полезную для предотвращения производственных травм и заболеваний [37].

Для реализации ДТ предлагается использовать несколько плат, функционирующих как основной коммуникационный модуль, подключаемый модуль и модуль, взаимодействующий через радиопrotocol. Каждый из этих модулей, в дополнение к встроенным датчикам, поддерживает подключение внешних датчиков через стандартные коммуникационные протоколы. Это позволит создать распределенные сенсорные сети, в которых определенные модули могли бы взаимодействовать без прямых проводных соединений. Microbit поддерживает беспроводную связь через радиоканал, который работает на расстоянии до 20 метров. Этот радиопrotocol особенно полезен для систем, где отдельные модули могут идентифицировать себя до физического подключения к основному модулю.

Для сбора и обработки данных предлагается использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi4 (рисунок 1), который служил центральным процессором для сигналов от всех модулей micro:bit. Вычислительная мощность Raspberry Pi позволяет использовать его в проектах робототехники и IoT (Интернет вещей). Использование платы Raspberry Pi позволит выполнять сложные вычисления.

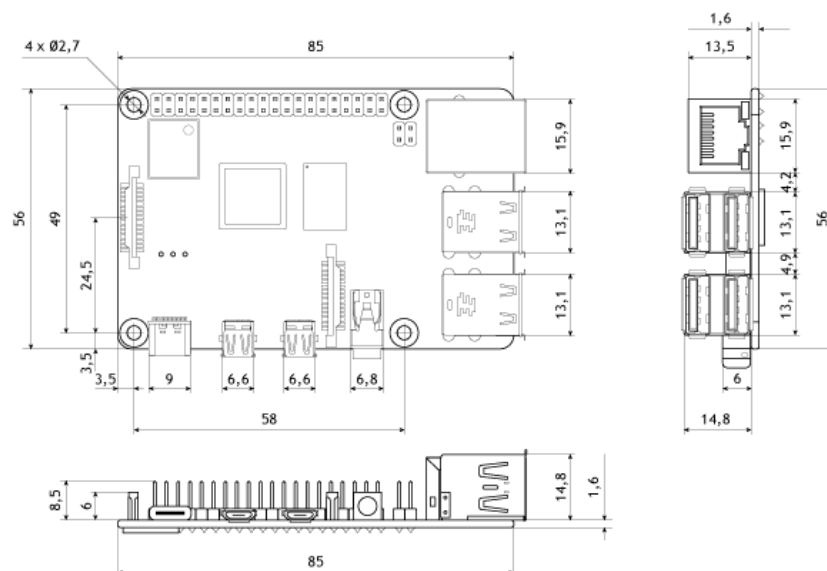


Рисунок 1 – Одноплатный компьютер Raspberry Pi4 [4]

Таким образом, архитектура предлагаемого оборудования объединит доступность и модульность micro:bit с вычислительной мощностью Raspberry Pi, что позволит создать распределенную сенсорную сеть для сбора и анализа данных в реальном времени.

В качестве камеры видеозахвата предлагается использовать Raspberry Pi4 Camera (рисунок 2).



Рисунок 2 – Raspberry Pi4 Camera

В качестве блока питания предлагается использовать БП Power supply T6712DV (рисунок 3).



Рисунок 3 – БП Power supply T6712DV

Корпус необходимо выбрать алюминиевый с подставкой (рисунок 4).



Рисунок 4 – Алюминиевый корпус для Raspberry Pi4

Платформа micro:bit отличается высоким уровнем абстракции, что значительно упрощает программирование для пользователей с разным уровнем навыков. Благодаря этому дополнительному слою абстракции micro:bit можно программировать с использованием различных языков и

сред, в первую очередь JavaScript (через редактор блоков MakeCode) и Python. Для более простых задач среда MakeCode позволяет пользователям программировать micro:bit с использованием блочного подхода, что делает ее особенно подходящей для новичков. Блоки также можно преобразовать в код JavaScript, что обеспечивает легкий переход к текстовому программированию.

Когда требуется более продвинутый контроль над оборудованием, micro:bit также поддерживает MicroPython. Эта облегченная версия Python специально оптимизирована для программирования микроконтроллеров и предлагает синтаксис, очень близкий к синтаксису стандартного Python. Однако некоторые функции в MicroPython адаптированы к конкретным потребностям сред микроконтроллеров, таким как обработка контактов GPIO и взаимодействие со встроенными датчиками.

Для более сложных задач, требующих низкоуровневого контроля над оборудованием, – можно использовать программирование на C. Такой подход дает разработчикам прямой доступ к внутренним регистрам и периферийным устройствам micro:bit, что может иметь решающее значение при оптимизации производительности или обработке аппаратных прерываний. Хотя MicroPython проще и быстрее использовать для большинства задач,

C обеспечивает гибкость, позволяющую при необходимости максимально использовать возможности оборудования.

На Raspberry Pi 4, который служит центральным процессором для распределенной сенсорной сети, предлагается к установке Raspbian (операционная система Linux на базе Debian).

Эта система предоставила необходимую среду для запуска ROS2, которая широко используется в робототехнике для обработки данных датчиков, выполнения алгоритмов управления и управления связью между различными аппаратными модулями (рисунок 5).

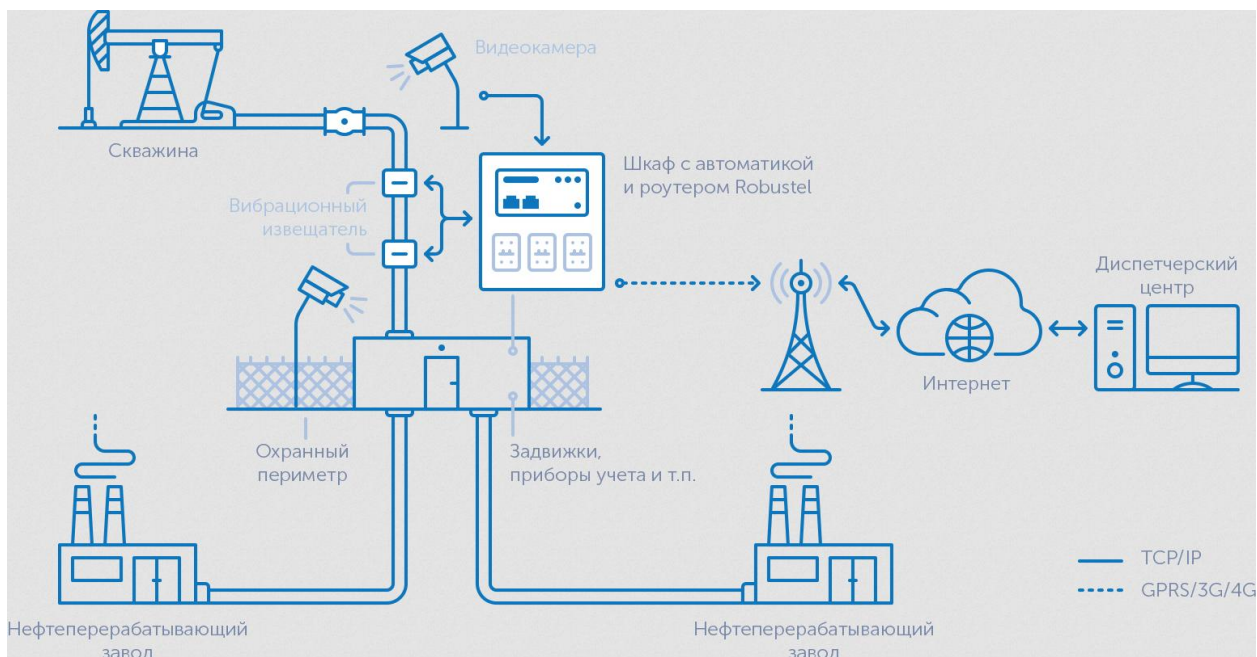


Рисунок 5 – Схема распределенной сенсорной сети [4]

ROS2 должна сыграть ключевую роль в интеграции данных из различных модулей micro:bit в единую систему. С помощью ROS2 станет возможным управлять потоками данных датчиков, поступающими из нескольких источников, визуализировать собранные данные в режиме реального времени и анализировать показания датчиков для дальнейшей обработки. Используя модульную архитектуру ROS2, систему можно легко масштабировать для включения дополнительных модулей micro:bit или других датчиков, подключенных через Raspberry Pi.

Более того, ROS2 обеспечит бесперебойную связь между различными компонентами сети, что позволит Raspberry Pi взаимодействовать с распределенными модулями micro:bit, обрабатывать данные и отправлять команды обратно на отдельные датчики. Такая настройка будет способствовать управлению в реальном времени и принятию решений, что имеет решающее значение для эффективной работы робота в динамических средах.

Благодаря использованию MicroPython на micro:bit и ROS2 на Raspberry Pi эта система продемонстрировала, как недорогие

микроконтроллеры могут быть эффективно интегрированы в более сложные и мощные робототехнические фреймворки.

Микроконтроллер BB C micro:bit предлагает гибкий подход к построению сенсорных сетей с его поддержкой нескольких протоколов связи, таких как UART, I2C и SPI, а также предоставляет встроенный радиопrotocol для беспроводной связи.

Сеть должна быть разработана для обеспечения надежной передачи данных в режиме реального времени, даже при потенциальных сбоях связи. Согласно исследованию, протоколы UART, I2C и SPI имеют свои уникальные преимущества и ограничения для интеграции в измерительные и контрольные устройства, что позволяет сделать обоснованный выбор подходящего протокола для конкретной системы.

DT является одной из важнейших технологий Industry 4.0 и признана ключевым компонентом умного завода. Однако многие приложения DT рассматривают в качестве физических активов только машины или материалы, а не работников, из-за ряда препятствий, таких как сложность человеческого поведения, технические трудности сбора цифровых данных от людей-работников и психологическое сопротивление со стороны людей. Однако работники являются основным предметом охраны труда. Таким образом, работники являются важным физическим активом для приложений DT для охраны труда, а современные технологии Industry 4.0 позволяют собирать много цифровых данных от работников. В этом контексте полагают, что ориентированное на человека приложение DT для охраны труда является перспективной темой для практиков [1].

Один из «примеров подобных решений – платформа «Цифровой рабочий» от компании КРОК. Она объединяет системы глобального и локального позиционирования, видеонаблюдения, видеоаналитики, контроля и управления доступом, предсменного осмотра, а также «умные» носимые устройства. Интеллектуальная видеоаналитика в режиме реального времени обнаруживает угрозы, определяет сотрудников, нарушающих технику

безопасности и правила охраны труда, уведомляет диспетчеров о фактах нарушений. Выявленные опасные ситуации отображаются на двух- или трёхмерных информационных моделях объектов» [11].

«Цифровой рабочий – интеграционная платформа, которая объединяет системы глобального и локального позиционирования, обработки данных с носимых устройств, видеонаблюдения, видеоаналитики, контроля и управления доступом (СКУД), предсменного осмотра. Платформа обрабатывает информацию со всех источников, отображая полную картину событий в трехмерном цифровом двойнике промышленного объекта. Система также умеет анализировать данные для выявления угроз и рисков травматизма» [11].

«Цифровой рабочий» поможет предприятиям оптимизировать контроль за безопасностью и производительностью труда, и внедрять эту комплексную систему на опасных производствах. КРОК подключил к программной платформе интеллектуальную аналитику событий, распознавание лиц и подготовил продукт к работе по сценариям» [11].

«Система внедряется в интересах работников, которые регулярно подвергают себя опасности, руководителей предприятий и служб ОТиПБ, главных инженеров, директоров по производству и капитальному строительству. Разработка КРОК включена в реестр отечественного ПО» [11].

«В обновленной версии «Цифрового рабочего» КРОК уделил внимание шести сценариям применения системы, многие из которых предполагают применение IoT-модуля КРОК, который наделяет каски интеллектуальными функциями. Носимое устройство имеет необходимые для эксплуатации сертификаты» [11].

«В системе появилась связка «Нарушение — нарушитель» для видеоаналитики, которая, как опция, может быть подключена к «Цифровому рабочему». Теперь с помощью функции распознавания лиц можно определять не только факт нарушения безопасности (например, рабочий не

надел каску в опасной зоне), но и «по лицу» определить, какой именно сотрудник нарушил трудовую дисциплину. В одном из проектов на строительной площадке заказчик применяет распознавание лиц, чтобы штрафовать организации-подрядчика, работники которой нарушают правила ОТиПБ. Нарушений стало меньше» [11].

«Изменился подход к определению возможных инцидентов с персоналом. Как и раньше, система может предупреждать диспетчеров, медперсонал и других заинтересованных лиц в случае ЧП. «Цифровой рабочий» теперь умеет не просто показывать сообщения об ударах, падениях, которые передают носимые устройства (каска, браслеты). Реализованный в системе другой интеллектуальный подход теперь позволяет выстраивать несколько таких сообщений в цепочку единого события о возможном несчастном случае» [11].

«С помощью системы теперь можно визуализировать картину рабочего дня в формате «тепловой карты» и получать отчеты о времени пребывания сотрудников в зонах. Анализировать можно работу, как одного сотрудника, так и нескольких бригад. Такой инструмент в основном используют, чтобы контролировать работу подрядчиков и ускорять ход работ. Один из клиентов КРОК в нефтегазовой отрасли установил круглосуточный мониторинг работ, чтобы следить за количеством работников. Это позволило ему на 5% снизить ФОТ за счет оптимизации штата подрядчиков и на 30% снизить чек за их работу» [11].

«В системе появилась функциональность для мониторинга обходов. В «Цифрового рабочего» теперь можно загрузить маршрут обхода и в режиме реального времени фиксировать факт прохождения работником контрольных точек на маршруте и время пребывания в них. Система сравнивает график обходов с информацией, поступающей через носимые устройства обходчика, и автоматически уведомляет диспетчера, когда оборудование дольше установленной нормы остается без присмотра. Нарушение дисциплины при выполнении обходов снижает вероятность своевременного выявления

неполадок и повышает риск возникновения инцидентов. В одной из нефтяных компаний систему планируют применять для контроля трубопроводов, расположенных в 10-15 км от базы в местности с неустойчивой связью. Цель обходов здесь – контроль герметичности оборудования, нарушение которой может привести к разливу нефти. Для решения этой задачи используется сеть дальнего радиуса действия LoRaWAN и IoT-модуль с тревожной кнопкой» [11].

«Система позволяет фиксировать вход сотрудника в опасную зону, например, участок вблизи работающего оборудования, зону с повышенным содержанием газов» [11].

«Данная версия платформы подготовлена к интеграции с внешними системами – обеспечена возможность передачи во внешний контур сообщений о входе в опасные зоны и выхода из них» [11].

«Также платформа может взаимодействовать с устройствами для предотвращения столкновений и сообщать через «Цифрового рабочего» об опасностях в зоне работ. Например, на одном из металлургических предприятий благодаря этому машинист получает сигнал о том, что в опасной зоне (ближе 10 метров) находятся люди и останавливает коксовыталкиватель» [11].

«Платформа теперь интегрируется с большинством систем цифрового (электронного) согласования нарядов-допусков» [11].

«Пользователь системы может на карте выделить зону проведения опасных работ. Если в ходе работ по наряду-допуску на площадке оказывается посторонний человек, «Цифровой рабочий» оповещает о нарушении диспетчера» [11].

«Система позволяет вести историю работы бригады: фиксировать прибытие бригады и ответственного в зону проведения работ, отслеживать состав бригады, согласно наряду-допуску, фиксировать уход работников» [11].

«Согласно заявлению разработчика, внимание в обновленном

«Цифровом рабочем» уделено аналитике данных, которые могут поступать из тысяч источников одновременно, в том числе с камер видеонаблюдения, «умных касок» и других датчиков» [11], например с IoT модуля касок (рисунок 6).

«Например, руководитель с его помощью может получить рейтинг зон повышенной опасности или список сотрудников, нарушивших трудовую дисциплину, и принять взвешенное управленческие решение» [11].



Рисунок 6 – IoT модуля для защитных касок [4]

В «управлении трудовой дисциплиной помогают инструменты аналитики – тепловые карты перемещения людей и техники, автоматическое формирование в системе отчетов об основных типах нарушении» [11].

Объединение данных, собранных с датчиков с данными в реальном времени облегчает принятие решений и оказывает положительное влияние на безопасность работников.

Искусственный интеллект играет важную роль в улучшении охраны труда и благополучия работников.

Цифровые технологии на основе искусственного интеллекта позволяют отслеживать и направлять работников на основе сбора больших объемов данных в режиме реального времени с помощью мобильных устройств, контрольных устройств, надеваемых на одежду или встроенных в средства

индивидуальной защиты, или тела работников.

Применение методов искусственного интеллекта позволяет своевременно принимать решения, а риски и опасности распознаются и предотвращаются.

Преимущества применения инновационных технологий Индустрии 4.0 отражаются в общем улучшении здоровья и безопасности работников. Постоянный мониторинг и контроль параметров рабочей среды и мониторинг здоровья работников в режиме реального времени в сочетании с аналитикой позволяет добиться более безопасных условий труда, исключить несчастные случаи и смертельные случаи, снизить производственный травматизм и профессиональные заболевания, а также создать основу для применения персонализированных профилактических мер.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что применение инновационных технологий Индустрии 4.0 улучшает охрану труда, позволяя выявлять и устранять или снижать опасности, которые могут представлять угрозу жизни и здоровью работников.

За счет улучшения условий труда, снижения производственного травматизма, профессиональных и связанных с работой заболеваний создаются предпосылки для физического, психического и социального благополучия работников, а также улучшения экономических показателей эффективности и производительности труда.

Применение инновационных технологий Индустрии 4.0 позволяет работникам выполнять свою деятельность более безопасным и гибким способом.

Применение этих технологий способствует снижению возникновения профессиональных заболеваний и травм на рабочем месте и улучшению здоровья работников за счет сокращения повторяющихся (монотонных) действий, снижения стресса, снижению риска профессиональных заболеваний за счет мониторинга основных параметров здоровья работников

и снижения или устранения их негативного влияния.

В интеллектуальных рабочих средах работникам предоставляется возможность качественно обогатить свою трудовую деятельность и снизить производительность тяжелой физической работы.

Работники меньше подвержены стрессу, поскольку они могут самостоятельно организовывать свою деятельность и достигать большей степени автономии и саморазвития. Гибкие условия труда в интеллектуальных рабочих средах позволяют работникам достичь лучшего баланса между работой и безопасностью, а также между личным и профессиональным развитием, что в дальнейшем приводит к повышению удовлетворенности работников и мотивации к работе, а также снижению физической и когнитивной нагрузки.

Регистрации опасных ситуаций, связанных с высокой концентрацией взрывоопасных и отравляющих газов предлагается осуществлять при помощи газоанализаторов довзрывоопасных концентраций.

В качестве стационарных сигнализаторов довзрывоопасных концентраций (ДВК) используются датчики типа ДГС ЭРИС-210 IR, которые предназначены для измерения довзрывоопасных концентраций метана, пропана, бутана, изобутана, пентана, циклопентана, гексана, этана, этилена, пропилена, паров ацетона, бензола, толуола, метилтретбутилового эфира, этилового или метилового спиртов в смеси с азотом или воздухом в диапазоне температур от минус 60 °С до плюс 65 °С.

Регистрации опасных ситуаций, связанных с человеческими ошибками предлагается осуществлять при помощи технологии интернета вещей (IoT), которая может фиксировать предаварийные ситуации и прогнозировать аварии по принципу «домино».

Для более эффективного прогнозирования аварии по принципу «домино» предлагается создать цифрового двойника (виртуальной модели) экосистемы объект–процессы–работник для моделирования и визуализации прогнозируемого развития аварийных ситуаций.

Для сбора и обработки данных предлагается использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi4 с камерой видеозахвата Raspberry Pi4 Camera и блоком питания Power supply T6712DV.

Предложенные технические решения принято реализовать на платформе «Цифровой рабочий» от компании КРОК.

Интеграция «работник-машина» оказывает положительное влияние на охрану труда за счет снижения количества несчастных случаев и травм на производстве, повышения безопасности работников и улучшения эргономических аспектов на рабочем месте.

Сочетание цифровых носимых технологий, интеллектуальных средств индивидуальной защиты, камер и искусственного интеллекта позволяет прогнозировать потенциальные опасности, которые могут возникнуть на рабочем месте, и это дополнительно позволяет предотвращать несчастные случаи и травмы работников.

3 Анализ применения карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли

3.1 Рекомендации, способствующие правильному использованию карт регистрации опасной ситуации

Фактически, из-за повышенного спроса на светлую нефть нефтеперерабатывающие заводы увеличивают коэффициент переработки в процессах гидроочистки и гидрокрекинга, так что повышение коэффициента использования водорода и его надежности являются новыми темами исследований.

Для повышения эффективности регистрации опасной ситуации доступны недавно разработанные теоретические подходы, в том числе динамические и системная идентификация причин, помогающая определить и устранить предвзятость при ретроспективном анализе.

Определяющая роль человеческого фактора и возможная эскалация от несчастного случая, связанного с безопасностью персонала, до более серьезных последствий в рабочей среде выявляются с помощью долгосрочного анализа несчастных случаев на производстве в технологическом секторе.

В работе предложены методы регистрации опасных событий при помощи Raspberry Pi 4, который служит центральным процессором для распределенной сенсорной сети, предлагается к установке Raspbian (операционная система Linux на базе Debian).

Произведём разработку рекомендаций по выбору структуры системы заполнения электронных карт регистрации опасных ситуаций на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Проанализируем аварию из истории нефтегазовой отрасли.

В установку каталитической гидроочистки нефтеперерабатывающего завода подавался атмосферный и вакуумный газойль и использовался

водород, полученный паровым риформингом из других установок, для достижения в процессе гидроделфуризации более высокого цетанового числа, более низкого содержания S и более низкой плотности конечных продуктов. По местному времени 21.40 во время повторного запуска реактора гидрообессеривания после планового профилактического обслуживания, заключающегося в замене катализатора в одном из трех каталитических слоев, произошел пожар, затронувший большую площадь между самим реактором и расположенными выше по потоку теплообменниками.

Были проведены расследования после инцидента на реакторе десульфуризации мазута на тяжелом топливе, послужившем причиной основного события, и на реакторе десульфуризации мазута на легком топливе, участвовавшем в эскалации аварии. В результате пожара в основном пострадал мазут с предполагаемым объемом около 5-6 м³ мазута. Перезагрузка, которая состояла из постепенного повышения температуры и давления в соответствии с заданным диапазоном, началась примерно за 10 часов до этого: на момент аварии настройка была на 90 %. В частности, средняя температура реактора составляла 340-350 °C, а давление было 60 бар, что соответствует целевому показателю в 355 °C и 65 бар.

Замена катализатора представляет собой незначительное профилактическое вмешательство, которое останавливает только часть технологической линии, так что все остальные агрегаты, такие как реактор на мазуте с низким содержанием серы, работали исправно. Работы по техническому обслуживанию включают следующие последовательные этапы: перезарядку реактора, его открытие, слив слоя катализатора и его замену.

Неисправность была немедленно обнаружена базовой системой управления технологическим процессом (BPCS), и поэтому заводская SIS/ESD запустила процедуру автоматического отключения с отключением линии, сбросом давления и впрыском азота. Пожар продолжался около

четырёх часов, затронул только область между теплообменниками и реактором и привел к полной остановке всей установки. В конце аварийного этапа был проведен визуальный и инструментальный контроль окружающего оборудования, подвергшегося воздействию теплового излучения, с уделением особого внимания колонне для долива. При проверке целостности на месте не было зафиксировано никаких аномалий, на алюминиевом покрытии не было изменений поверхности, были видны только цветовые вариации и подтеки краски, в то время как изолирующий слой был обнаружен неповрежденным. На сгоревшем энергоблоке и близлежащем реакторе десульфуризации легкого мазута были проведены подробные расследования после инцидента с целью установления непосредственной причины пожара. Эмпирические данные были сопоставлены также со всеми соответствующими сценариями аварий, исследованными и количественно оцененными в Отчете Seveso о безопасности нефтеперерабатывающего завода.

Результаты очень исследования подтвердили отказ линии подачи водорода в реактор, представляющей собой начальную точку, вызывающую следующую цепочку событий.

Немедленное воспламенение струи водорода из линии гашения привело к возгоранию струи, выделив лучистое тепло порядка 250 кВт/м^2 , что повлияло на близлежащий реактор и вызвало обширное и длительное возгорание дизельного топлива.

Как напомнили нам исследователи, результатом обучения должны стать рекомендации: как предотвратить аварию, как избежать или уменьшить опасность и как улучшить систему управления. В этом случае осведомленность о конкретных опасностях, будет повышена, протестирована и станет предметом обучения.

На основе анализа, проведенного ранее, мы выделяем факторы, которые служат предупреждениями для предотвращения повторения подобных аварий, учитывая основные заголовки статистики аварий, а именно

процесс/установку и промышленную среду.

«Индустрия 4.0 и технологии промышленного интернета вещей (IIoT) стимулируют цифровизацию, основанную на программных решениях и данных во многих областях, особенно в промышленной автоматизации и производственных системах. В настоящее время все мировые нефтеперерабатывающие заводы оснащены мощным оборудованием, а процесс регулируется в режиме реального времени с точностью до миллисекунды. Для удовлетворения постоянно растущих операционных потребностей значительно расширились возможности SCADA, распределенных систем управления и программируемых логических контроллеров (DCS и PLCs). С другой стороны, определенные активы и операции на нефтеперерабатывающем заводе по-прежнему не отслеживаются и не оцениваются в режиме реального времени» [33]. В случае возникновения ошибки, которая приводит к остановке производства, компания должна понести большие убытки, даже если производство остановится всего за несколько минут. Это одна из причин, по которой нефтегазовый сектор начинает внедрять Интернет вещей (IIoT).

Система создается таким образом, чтобы к ней можно было «получить доступ и передавать данные удаленно через компьютерную сеть, и она будет отображать условия в режиме реального времени без ограничений расстоянием, пространством и временем. Это позволит связать все ранее отключенные активы и процессы и отслеживать их в режиме реального времени» [34] более простым, экономичным и простым в реализации способом.

Нефтегазовая промышленность является очень капиталоемкой, с огромными запасами материальных активов и оборудования, начиная от насосов и заканчивая трубопроводами, подключенными к агрегатам, потокам и жидкостным системам. Несмотря на то, что эти предприятия находятся на переднем крае технологий, они, как правило, медленно внедряют цифровые способы мониторинга операций из-за опасений по поводу нарушения

протоколов безопасности.

«Система управления – это система, которая используется для управления масштабом процесса таким образом, чтобы он мог находиться в определенных пределах площади или на желаемом уровне. В системе управления есть важные элементы, такие как датчики, которые используются для определения технологических величин, передатчики, которые используются для отправки значений технологических величин в виде стандартных сигналов, контроллеры, которые используются для сравнения с заданными значениями для получения командного сигнала, и конечные элементы управления, используемые для выполнения действий, которые могут изменить масштаб контролируемого процесса» [36].

«Наряду с развитием промышленности, которая продолжает расти, это приводит к появлению все более сложной системы управления промышленным предприятием. Распределенная система управления, которая имеет средства мониторинга, контроля и сбора данных в режиме реального времени и может выполняться без ограничений расстояния, является решением для постоянно возрастающей сложности системы и решением для руководства повышением эффективности промышленных систем управления» [35].

Причиной этого может быть то, что маршрутизация через SCADA, DCS, PLC экономически нецелесообразна. Обычно они проверяются на регулярной основе и иногда только с помощью человека. Невозможно проанализировать прошлые результаты или предвидеть неудачу.

Конденсатоотводчики, клапаны сброса давления, мониторинг коррозии, срок службы катализаторов, перекачка жидкости в компрессорах, дозирование химикатов, первичная подача и распределение и так далее являются примерами этих типов активов и видов деятельности.

Интерфейс между информационными технологиями (IT) и операционными технологиями (OT) различает IIoT и IoT. «Сеть операционных процессов и промышленных систем управления (ICS)

называется ОТ. OTS включают человеко-машинный интерфейс (HMI), системы мониторинга и сбора данных (SCADA), распределенные системы управления (DCS) и программируемые логические контроллеры (PLC). ОТ фокусируется в первую очередь на промышленном оборудовании и безопасности работников, поскольку наибольшим операционным риском в промышленной среде является гибель людей и имущества» [34].

«В настоящее время система мониторинга необходима как инструмент для человеческих ресурсов для мониторинга состояния объекта, но затратами энергии и времени на просмотр данных из системы иногда по-прежнему пренебрегают. Однако, если удастся найти более экономичный метод их мониторинга в режиме реального времени, они могут внести значительный вклад в повышение производительности, экономичности, срока службы активов и безопасности процессов, которые будут рассмотрены в этом исследовании. Итак, создана система, к которой можно получить доступ и передавать данные удаленно через компьютерную сеть, и которая будет отображать условия в режиме реального времени без ограничений расстоянием, пространством и временем» [37].

«В этом исследовании мы вносим свой вклад, обобщая и приводя примеры использования Интернета вещей в индустрии 4.0, особенно на нефте- и газоперерабатывающих заводах» [35].

«Система управления технологическим процессом состоит из нескольких серий полевых приборов для определения полевых условий. Эта система оснащена датчиками, которые подключены к ряду устройств управления. Отсюда пользователи могут узнать данные о расходе жидкости, давлении и температуре в трубе» [36].

Затем система управления технологическим процессом может также использоваться для объектов, включающих коммунальные услуги. При добыче нефти и газа используется несколько типов электростанций, начиная от электричества, воды и заканчивая воздухом.

«При изучении управления технологическим процессом необходимо

понимать, как работает оборудование, чтобы оно могло объяснить, как обрабатывать возникающие сигналы» [32].

«Происходящий процесс заключается в преобразовании сигналов физических величин в электрические величины, которые были стандартизированы международными правилами, так что контроллер может считывать и обрабатывать эти сигналы в соответствии с оборудованием, используемым для обработки сигнала блокировки» [33].

«Промышленные системы мониторинга и управления обычно состоят из центрального узла или ведущего устройства (обычно называемого главной станцией, главным терминальным блоком или MTU), одного или нескольких полевых блоков сбора данных и управления (обычно называемых удаленными станциями, удаленными терминальными блоками или RTU) и набор стандартного и настроенного программного обеспечения, используемого для мониторинга и управления элементами данных в полевых условиях» [34].

«Большинство систем SCADA обладают многими характеристиками управления с разомкнутым контуром и используют большое количество дистанционной связи, хотя некоторые элементы являются замкнутыми и / или используют связь на короткие расстояния» [34].

«Диспетчерский контроль и сбор данных SCADA (диспетчерское управление и сбор данных) – это система, которая представляет собой комбинацию телеметрии и сбора данных. Он состоит из сбора информации, передачи ее обратно в центр управления, выполнения необходимого анализа и контроля, а затем отображения этих данных на ряде дисплеев оператора. SCADA используется для мониторинга установок или оборудования и управления ими. Управление может быть автоматическим или инициироваться системами SCADA, которые эволюционировали в основном от монолитных к распределенным и сетевым. Сетевая конструкция SCADA позволяет географически распределять систему по одной или нескольким сетям локальной сети. По мере роста революции Интернета вещей SCADA-

системы перейдут к следующему поколению, все больше используя облачные технологии для работы в режиме реального времени» [34].

«SCADA-системы не масштабируются из-за их низкой временной и пространственной плотности, дороги с точки зрения оборудования и обслуживания, несовместимы с точки зрения аппаратного и программного обеспечения, требуют изменения протокола и негибки, если требуется обновление программного обеспечения, предоставляет данные и результаты с длительными задержками» [7].

«Различные архитектуры, основанные на Интернете вещей (IoT), были предложены в литературе в различных областях, включая социальный Интернет вещей (SIoT), устойчивую архитектуру Интернета вещей для умных городов и интернет будущего» [8]. Однако для нефтегазовой отрасли до сих пор не существует архитектуры, основанной на IoT. Учитывая критическую среду нефтяных месторождений, необходимо разрабатывать архитектуры интернета вещей в соответствии с промышленной средой добычи нефти и газа [6].

Телеметрия часто ассоциируется с системами SCADA. Это метод, используемый для передачи и приема информации или данных по носителю. Информация может быть в форме измерений, таких как напряжение, скорость или расход. Данные передаются в другие места с помощью таких средств передачи, как кабельное телевидение, телефон или радио.

Информация может поступать из самых разных мест. Способ работы с различными местами, которые включены в систему.

Сбор данных относится к методам, используемым для доступа к информации или данным с контролируемого оборудования и управления ими. Затем данные передаются в систему телеметрии, готовую к передаче в другое место. Это может быть аналоговая и цифровая информация, собираемая датчиками, такими как расходомеры, амперметры и т.д. Это также могут быть данные для управления оборудованием, таким как приводы, реле, клапаны, двигатели.

На рисунке 7 показана принципиальная схема SCADA, одним из таких примеров является телеметрия.

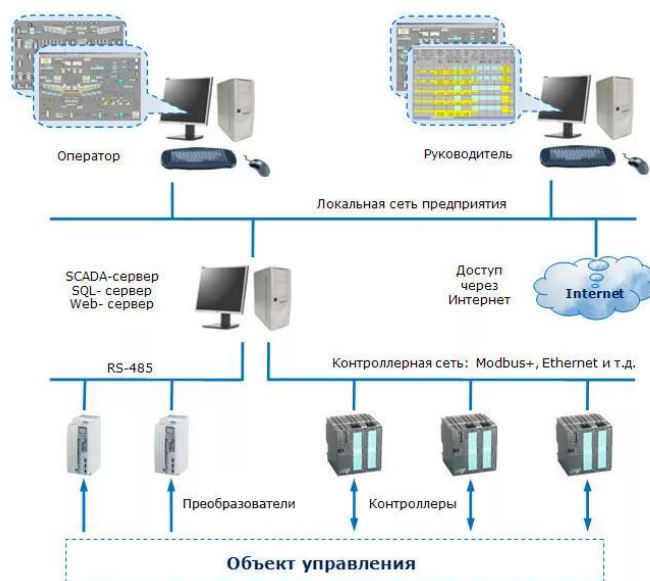


Рисунок 7 – Принципиальная схема SCADA

Распределенная система управления.

Мы также можем найти системы, аналогичные SCADA-системе, на некоторых технологических установках, при техническом обслуживании и других. Эта система называется DCS (распределенные системы управления). DCS выполняет функцию, аналогичную SCADA, но блоки сбора данных и управления обычно расположены в ограниченном количестве областей. Для связи может использоваться надежная и высокоскоростная локальная сеть (LAN). DCS представляет собой совокупность нескольких частей или компонентов, которые взаимодействуют друг с другом для достижения одной и той же цели, и представляет собой систему управления, которая функционирует для контроля или регулирования хода процессов в системе / плане путем распределения контроля.

Технологические достижения, такие как Интернет вещей (IoT), порождают новые творческие подходы к повышению операционной

эффективности. Это позволило создать более доступные и экономичные каналы мониторинга. Это позволит связать все ранее отключенные активы и процессы и отслеживать их в режиме реального времени более простым, экономичным и простым в реализации способом.

Мониторинг производительности в режиме реального времени и раннее обнаружение снижения производительности процессов и отказов оборудования становятся критически важными для поддержания как производственных мощностей, так и прибыльности предприятия [6]. Один из способов избежать подобных ситуаций или лучше управлять ими заключается в более активном использовании данных, которые регулярно собираются на перерабатывающем предприятии.

Фундаментальная архитектура подключенного решения включает в себя:

- модернизация оборудования подходящими датчиками IoT, подключение разбросанного оборудования и отправка данных через коммуникационный шлюз в хранилище данных или платформу IoT;
- обеспечение безопасности данных между датчиком и приемной платформой;
- данные с датчика могут поступать непосредственно в хранилище данных или платформу IoT. Чтобы обеспечить корректирующие действия в режиме реального времени, историк сохранит данные, проведет анализ, предложит панели мониторинга ключевых показателей эффективности, визуализацию и доступ к мобильным сообщениям.

Реализация тематического исследования: клапан сброса давления. Рассмотрим типичный клапан сброса давления в качестве иллюстрации того, как IoT позволяет подключать отключенные устройства (PRV). При превышении определенного давления PRV предназначен для удаления излишков газа из резервуаров и трубопроводов. Со временем пружины PRV изнашиваются, их уставки смещаются, и PRV начинают пропускать газ под

более низким давлением в окружающую среду. Это приводит к потере продукта, а также представляет угрозу для окружающей среды и безопасности. Проверка вручную затруднена, поскольку PRV не оснащены приборами и установлены в труднодоступных местах.

В результате они оцениваются только во время ремонтных работ / остановок. Однако из-за действующих строгих правил безопасности теперь требуется электронный мониторинг карт регистрации опасных ситуаций.

Ответ заключается в установке датчика перепада давления IoT на PRV, который будет постоянно проверять его работоспособность.

Это позволит передавать информацию в режиме реального времени, позволяя обнаруживать любые неисправные PRV в режиме реального времени и устранять их, не дожидаясь месяцами следующего отключения. Подумайте, что произошло бы, если бы это произошло со всеми тысячами PRV на нефтеперерабатывающем заводе.

Согласно исследованиям, мониторинг всех PRV на нефтеперерабатывающем заводе в режиме реального времени может, возможно, сэкономить дополнительные 20% эксплуатационных расходов.

Еще один пример – конденсатоотводчики. Конденсатоотводчики теперь проверяются ежемесячно. В результате любая неисправность конденсатоотводчика будет заменена примерно через 20-30 дней. На это влияет конденсат, застрявший в паропроводах, или пар, проходящий через коллектор конденсата; оба обстоятельства приводят к неэффективной теплопередаче и функционированию процесса.

На конденсатоотводчике может быть установлен акустический датчик с поддержкой интернета вещей. Когда конденсатоотводчик выходит из строя, он издает звук, превышающий требуемый уровень децибел. Вместо того, чтобы ждать следующей проверки через 30 дней, датчик интернета вещей может отправлять данные прямо в хранилище данных для мониторинга и анализа в режиме реального времени, что позволяет немедленно принять меры и заменить конденсатоотводчик, как только он выйдет из строя.

В последнее время замечательные «результаты методов машинного обучения (ML), особенно основанных на глубоком обучении алгоритмов в таких областях, как распознавание образов, компьютерное зрение и робототехника, предлагают другие варианты реализации программных датчиков» [34] в более сложных базах данных. Такие программные датчики способны использовать большие промышленные данные, что приводит к улучшенному прогнозированию переменных.

Доступно несколько программных средств машинного обучения, как коммерческих, так и с открытым исходным кодом.

«Доступ к инструментам машинного обучения часто можно получить через соответствующие облачные платформы или через сервисы облачных приложений сторонних производителей. Они предлагают масштабируемые среды и разнообразные алгоритмы машинного обучения для предварительной обработки данных, уменьшения размерности и прогнозного анализа данных. и многие другие функциональные возможности» [36].

«Кроме того, большинство коммерческих фреймворков машинного обучения также предоставляют библиотеки глубокого обучения и программные средства для обработки больших данных, такие как Apache Spark, Hadoop и др. Кроме того, существует несколько программных средств машинного обучения, библиотек и фреймворков» [35] с открытым исходным кодом по лицензиям, которые находятся в свободном доступе. Кроме того, они могут предоставляться через облачную среду или локально. Примерами программных средств машинного обучения с открытым исходным кодом являются Apache Spark MLlib, Scikitlearn, TensorFlow, H2O.ai, BigML, «Accord.NET, Apache SystemML, Apache Mahout, Oryx 2 и это лишь некоторые из них. К некоторым из этих библиотек можно получить доступ через собственные платформы машинного обучения. Например, Apache Spark MLlib и H2O.ai доступны в Microsoft Azure HDInsight» [11], платформе облачных сервисов для анализа больших данных.

Большинство облачных платформ промышленной «автоматизации,

таких как Predix и MindSphere, предоставляют прикладные сервисы для анализа данных. Например, MindSphere теперь предлагает встроенные интерфейсы прикладного программирования (API) для обнаружения аномалий и выбросов. В дополнение к встроенным API-интерфейсам во многих случаях заказчики имеют возможность развертывать свои собственные приложения на облачной платформе. Следовательно, при анализе данных могут быть реализованы более эффективные алгоритмы машинного обучения. Кроме того, обычные поставщики облачных услуг, такие как Microsoft Azure и Amazon Web Services, предлагают услуги машинного обучения и глубокого обучения, а также программные инструменты для обработки больших данных, такие как Apache Spark, Hadoop, Apache Storm» [7].

Переход к профилактическому обслуживанию предлагается производить в три этапа [8]:

- создать цифровую основу и беспроводные датчики для предоставления услуг на основе определения местоположения;
- интегрировать платформу Интернета вещей для высокоскоростного сбора данных и аналитики;
- работать с экосистемой, чтобы предоставить готовое IoT-решение, включающее прогнозируемое обслуживание и отслеживание опасной ситуации.

Программа анализа карт регистрации опасных ситуаций может увеличить среднее время между отказами и теперь может быстрее выявлять основные причины аварий.

По оценкам предприятия, расходы на техническое обслуживание, предусмотренные в бюджете, сократятся на 50% , что позволит сэкономить 1000 часов в год на обходах и анализе вибрации для выявления неисправностей.

Платформы, представленные в этой работе, соответствуют общим процедурам мониторинга процессов на основе базы данных, «включая сбор

данных, предварительную обработку данных, проектирование модели и ее сопровождение. Уровень сбора данных позволяет собирать измерения с различных локальных устройств в процессе выполнения для целей, которые могут включать проверку или визуализацию данных, анализ и хранение» [35].

Предлагаемая платформа использует пограничную операционную технологию (ОТ). Вычислительные узлы и узлы хранения (серверы) устанавливаются за пределами обычного центра обработки данных, так называемого пограничного центра.

Различные программные компоненты этого решения работают вместе, превращая данные в аналитическую информацию. Новые данные Интернета вещей будут объединены с существующими технологическими данными для определения основной причины обнаруженной проблемы. Например, данные о вибрации (вибрация крыльчатки, новые данные Интернета вещей) могут указывать на наличие проблемы. Данные о давлении (данные процесса с низким давлением на входе) могут указывать на то, что причиной проблемы может быть кавитация.

Произведём описание ключевых компонентов предлагаемой среды разработки программных датчиков, управляемой данными, с использованием новейших алгоритмов машинного обучения, инструментов обработки больших данных и платформ промышленных облачных вычислений.

Описание архитектуры выглядит следующим образом [5]:

- Data Historian – это тип базы данных временных рядов, предназначенный для эффективного сбора и хранения технологических данных из SCADA или системы автоматизации;
- полевые устройства мониторинга – это интеллектуальные устройства, такие как компьютеры или смартфоны, напрямую подключенные к хранилищу данных или периферийным устройствам в локальной сети Field, проводной или беспроводной;
- панель мониторинга размещена на облачном сервере, получая

данные с сервера базы данных, которые будут обновляться при каждом изменении и запросе от Data Historian и пограничного устройства;

- мониторинг и аналитика в реальном времени предоставляются через Web API с сервера, доступ к которому можно получить удаленно, используя доступ в Интернет, как с ПК, так и с мобильного устройства.

Усовершенствование серверной инновации позволило объединить различные устройства, поставляемые разными компаниями, и использовать различные соглашения об общении друг с другом, используя принцип «одного окна» для целей наблюдения, контроля и механизации. Это окно SCADA, LabVIEW, MATLAB.

Серверные соглашения IoT, такие как MQTT, используются для подключения различных ПЛК и устройств IIoT к программе Citect SCADA для проверки и управления reason Too, взаимодействующей с LabVIEW для применения сложных управляющих вычислений, таких как плавные, нейронные или нейрофуззийные системы управления.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

В работе для более эффективного прогнозирования аварии по принципу «домино» предлагается создать цифрового двойника (виртуальной модели) экосистемы объект–процессы–работник для моделирования и визуализации прогнозируемого развития аварийных ситуаций.

Для сбора и обработки данных предлагается использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi4 с камерой видеозахвата Raspberry Pi4 Camera и блоком питания Power supply T6712DV.

Предложенные технические решения принято реализовать на платформе «Цифровой рабочий» от компании КРОК.

Предлагаемые датчики, работающие по принципам технологии промышленного интернета вещей (IIoT) позволят в режиме реального времени управлять безопасностью на предприятии.

Технические устройства регистрации опасных событий при помощи Raspberry Pi 4 и видеокамер обеспечат безопасность на рабочих местах за счёт предупреждения опасных ситуаций с целью предотвращения случаев небезопасного поведения работников.

За счёт использования IoT-модуля интеллектуальных касок производителя ЗАО «КРОК» и обновленной версии «Цифрового рабочего» будет обеспечиваться контроль опасных производственных факторов с целью снижения аварийности.

Исходные данные для расчета ущерба от аварий на опасных производственных объектах приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Данные для расчёта ущерба от аварий

Данные	Показатели
Стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	120000
Стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.	130000
Утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.	60000
Стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.	7000
Ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.	3500000
Ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.	2100000
Заработная плата сотрудников предприятия, руб./день	6000
Доля сотрудников, не использованных на работе	20
Условно-постоянные расходы, руб./день	3000
Продолжительность простоя объекта, дни	10
Объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии	7000
Средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	15000
Средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.	12000
Ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.	210000
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.	3300000
Расходы на расследование аварии, руб.	220000

Фундаментальная архитектура подключенного решения включает в себя:

- модернизация оборудования подходящими датчиками IoT, подключение разбросанного оборудования и отправка данных через коммуникационный шлюз в хранилище данных или платформу IoT;
- обеспечение безопасности данных между датчиком и приемной платформой;
- данные с датчика могут поступать непосредственно в хранилище данных или платформу IoT. Чтобы обеспечить корректирующие действия в режиме реального времени, историк сохранит данные, проведет анализ, предложит панели мониторинга ключевых показателей эффективности, визуализацию и доступ к мобильным сообщениям.

Усовершенствование серверной инновации позволило объединить различные устройства, поставляемые разными компаниями, и использовать различные соглашения об общении друг с другом, используя принцип «одного окна» для целей наблюдения, контроля и механизации.

Стоимость затрат на реализацию мероприятия приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Стоимость затрат на реализацию мероприятия

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы мониторинга	100000
Проектирование пункта хранения и обработки данных	50000
Закупка оборудования	10000000
Монтаж датчиков и линий связи	250000
Монтаж исполнительных механизмов на системах обеспечения микроклимата (отопления, вентиляции, холодоснабжения)	300000
Ремонт и подготовка помещения пункта хранения и обработки данных к монтажу оборудования	500000
Монтаж серверного оборудования	200000
Пусконаладочные работы	200000
Итого:	11600000

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах рассчитывается по формуле 1:

$$П_a = П_{п.п.} + П_{сэ} + П_{н.в.} + П_{экол} + П_{л.а.} + П_{в.т.р.}, \quad (1)$$

где $П_a$ – «полный ущерб от аварий, руб.;

$П_{п.п.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$П_{сэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$П_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$П_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$П_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$П_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [30].

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле 2:

$$П_{п.п.} = П_{о.ф.} + П_{тм.ц.}, \quad (2)$$

где $П_{о.ф.}$ – «потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$П_{тм.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.» [30].

$$П_{п.п.} = 260000 + 5600000 = 5860000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов рассчитываются по формуле 3:

$$П_{о.ф.} = П_{о.ф.у.} + П_{о.ф.п.}, \quad (3)$$

где $П_{о.ф.у.}$ – «потери предприятия в результате уничтожения основных

фондов, руб.;

$\Pi_{o.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [30].

$$\Pi_{o.ф.} = 190000 + 70000 = 260000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов рассчитываются по формуле 4:

$$\Pi_{o.ф.y.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (4)$$

где n – «число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [30].

$$\Pi_{o.ф.y.} = (120000 - (130000 - 60000)) = 190000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов рассчитываются по формуле 5:

$$\Pi_{o.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (5)$$

где n – «число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [30].

$$\Pi_{o.ф.п.} = 70000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей рассчитываются по формуле 6:

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = \sum_{i=1}^n \Pi_{\text{ти}} + \sum_{j=1}^m \Pi_{\text{сj}}, \quad (6)$$

где n – «число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

$\Pi_{\text{ти}}$ – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

$\Pi_{\text{сj}}$ – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = 3500000 + 2100000 = 5600000 \text{ руб.}$$

Социально-экономические потери отсутствуют:

$$\Pi_{\text{сэ}} = 0$$

Косвенный ущерб, вследствие аварий рассчитывается по формуле 7:

$$\Pi_{\text{н.в.}} = \Pi_{\text{н.п.}} + \Pi_{\text{з.п.}} + \Pi_{\text{ш}} + \Pi_{\text{н.п.т.л.}}, \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{н.п.}}$ – «часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$\Pi_{\text{з.п.}}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$\Pi_{\text{ш}}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени, руб.;

$\Pi_{\text{н.п.т.л.}}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» [30].

$$\Pi_{н.в.} = 21000000 + 1230000 + 30000000 + 500000 = 52730000 \text{ руб.}$$

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитываются по формуле 8:

$$\Pi_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (8)$$

где $V_{з.п.}$ – «зарботная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [30].

$$\Pi_{з.п.} = (6000 \cdot 20 + 3000) \cdot 10 = 1230000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя рассчитывается по формуле 9:

$$\Pi_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (9)$$

где n – «количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [30].

$$\Pi_{н.п.} = 7000 \cdot (15000 - 12000) = 21000000 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб определяется по формуле 10:

$$\Pi_{экол} = \mathcal{E}_0 \cdot \Pi_{экол}, \quad (10)$$

где $\mathcal{E}_0$ – «ущерб от засорения или повреждения территории обломками,

осколками, зданий, сооружений, оборудования, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{экол}} = 210000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии рассчитывается по формуле 11:

$$\Pi_{\text{л.а.}} = \Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{р}}, \quad (11)$$

где $\Pi_{\text{л}}$ – «расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$\Pi_{\text{р}}$ – расходы на расследование аварии, руб.» [30].

$$\Pi_{\text{л.а.}} = 3300000 + 220000 = 3520000 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{а}} = 5860000 + 0 + 52730000 + 210000 + 3520000 + 0 = 62320000 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определим по формуле 12:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Z}, \quad (12)$$

где $\mathcal{Z}$ – «величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Π – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.» [30].

$$\mathcal{E} = 62320000 - 4200000 = 58120000 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты рассчитываются по формуле 13:

$$\mathcal{Z} = C + E_{\text{н}} \cdot K, \quad (13)$$

где C – «текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства

оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [30].

$$З = 200000 + 0,16 \cdot 11600000 = 2056000 \text{ руб.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат рассчитывается по формуле 14:

$$\mathfrak{E}_3 = \frac{\mathfrak{E}}{З}. \quad (14)$$

$$\mathfrak{E}_3 = \frac{58120000}{2056000} = 28,27$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий рассчитывается по формуле 15:

$$\mathfrak{E}_k = \frac{(\mathfrak{E} - C)}{K} = \frac{(58120000 - 200000)}{2056000} = 28,17 \quad (15)$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий рассчитывается по формуле 16:

$$T_{\text{ед}} = \frac{З}{\mathfrak{E}}, \quad (16)$$

где $T_{\text{ед}}$ – «срок окупаемости приведенных затрат, год;

$З$ – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$\mathfrak{E}$ – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по

обеспечению промышленной безопасности, руб.» [25].

$$T_{\text{ед}} = \frac{2056000}{58120000} = 0,04 \text{ лет}$$

В результате мониторинга безопасности и небезопасного поведения работников на рабочих местах предприятие сможет сэкономить за счет предотвращения аварий, последствия которых оцениваются в 58120000 руб.

Вывод по разделу.

В третьем разделе были рассмотрены аппаратные и программные платформы, применимые для разработки и внедрения анализа технологических данных в современных системах автоматизации процессов, и разработана концепция платформы мониторинга опасных ситуаций.

В этом исследовании мы вносим свой вклад, обобщая и приводя примеры использования Интернета вещей в индустрии 4.0, особенно на нефте- и газоперерабатывающих заводах.

В работе для более эффективного прогнозирования аварии по принципу «домино» предлагается создать цифрового двойника (виртуальной модели) экосистемы объект–процессы–работник для моделирования и визуализации прогнозируемого развития аварийных ситуаций. Предложены методы регистрации опасных событий при помощи Raspberry Pi 4, который служит центральным процессором для распределенной сенсорной сети, предлагается к установке Raspbian (операционная система Linux на базе Debian). Предлагаемые датчики, работающие по принципам технологии промышленного интернета вещей (IIoT) позволят в режиме реального времени управлять безопасностью на предприятии. Технические устройства регистрации опасных событий при помощи Raspberry Pi 4 и видеокамер обеспечат безопасность на рабочих местах за счёт предупреждения опасных ситуаций с целью предотвращения случаев небезопасного поведения работников.

За счёт использования IIoT-модуля интеллектуальных касок

производителя ЗАО «КРОК» и обновленной версии «Цифрового рабочего» будет обеспечиваться контроль опасных производственных факторов с целью снижения аварийности.

Переход к профилактическому обслуживанию предлагается производить в три этапа:

- создать цифровую основу и беспроводные датчики для предоставления услуг на основе определения местоположения;
- интегрировать платформу Интернета вещей для высокоскоростного сбора данных и аналитики;
- работать с экосистемой, чтобы предоставить готовое IoT-решение, включающее прогнозируемое обслуживание и отслеживание опасной ситуации.

Программа анализа карт регистрации опасных ситуаций может увеличить среднее время между отказами и теперь может быстрее выявлять основные причины аварий.

Платформа подчеркивает использование самых современных методов машинного обучения в сочетании с инструментами обработки больших объемов данных и технологиями облачных вычислений для анализа данных в процессе производства. В такой среде могут быть реализованы различные модели, основанные на данных, для повышения производительности предприятия.

Применение платформы было продемонстрировано при разработке управляемых данными программных датчиков, которые могут использоваться для мониторинга объектов отрасли.

В результате мониторинга безопасности и небезопасного поведения работников на рабочих местах предприятие сможет сэкономить за счет предотвращения аварий, последствия которых оцениваются в 58120000 руб.

Заключение

В первом разделе определено, что объекты добычи нефти имеют комплекс опасных производственных факторов для обслуживающего персонала: наличие легко воспламеняющейся жидкости (нефти), паров и газов, способность паров и газов образовывать взрывоопасные смеси; способность нефти и попутного газа действовать отравляюще на организм человека; способность нефти оказывать вредное воздействие на кожу человека; способность нефти при своем движении по трубопроводам образовывать статическое электричество; выполнение работ на открытом воздухе. Эти факторы могут явиться причиной заболеваний среди работающих, а при неправильном выполнении той или иной технологической операции привести к аварии или несчастному случаю.

Минимизация и предотвращение опасностей начинается с идентификации опасностей и применения соответствующих мер безопасности. Практика анализа аварий и несчастных случаев и извлеченных из них уроков важна в процессе прогнозирования и распознавания будущих аварий и потенциальных опасностей, чтобы иметь возможность предотвращать возможные опасности.

На непостоянных рабочих местах, связанных с выделением вредных химических веществ на период эксплуатации класс условий труда допустимый, так как концентрация опасных и вредных веществ значительно ниже ПДК рабочей зоны.

Во втором разделе определено, что применение инновационных технологий Индустрии 4.0 улучшает охрану труда, позволяя выявлять и устранять или снижать опасности, которые могут представлять угрозу жизни и здоровью работников. За счет улучшения условий труда, снижения производственного травматизма, профессиональных и связанных с работой заболеваний создаются предпосылки для физического, психического и социального благополучия работников, а также улучшения экономических

показателей эффективности и производительности труда.

Применение инновационных технологий Индустрии 4.0 позволяет работникам выполнять свою деятельность более безопасным и гибким способом. Применение этих технологий способствует снижению возникновения профессиональных заболеваний и травм на рабочем месте и улучшению здоровья работников за счет сокращения повторяющихся (монотонных) действий, снижения стресса, снижению риска профессиональных заболеваний за счет мониторинга основных параметров здоровья работников и снижения или устранения их негативного влияния.

В интеллектуальных рабочих средах работникам предоставляется возможность качественно обогатить свою трудовую деятельность и снизить производительность тяжелой физической работы.

Работники меньше подвержены стрессу, поскольку они могут самостоятельно организовывать свою деятельность и достигать большей степени автономии и саморазвития. Гибкие условия труда в интеллектуальных рабочих средах позволяют работникам достичь лучшего баланса между работой и безопасностью, а также между личным и профессиональным развитием, что в дальнейшем приводит к повышению удовлетворенности работников и мотивации к работе, а также снижению физической и когнитивной нагрузки.

Регистрации опасных ситуаций, связанных с высокой концентрацией взрывоопасных и отравляющих газов предлагается осуществлять при помощи газоанализаторов довзрывоопасных концентраций.

В качестве стационарных сигнализаторов довзрывоопасных концентраций (ДВК) используются датчики типа ДГС ЭРИС-210 IR, которые предназначены для измерения довзрывоопасных концентраций метана, пропана, бутана, изобутана, пентана, циклопентана, гексана, этана, этилена, пропилена, паров ацетона, бензола, толуола, метилтретбутилового эфира, этилового или метилового спиртов в смеси с азотом или воздухом в диапазоне температур от минус 60 °С до плюс 65 °С.

Регистрации опасных ситуаций, связанных с человеческими ошибками предлагается осуществлять при помощи технологии интернета вещей (IoT), которая может фиксировать предаварийные ситуации и прогнозировать аварии по принципу «домино».

Для более эффективного прогнозирования аварии по принципу «домино» предлагается создать цифрового двойника (виртуальной модели) экосистемы объект–процессы–работник для моделирования и визуализации прогнозируемого развития аварийных ситуаций.

Для сбора и обработки данных предлагается использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi4 с камерой видеозахвата Raspberry Pi4 Camera и блоком питания Power supply T6712DV.

Предложенные технические решения принято реализовать на платформе «Цифровой рабочий» от компании КРОК.

Интеграция «работник-машина» оказывает положительное влияние на охрану труда за счет снижения количества несчастных случаев и травм на производстве, повышения безопасности работников и улучшения эргономических аспектов на рабочем месте.

Сочетание цифровых носимых технологий, интеллектуальных средств индивидуальной защиты, камер и искусственного интеллекта позволяет прогнозировать потенциальные опасности, которые могут возникнуть на рабочем месте, и это дополнительно позволяет предотвращать несчастные случаи и травмы работников.

В третьем разделе были рассмотрены аппаратные и программные платформы, применимые для разработки и внедрения анализа технологических данных в современных системах автоматизации процессов, и разработана концепция платформы мониторинга опасных ситуаций.

В этом исследовании мы вносим свой вклад, обобщая и приводя примеры использования Интернета вещей в индустрии 4.0, особенно на нефте- и газоперерабатывающих заводах.

Переход к профилактическому обслуживанию предлагается

производить в три этапа:

- создать цифровую основу и беспроводные датчики для предоставления услуг на основе определения местоположения;
- интегрировать платформу Интернета вещей для высокоскоростного сбора данных и аналитики;
- работать с экосистемой, чтобы предоставить готовое IoT-решение, включающее прогнозируемое обслуживание и отслеживание опасной ситуации.

Программа анализа карт регистрации опасных ситуаций может увеличить среднее время между отказами и теперь может быстрее выявлять основные причины аварий.

Платформа подчеркивает использование самых современных методов машинного обучения в сочетании с инструментами обработки больших объемов данных и технологиями облачных вычислений для анализа данных в процессе производства. В такой среде могут быть реализованы различные модели, основанные на данных, для повышения производительности предприятия. Применение платформы было продемонстрировано при разработке управляемых данными программных датчиков, которые могут использоваться для мониторинга объектов отрасли.

В результате улучшения условий труда на рабочих местах предприятие сможет сэкономить за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда 29814269,76 руб.

Список используемых источников

1. Алимов Т. М. Регистрация опасных ситуаций как средство изменения поведения персонала // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 41(295). URL: <https://sibac.info/journal/student/295/354370> (дата обращения: 13.03.2025).
2. Андруш В. Г. Охрана труда: учебник / В.Г. Андруш, Л.Т. Ткачёва, К.Д. Яшин. 2-е изд. Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО). 2021. URL: <https://www.iprbookshop.ru/125487.html> (дата обращения: 07.09.2023).
3. Буренина Н. Б. Эргономика и основы безопасности труда. Курс лекций: учебное пособие / Н.Б. Буренина, Л.Н. Серков. Симферополь: Университет экономики и управления. 2022. URL: <https://www.iprbookshop.ru/124421.html> (дата обращения: 09.09.2023).
4. Гаранин М. А., Завьялов А. М., Дементьева Ю. В. Корреляционное исследование влияния причин несчастных случаев на статистические показатели производственного травматизма // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. № 3. С. 501-510.
5. Гвоздев Е.В., Матвиенко Ю.Г. Методология анализа показателей влияния человеческого фактора на комплексную безопасность промышленных предприятий // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции в дистанционном формате. 2020. Т. 29. № 4. С. 15-31.
6. Иванов Ю.М., Куракина Н.В., Ворошилов А.С., Ворошилов Я.С. Оценка надёжности человеческого фактора // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-1. С. 129-139.
7. Иванов Ю.М., Куракина Н.В., Фомин А.И., Ли Хи Ун, Ворошилов А.С. Анализ травматизма работников, обусловленного трудовым стажем. Оценка рисков травматизма // Уголь. 2022. № 2. С. 37-40.

8. Иванова Л.А. Роль личностного фактора в возникновении производственного травматизма и чрезвычайных ситуаций на производстве // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 4. С. 223-226.
9. Каменская Е.Н. Управление в производственной среде. Охрана труда: учебное пособие / Е.Н. Каменская. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета. 2021. URL: <https://www.iprbookshop.ru/117169.html> (дата обращения: 07.09.2023).
10. Каргашилов Д.В. Пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие / Д.В. Каргашилов, А.П. Паршина, И.А. Иванова. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ. 2021. URL: <https://www.iprbookshop.ru/118620.html> (дата обращения: 17.09.2023).
11. Карначев И.П., Левашов С.П., Челтыбашев А.А., Панарин В.М. О концепциях и методах оценки уровня рисков травматизма, связанных с профессиональной деятельностью работников // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2018. № 3. С. 94-104.
12. Карначев И.П., Левашов С.П., Шкрабак В.С. Типология барьеров безопасности в системе управления профессиональными рисками // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2018. № 2. С. 137-146.
13. Коваленко Ю.А. Анализ производственного травматизма // Мировая наука. 2018. № 2 (11). С. 91-93.
14. Кухта А.И., Маматченко Н.С. Комплексный метод оценки степени профессиональных рисков на предприятии // Безопасность техногенных и природных систем. 2019. № 1. С. 18-27.
15. Носатова Е.А., Семейкин А.Ю. Влияние условий труда работников горной отрасли на формирование производственного травматизма и профзаболеваний // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2018. № 1. С. 102-112.
16. О промышленной безопасности опасных производственных

объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ(ред. от 29.12.2022). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234 (дата обращения: 27.09.2024).

17. Пахомова Н. Г. Современные методы научных исследований: учебное пособие / ЭБС АСВ. 2022. URL: <https://www.iprbookshop.ru/123537.html> (дата обращения: 15.09.2023).

18. Попов Г. Б., Абезин Д. А. Оценка влияния человеческого фактора на безопасность труда в АПК // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 291-295.

19. Попов Г.Б., Абезин Д.А. Оценка влияния человеческого фактора на безопасность труда в АПК // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 291-295.

20. Рыков С. П. Основы научных исследований: учебное пособие для вузов. Рыков. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. URL: <https://e.lanbook.com/book/187774> (дата обращения: 07.09.2023).

21. Рыков С.П. Основы научных исследований: учебное пособие для вузов / С.П. Рыков. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. URL: <https://e.lanbook.com/book/187774> (дата обращения: 07.09.2023).

22. Самарская Н.А. Состояние условий и охраны труда в современной России // Экономика труда. 2017. Т. 4. № 3. С. 209-222.

23. Седельников Г.Е. Человеческий фактор в охране труда // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 1. С. 82-86.

24. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.230-2007. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/5649/?ysclid=m4int83ki9994655500> (дата обращения: 27.09.2024).

25. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.002-2014. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/61000?ysclid=m4inw006tg30417524> (дата обращения: 27.09.2024).

26. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья [Электронный ресурс] : ГОСТ Р ИСО 45001-2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175068?ysclid=m4io387vj4129774898> (дата обращения: 27.09.2024).

27. Стручкова Т.А. Влияние человеческого фактора на охрану труда // Наука, техника и образование. 2017. № 11 (41). С. 25-27.

28. Сурова Л.В. Роль человеческого фактора в обеспечении производственной безопасности // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2013. № 2 (16). С. 85-91.

29. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 27.09.2024).

30. Фрезе Т. Ю. Методы оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: практикум. Тольятти : ТГУ, 2022. 258 с. ISBN 978-5-8259-1456-5. URL: <https://e.lanbook.com/book/159637> (дата обращения: 01.03.2025).

31. Чекардовская И.А. Основы научных исследований с применением современных информационных технологий / И.А. Чекардовская, Л.Н. Бакановская. Тюмень: Тюменский индустриальный университет. 2022. URL: <https://www.iprbookshop.ru/122420.html> (дата обращения: 07.09.2023).

32. IoT. Интернет вещей. Internet of Things // Интернет журнал TAdviser URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_Internet_of_Things_\(IoT\)?ysclid=m6hvxmgta1364819299](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9_Internet_of_Things_(IoT)?ysclid=m6hvxmgta1364819299) (дата обращения: 07.09.2023).

15.01.2025).

33. Li J., Yin P., Wang H. The burden of pneumoconiosis in China: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2019 // BMC Public Health. 2022. V.22(1). P.1114.

34. Liu R., Liu H. C., Shi H., Gu X. Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications // Saf. Sci. 2023. V.160. P.106-150.

35. Qi X.-M, Luo Y., Song M-Y. Pneumoconiosis: current status and future prospects // Chin Med J. 2021. V.134(8). P.898-907.

36. Shah S. I. H., Coronato A., Naeem M., De Pietro G. Learning and Assessing Optimal Dynamic Treatment Regimes Through Cooperative Imitation Learning // Access. 2022. V.10. P.78148-78158.

37. Shuang Q., Zhang Z. Determining Critical Cause Combination of Fatality Accidents on Construction Sites with Machine Learning Techniques // Buildings. 2023. V.13. P. 345.