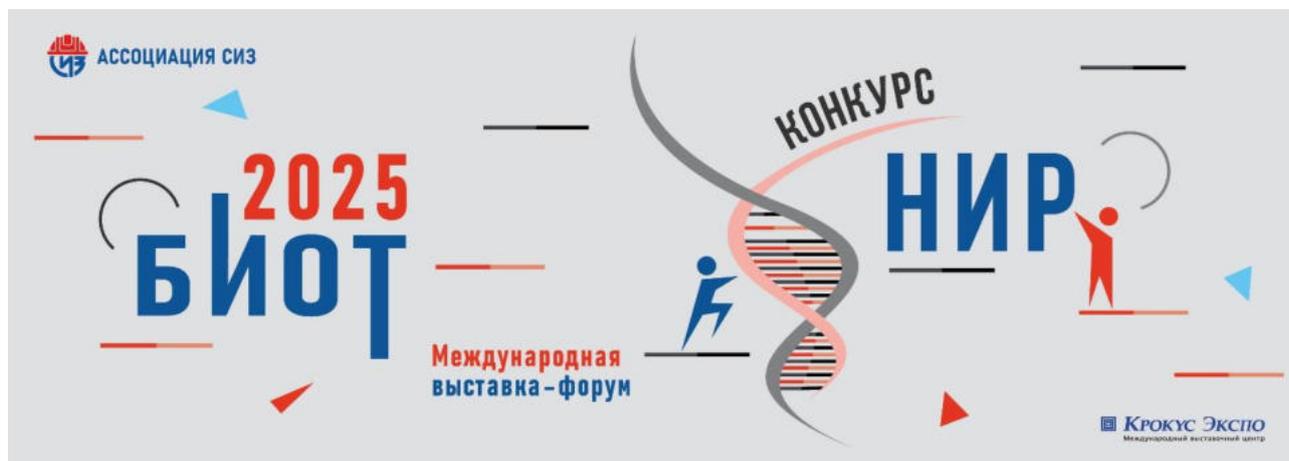




Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты

Сборник трудов
Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР)
Молодежной программы
29-ой Международной специализированной
выставки - форума
«Безопасность и охрана труда»
БИОТ 2025



Москва 2025



Секция 1

Предупреждение и ликвидация аварий, ЧС и пожаров

Т. Ю. Белозерова

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, Москва 105005, Россия

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

АННОТАЦИЯ

Статья направлена на исследование и усовершенствование современных методов прогнозирования природных лесных пожаров в целях повышения эффективности работ по искусственному увлажнению территорий. В работе предлагается разработка методики прогнозирования классов пожарной опасности на основе взаимосвязи вероятности возникновения лесного пожара с метеорологическими условиями. Прогнозирование лесной пожароопасности реализовано на основе алгоритма машинного обучения «Случайный лес».

1. ВВЕДЕНИЕ

Учитывая значительный урон лесной территории от пожаров, необходимо применять методики, способные минимизировать негативные последствия возгораний. В настоящее время Центральная аэрологическая обсерваторией (ЦАО) производятся работы по активным воздействиям (АВ) на метеорологические процессы, позволяющим вызывать осадки на территориях с повышенной пожароопасностью [1]. Для повышения эффективности активных воздействий необходимо наиболее точное определение вероятностных зон возгораний.

Целью данной научной работы является предложение подхода к прогнозированию природных лесных пожаров, позволяющего повысить эффективность работ по АВ. Для достижения поставленной цели необходимо произвести анализ факторов, влияющих на лесную пожароопасность оценить взаимосвязь вероятности возникновения лесного пожара с метеорологическими условиями, а затем, используя методики машинного обучения, разработать модель, включающую в себя выявленные зависимости.

2. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Согласно положениям ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров», степень пожарной опасности в лесу по условиям погоды определяется по комплексному показателю В. Г. Нестерова (КП):

$$КП = \sum_n^1 t(t - r), \quad (1)$$

где t – температура воздуха, r – температура точки росы, n – число дней после последнего дождя.

Данная методика прогнозирования лесных пожаров была разработана в 40-х годах прошлого

столетия, однако она имеет ряд ограничений. Основной недостаток заключается в учете исключительно метеорологических показателей, без рассмотрения реальных физических процессов в слое лесных горючих материалов. Кроме того, используемое количество метеопараметров несоизмеримо мало по сравнению с массивами данных, доступными сегодня, в том числе благодаря дистанционному зондированию Земли, что приводит к недостаточной точности прогнозов.

Таким образом, существует потребность в создании прогностической методики, способной анализировать широкий спектр метеорологических и иных параметров в непосредственной связи с потенциальными зонами распространения лесных пожаров, учитывая их специфические особенности.

3. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЛЕСНУЮ ПОЖАРООПАСНОСТЬ

В рамках данного исследования пожарная опасность трактуется как вероятность возникновения природного пожара, количественно выражаемая через вероятность события и качественно – через пирологические характеристики потенциального объекта возгорания и окружающих условий. Опасность формируется под совокупным воздействием разнородных факторов – явлений и компонентов природной среды, выступающих причинами и условиями для возникновения пожара [2].

Для систематизации этих факторов с учетом ландшафтных процессов, наиболее существенно влияющих на возможность возгорания, они были объединены в группы:

- состояние и характеристики растительности как горючего материала (внутренние факторы);
- условия погоды (в долгосрочном периоде климата) – характеризуют тепловой баланс (чем больше энергии, тем выше вероятность зажигания), а также составляющую прихода в водном балансе (чем больше воды, тем меньше вероятность зажигания);
- свойства поверхности (геоморфологические, гидрологические, почвенные, отчасти геологические факторы) – определяют перемещение, расход и аккумуляцию вещества и, главным образом, воды, ограничивающей горение

Представленная классификация служит основой для последующей оценки и предотвращения природных пожаров, позволяя учесть комплекс

связей, приводящих к определенному состоянию горючих материалов, и получить интегральную оценку пожарной опасности, адекватно отражающую текущую обстановку [3].

В данной работе основное внимание уделено анализу внешних факторов, в частности, метеорологических условий. Разрабатывается методический подход к прогнозированию зон вероятного возникновения и распространения очагов возгорания в конкретном месяце на основе усредненных метеорологических наблюдений за предыдущий месяц. Территорией прогноза являются республика Якутия (Саха). Прогноз выполняется в узлах координатной сетки с пространственным разрешением $0,25^\circ$ по широте и долготе.

4. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ

Для разработки методических подходов прогнозирования требуются следующие типы исходных данных:

- картографические материалы;
- метеорологическая информация;
- данные об очагах возгорания.

Данные о возгораниях и метеопараметры используются для обучения и валидации модели, а картографические материалы – для визуализации результатов.

В качестве источника картографических данных выбран проект OpenStreetMap (OSM), предоставляющий открытый доступ к актуальным географическим данным [4].

Источником метеорологических данных послужила модель *ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)*, признанная Всемирной метеорологической организацией как одна из наиболее достоверных [5]. Использовались следующие параметры: температура воздуха и точки росы, температура и влагосодержание почвы, приземное давление, сумма осадков и скорость ветра.

Данные о фактических очагах возгорания предоставлены МЧС России за период с 2012 по 2021 годы [6].

5. ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В качестве математической основы прогностической модели выбран ансамблевый алгоритм машинного обучения «Случайный лес». Данный метод основан на построении множества решающих деревьев во время обучения. Результат

классификации определяется путем голосования всех деревьев леса: класс, выбранный большинством деревьев, принимается в качестве итогового прогноза. Для регрессионных задач проводится усреднение предсказаний отдельных деревьев.

«Случайный лес» обладает рядом преимуществ для задач прогнозирования природных явлений:

- Высокая точность прогноза и устойчивость к переобучению.
- Способность эффективно работать с большим количеством признаков и оценивать их важность.
- Устойчивость к выбросам в данных и отсутствию части информации.

Алгоритм был реализован на языке программирования *Python* с использованием библиотек *scikit-learn* и *pandas*.

Методика прогнозирования реализуется в три этапа (модуля):

I. Модуль подготовки исходных данных.

1. Сбор, очистка и предобработка исходных наборов данных.
2. Объединение данных по пространственно-временным координатам в единую таблицу признаков и целевой переменной (наличие/отсутствие возгорания).

II. Этап создания и обучения модели.

1. Интеграция подготовленной базы данных в среду разработки *Python*.
2. Разделение данных на обучающую и тестовую выборки.
3. Обучение модели «Случайный лес» на обучающей выборке, подбор гиперпараметров.
4. Валидация модели и оценка значимости признаков.

III. Модуль оперативного прогнозирования.

1. Получение усредненных метеорологических данных за месяц, предшествующий целевому месяцу прогноза.
2. Интеграция новых данных в программный код.
3. Выполнение прогноза с использованием обученной модели.
4. Визуализация результатов путем нанесения на карту цветовых индикаторов, отражающих вероятность возгорания в каждой ячейке сетки.

Алгоритм реализуется в программном коде на языке программирования *Python* (рис. 1). Пример отображения результатов прогноза для апреля 2025 года представлен на рисунке 2.

:

```

# Создаем базовую модель
rf = RandomForestClassifier(random_state=RANDOM_STATE)

# Используем GridSearchCV
grid_search = GridSearchCV(
    rf,
    param_grid=param_dist,
    cv=2,
    scoring='roc_auc',
    n_jobs=-1,
    verbose=1
)

# Обучаем на тренировочных данных
grid_search.fit(X_train_scaled_df, y_train_bal)

# Получаем лучшую модель
best_rf = grid_search.best_estimator_
print('Лучшие параметры:', grid_search.best_params_)
print('Лучший результат на кросс-валидации:', grid_search.best_score_)

```

Рисунок 1 – Программный код реализации алгоритма «Случайный лес»

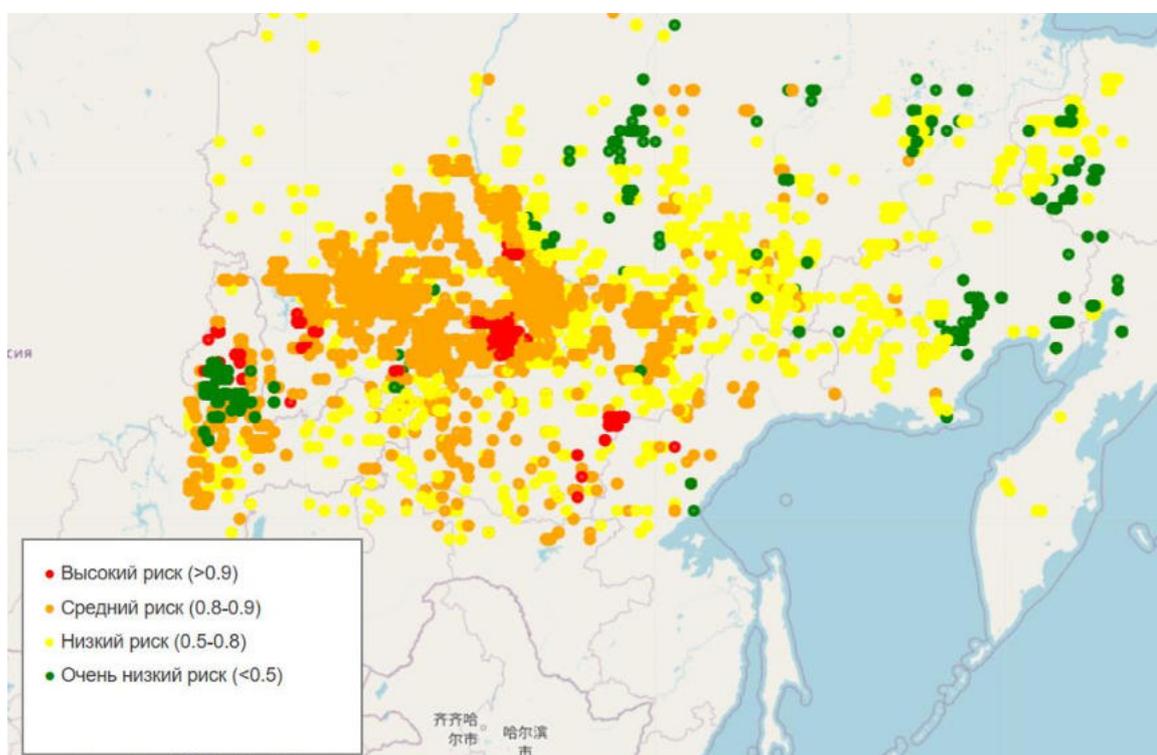


Рисунок 2 – Результаты прогноза предлагаемых методических подходов на сентябрь 2025 года

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценка эффективности модели была проведена основе тестовой части набора исходных данных, составляющей 25% от общего объёма данных. Для оценки достоверности получаемых результатов была использована метрика ROC-AUC, отражающая зависимость между долей истинно положительных классификаций и долей ложно положительных классификаций. Значение ROC-AUC для разработанной модели прогноза составило 0,88.

ВЫВОД

В работе предложены методические подходы к прогнозированию зон вероятного возникновения и

распространения лесных пожаров на месяц вперед, основанные на усредненных метеорологических данных предыдущего месяца. Территорией прогноза является Российская Федерация, а расчеты ведутся по сетке с разрешением 0,25°.

Базовым алгоритмом прогнозирования выступила модель машинного обучения «Случайный лес», реализованная на языке Python. Её применение позволило учесть комплекс метеорологических факторов и повысить точность прогноза. Оценка эффективности модели с помощью метрики ROC-AUC показала ее оправданность на уровне 88%.

Ключевым преимуществом разработанной методики прогнозирования является её прямая интеграция в контур управления работами по активным воздействиям на атмосферу, таким как искусственное увлажнение территорий. Высокая пространственная детализация прогноза (сетка 0.25°) позволяет перейти от реактивных к проактивным стратегиям.

Получаемые с помощью модели «Случайный лес» вероятностные карты пожарной опасности позволяют:

1. Определить приоритетные зоны для воздействия. Ресурсы (авиация, наземная техника) могут быть сконцентрированы не на всей территории, а в областях с прогнозируемым высоким классом пожарной опасности, что значительно повышает эффективность затрат.

2. Оптимизировать временные рамки проведения работ. Прогноз на основе данных предыдущего месяца дает оперативный запас времени для планирования и проведения мероприятий по искусственному увеличению осадков именно в тот период, когда их превентивный эффект будет максимальным – до наступления пиковой пожарной опасности.

3. Оценить потенциальную эффективность мероприятий. Модель позволяет проводить сценарное моделирование, оценивая, как планируемое искусственное увлажнение может снизить прогнозируемый класс пожарной опасности в целевых регионах.

В дальнейшем планируется разработка смежных методических подходов на альтернативных наборах данных, компоновка полноценной методики и её интеграция в геоинформационную систему (GIS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Цветков П.А. Пожарная опасность в природных условиях. – Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2005. – 322 с.

[2] Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Цветков П.А. Пожарная опасность в природных условиях. – Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2005. – 322 с.

[3] Гизатуллин А.Т., Алексеенко Н.А., Моисеева Н.А. Разработка алгоритма превентивной оценки пожарной опасности природных территорий по данным дистанционного зондирования // Геодезия и картография. – 2019. – №1. – С. 102-109. – DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-102-109 (5-летний импакт-фактор РИНЦ: 0,374).

[4] OSM Stats [электронный ресурс]// OpenStreetMaps, 2022. – URL: https://planet.openstreetmap.org/statistics/data_stats.html (дата обращения: 02.03.2023).

[5] Hewson T. Use and Verification of ECMWF products in Member and Co-operating States // ECMWF, 2021. – 35 p.

[6] Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 02.05.2022).

П.А. Ватрушкина
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск, пр. Ленина, д. 30, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ АММИАКА

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены отрасли промышленности с обращением аммиака в качестве сырья, хладагента и т.д. Проанализированы возможные аварийные разливы данного токсичного вещества, предложен способ ликвидации последствий аварий с применением природных цеолитов Ургунского и Сахаптинского месторождений в качестве сорбентов. Исследуемые природные минералы показали хорошие сорбционные свойства и могут позволить обеспечить экологически безопасную утилизацию аммиака. Результаты работы имеют практическое значение для предприятий, использующих аммиак в различных производственных процессах.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Среди техногенных чрезвычайных ситуаций аварии на химически опасных объектах представляют особую актуальность. Интенсивное развитие химической промышленности во второй половине 20 века привело к существенному увеличению рисков, связанных с возможными химическими катастрофами. Аварийные ситуации с аварийно химически опасными веществами (АХОВ) приводят к катастрофическим последствиям. При выбросах токсичных соединений возникают массовые отравления, химические ожоги, поражения дыхательной системы и внутренних органов, нередко заканчивающиеся летальными исходами. Особенно опасны АХОВ с мгновенным поражающим действием, способные вызывать тяжелые последствия даже при кратковременном воздействии.

Кроме прямого вреда здоровью, такие аварии наносят значимый экологический ущерб: загрязняют почву, водоемы и атмосферу, приводят к гибели флоры и фауны. Загрязненные территории становятся непригодными для жизни и хозяйственного использования на долгие годы, а их реабилитация требует огромных материальных затрат и времени [1].

1.2 Актуальность

В настоящее время особую значимость приобретают вопросы оперативного реагирования и ликвидации последствий аварий с АХОВ. Рост промышленного производства и увеличение

объемов перевозки опасных химических веществ повышают риски возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Эффективные методы локализации и нейтрализации АХОВ становятся ключевыми факторами минимизации ущерба для населения и экологии.

Одним из наиболее опасных и распространённых АХОВ является аммиак. Аммиак – бинарное неорганическое химическое соединение азота и водорода. По ГОСТ 12.1.007-76 относится к токсичным веществам 4-го класса опасности. По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы. Аммиак обладает как местным, так и резорбтивным действием [2].

Аварии на промышленных объектах, сопровождающиеся выбросом аммиака, представляют собой масштабные техногенные катастрофы. Сжиженный аммиак, являясь трудногорючим полярным веществом, при проливе вскипает при температуре $-33,4$ °С, образуя аэрозольное облако, способное воспламениться лишь при наличии постоянного источника огня достаточной мощности. Комплексное воздействие таких аварий затрагивает все компоненты окружающей среды – атмосферу, гидросферу и литосферу, нанося значительный экологический ущерб и возможные значительные людские потери.

1.3 Цель проведения исследования

Основной целью данной работы является оценка возможности применения природных цеолитов Сахаптинского и Ургунского месторождений в качестве сорбентов при ликвидации аварийных разливов аммиака.

1.4 Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. выполнить анализ возможных аварийных ситуаций при использовании аммиака в технологических процессах;

2. рассмотреть существующие способы локализации и ликвидации аварийных разливов аммиака;

3. рассмотреть возможность практического применения предложенных сорбентов при ликвидации аварийных разливов аммиака.

2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Газообразный аммиак – горючий газ с удельной теплотой сгорания 18 688 кДж/кг. Наиболее легко воспламеняемая аммиачно-воздушная смесь имеет нормальную скорость распространения пламени, не превышающую 0,1 м/с при атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха.

Аммиак является важным продуктом химической промышленности. Выпускается в жидком виде или в виде водного раствора аммиачной воды, которая обычно содержит 25% NH_3 . Большие количества аммиака используются для получения азотной кислоты, которая идет на производство удобрений и множества других продуктов. Аммиачную воду применяют также непосредственно в виде удобрения, иногда поля поливают из цистерн непосредственно жидким аммиаком.

Из аммиака получают различные соли аммония, мочевины, уротропин. Его применяют также в качестве дешевого хладагента в промышленных холодильных установках.

Аммиак, как опасный груз, требует строгого соблюдения правил безопасности при транспортировке. В основном перевозки осуществляют в специализированных цистернах, баллонах или танкерах, в зависимости от вида (безводный или водный раствор). Транспортировка регламентируется ДОПОГ и другими нормативными актами, предусматривающими особые требования к таре, транспортным средствам, маркировке, обучению персонала и действиям в аварийных ситуациях.

Типовые объекты – склады жидкого аммиака:

- резервуары и резервуарные парки хранения жидкого аммиака;
- сливно-наливные пункты жидкого аммиака и аммиачной воды, включая сливноналивные эстакады железнодорожных и автомобильных цистерн;
- компрессорные аммиачно-холодильных установок и насосные;
- различные технологические установки [3].

Первичным и наиболее быстро распространяющимся фактором поражения является загрязнение атмосферного воздуха. Образующееся ядовитое облако, перемещаемое воздушными массами, может преодолевать значительные расстояния. На своем пути оно губит растительность, вызывает отравления у животных и представляет смертельную угрозу для здоровья людей. Наиболее уязвимыми оказываются сотрудники предприятия, а также население близлежащих территорий, которые могут пострадать от ожогов дыхательных путей, токсического отека легких и тяжелых системных поражений.

Эффективные методы локализации и нейтрализации АХОВ становятся ключевыми факторами минимизации ущерба для населения и экологии.

На данный момент основные системы по защите при авариях с участием аварийно химически опасных веществ осуществляют следующими способами, согласно ГОСТ Р 22.8.05-2022:

- прекращением выбросов АХОВ путем перекрытия задвижек с отключением поврежденной части технологического оборудования;
- установкой аварийных накладок (бандажей) в местах прорыва емкостей и трубопроводов;
- установкой заглушек, подчеканкой фланцевых соединений;
- постановкой жидкостных завес (водяных или нейтрализующих растворов) в направлении движения облака АХОВ;
- созданием восходящих тепловых потоков в направлении движения облака АХОВ;
- рассеиванием и смещением облака АХОВ газовоздушным потоком;
- обвалованием пролива АХОВ для ограничения площади заражения и интенсивности испарения АХОВ;
- откачкой (сбором) разлившегося АХОВ в резервные емкости;
- разбавлением пролива АХОВ водой и нейтрализующими растворами;
- охлаждением пролива АХОВ твердой углекислотой или другими нейтральными хладагентами;
- засыпкой пролива сыпучими твердыми сорбентами;
- структурированием (загущением) пролива АХОВ специальными составами с последующим вывозом и нейтрализацией;
- контролируемым выжиганием пролива [4].

Для локализации газового облака аммиака часто применяется метод водяных завес. Однако этот подход порождает вторичную проблему. Аммиак, активно растворяясь в воде, образует агрессивный раствор аммония, который попадает в почву и водные объекты. Это приводит к закислению грунтов и грунтовых вод, деградации литосферы, гибели водных биоценозов и делает водные ресурсы непригодными для использования. Таким образом, попытка локализовать угрозу для воздушной среды оборачивается масштабным загрязнением гидросферы и почв.

Помимо очевидного экологического ущерба, аварии наносят серьезный экономический ущерб предприятиям. Это затраты на ликвидацию последствий, штрафные выплаты надзорным органам, выплаты пострадавшим, простой производства, а также долгосрочный урон деловой репутации.

Эти минусы требуют разработки более экологичных альтернатив.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В исследовании предложен способ ликвидации аварийных разливов аммиака с использованием природных цеолитов Ургунского и Сахаптинского месторождений в качестве сорбентов. Метод предполагает поглощение ионов аммония в местах локализации утечек аммиака слоем адсорбционного материала. Локализация облака АХОВ будет организована традиционным способом – установлением водяной завесы с последующим сбором сорбентом образовавшихся стоков с повышенным содержанием ионов аммония.

Была проведена оценка сорбционной способности цеолитов в отношении ионов аммония. В качестве образца сравнения был использован активированный уголь. Концентрация водных растворов аммиака до и после сорбции определялась методом фотометрии. Методика основана на взаимодействии ионов аммония с реактивом Несслера с образованием нерастворимой в воде йодистой соли [5]. Полученные пробы подаются фотометрированию при длине волны 425 нм. Для определения концентрации ионов аммония в растворах до и после сорбции использовалась градуировочная зависимость. Для всех образцов сорбция проводилась в одинаковых условиях: постоянное перемешивание, время сорбции, объем сорбента, объем раствора для сорбции и т.д. Для построения изотерм сорбции использовали интервалы концентраций ионов аммония от 0,0002 до 0,005 мг/мл [1].

В результате исследований было показано, что цеолит Ургунского месторождения имеет большую величину сорбционной емкости относительно других рассмотренных сорбентов. На основании анализа изотерм сорбции данный минерал рекомендован в качестве эффективного адсорбента для нейтрализации аварийных разливов аммиака.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе исследована возможность использования природных цеолитов – Сахаптинского и Ургунского, в качестве сорбентов для ликвидации аварийных разливов аммиака.

Результаты показали, что оба исследуемых сорбента хорошо подходят для нейтрализации аммиака. Цеолит Ургунского месторождения продемонстрировал лучшие сорбционные свойства. Стоит отметить, что для рассмотренных цеолитов существует возможность десорбции, что делает их применение практичным и экологичным. Проведенные исследования подтвердили возможность регенерации поверхности цеолитов с помощью систем обратного тока, что может позволить использовать сорбенты повторно. Это значительно повышает

экономическую привлекательность и снижает экологическую нагрузку на предприятия.

Следовательно, одним из перспективных решений является технология адсорбционной очистки с использованием природных цеолитов. Эти минералы обладают высокопористой структурой и исключительной способностью избирательно поглощать молекулы аммиака.

Преимущества использования природных цеолитов в качестве сорбентов:

- экологическая безопасность – исключается сброс сточных вод и утилизация загрязненных ионами аммония почв;

- эффективность – цеолиты способны быстро и в больших объемах улавливать аммиак, локализуя облако на месте аварии;

- экономическая целесообразность – природные цеолиты являются доступным и возобновляемым ресурсом;

- простота применения – адсорбенты могут использоваться в виде засыпок в фильтрационных установках или применяться мобильными бригадами для локализации очага утечки.

Таким образом, внедрение адсорбционного метода на основе природных цеолитов позволяет не только оперативно и безопасно ликвидировать аварию, но и минимизировать как экологический, так и экономический ущерб, обеспечивая защиту здоровья людей и сохранность окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гафнер, В.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для студентов квалификации бакалавр / В. В. Гафнер, Н. В. Гризодуб. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет: Донецкий национальный университет, 2021. – 484 с.
2. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд-во Стандартиформ.–2007.–7с.
3. Какарева, С.В. Аммиак в атмосферном воздухе: источники поступления, уровни содержания, регулирование / С. В. Какарева, А. В. Мальчихина. – Минск: Издательский дом «Белорусская наука», 2016. – 253 с.
4. ГОСТ 22.8.05-2022. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий аварий на химически опасных объектах. Общие требования. – М.: Изд-во Российский институт стандартизации.–2022.–12с.
5. РД 118.02.3-90 Методическое руководство по биотестированию воды. Утв. Госкомприроды СССР от 06.08.90 г. № 37.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ул. Политехническая, д. 29 литера Б, Санкт-Петербург, 195251, Россия

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРИ ОЦЕНКЕ ЧАСТОТЫ РЕАЛИЗАЦИИ АВАРИЙ

АННОТАЦИЯ

Исследование посвящено определению степени влияния эффективности системы управления промышленной безопасностью (СУПБ) на риск возникновения аварий на опасных производственных объектах, а также анализируемому, как включение в модель оценки нового фактора влияет на перераспределение весов ранее рассмотренных.

1 ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития технологий и усложнения производственных процессов вопросы безопасности приобретают первостепенное значение. Одним из важнейших направлений в этой области является обеспечение промышленной безопасности, от которой зависят здоровье и жизнь работников, а также сохранение природной среды. СУПБ представляет собой совокупность мероприятий, направленных на предотвращение аварий и инцидентов на предприятиях с повышенным уровнем риска. В её состав входят как организационные, так и технические решения, позволяющие контролировать производственные процессы и снижать вероятность чрезвычайных ситуаций.

Значимость СУПБ особенно возрастает на фоне постоянного расширения промышленного сектора и роста числа потенциально опасных объектов. Нарушения на таких предприятиях могут привести к трагическим последствиям – человеческим жертвам, экологическим бедствиям и серьёзным экономическим убыткам. Поэтому внедрение эффективных механизмов управления рисками становится необходимым условием устойчивого и безопасного развития отрасли.

Система управления промышленной безопасностью обеспечивает:

- Формирование целей и задач в области промышленной безопасности и их публичное освещение.
- Идентификацию, анализ и прогнозирование рисков аварий и связанных угроз.
- Планирование и реализацию мер по снижению рисков, включая участие сторонних организаций.
- Координацию работ по предупреждению аварий и инцидентов.

- Производственный контроль за соблюдением требований безопасности.
- Обеспечение безопасного опытного применения технических устройств.
- Своевременную корректировку мероприятий по снижению рисков.
- Вовлечение работников в разработку и реализацию мер безопасности.
- Информационное сопровождение деятельности в сфере промышленной безопасности. [1]

2 ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

В работе «Оценка частот аварий с применением балльно-факторного метода для вертикальных стальных резервуаров» был сформирован перечень групп факторов и факторов, влияющих на вероятность возникновения аварий на ОПО.

В группе «Организационные» были выделены следующие факторы:

F31 – Эксплуатационная документация.

Отражает наличие и актуальность нормативных документов, регламентирующих безопасную эксплуатацию оборудования. Обеспечивает формальную основу для соблюдения требований, но имеет ограниченное влияние при отсутствии практической реализации.

F32 – Квалификация персонала.

Оценивает уровень профессиональной подготовки, опыт и способность персонала к действиям в аварийных ситуациях. Существенно влияет на предотвращение ошибок и обеспечение безопасной эксплуатации.

F33 – Организация диагностирования, ЭПБ, осмотров и ремонтов.

Включает системность технического контроля, своевременность диагностических мероприятий и качество ремонтных работ. Является ключевым фактором, определяющим техническую надёжность оборудования и снижение риска аварий.

Оценка весов факторов была проведена с использованием метода парных сравнений.

Метод парных сравнений – один из распространённых экспертных подходов для оценки значимости факторов и определения их весов. Он основан на последовательном сопоставлении факторов по парам с использованием шкалы от -4 до 4, где 0 означает равнозначность, и последующей математической обработке данных. Метод позволяет учитывать мнение эксперта, сравнивать разнородные параметры и применять его при ограниченном числе факторов, обеспечивая логическую согласованность через расчёт соответствующего индекса.

По результатам выполненных расчетов, были получены результаты, приведенные в таблице 1:

Таблица 1 – Матрица и веса факторов по организационной группе.

Фактор	F31	F32	F33	Веса
F31	1	0,125	0,125	0,06
F32	8	1	0,333	0,31
F33	8	3	1	0,64

Анализ показал, что наибольшее влияние оказывает организация процессов диагностирования, промышленной безопасности, технических осмотров и ремонтов, что подтверждает критическую роль своевременного контроля технического состояния оборудования. Существенным фактором также является квалификация персонала, отражающая степень готовности работников к действиям в условиях потенциальных рисков. Эксплуатационная документация продемонстрировала меньшую значимость по сравнению с другими факторами.[2].

На основании результатов, изложенных в вышеупомянутой статье, было проведено исследование с добавлением фактора F34 – Эффективность СУПБ. Это позволило более точно учитывать влияние системных управленческих мер, таких как анализ и прогнозирование рисков, координация действий персонала, производственный контроль и корректировка мероприятий, на снижение вероятности аварий и повышение общей безопасности эксплуатации.

Таблица 2 – Матрица и веса факторов по организационной группе с учетом эффективности СУПБ.

Фактор	F31	F32	F33	F34	Веса
F31	1	0,125	0,125	0,25	0,06
F32	8	1	0,333	6	0,31
F33	8	3	1	7	0,56
F34	4	0,166	0,143	1	0,09

Результаты повторного анализа с учётом нового фактора – «Эффективность СУПБ» –

выявили существенные изменения в структуре значимости организационных факторов, влияющих на вероятность возникновения аварий на опасных производственных объектах. В предыдущих расчётах данный фактор не рассматривался, что ограничивало полноту оценки, особенно в контексте системного подхода к управлению рисками. Включение СУПБ в модель позволило учесть комплекс мероприятий, направленных на предотвращение аварий, включая идентификацию и прогнозирование рисков, координацию действий персонала, производственный контроль, корректировку мер безопасности и вовлечение работников в процессы обеспечения безопасности.

По результатам парных сравнений, «Эффективность СУПБ» заняла третье место по значимости среди организационных факторов, уступив «Организации диагностирования, ЭПБ, осмотров и ремонтов» и «Квалификации персонала», но при этом превзошла по весу фактор «Эксплуатационная документация», который ранее рассматривался как один из ключевых. Это свидетельствует о том, что наличие и качество документации, хотя и остаются важными, не могут компенсировать недостатки в управлении промышленной безопасностью на системном уровне.

Высокая значимость СУПБ обусловлена её интегративной функцией: она объединяет разрозненные элементы обеспечения безопасности в единую управленческую систему, способную адаптироваться к изменениям производственной среды и оперативно реагировать на возникающие угрозы. Эффективная СУПБ обеспечивает не только формальное соответствие требованиям, но и их практическую реализацию, включая производственный контроль, корректировку мероприятий, обучение и вовлечение работников. Это позволяет оперативно реагировать на изменения производственной среды, адаптировать меры безопасности и минимизировать вероятность аварийных событий. [3]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование позволило расширить существующую модель оценки частоты реализации аварий на опасных производственных объектах (ОПО) за счёт включения нового организационного фактора – эффективности СУПБ. Включение СУПБ в модель позволило учесть системные аспекты обеспечения безопасности, охватывающие как технические, так и организационные компоненты. Анализ, выполненный методом парного сравнения, продемонстрировал, что эффективность СУПБ занимает третье, но немаловажное место по значимости среди организационных факторов.

Таким образом, учёт эффективности СУПБ при оценке частоты реализации аварий является

обоснованным и необходимым шагом к формированию более точных и комплексных моделей управления рисками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СУПБ – система управления промышленной безопасности;

ЭПБ – экспертиза промышленной безопасности;

ОПО – опасный производственный объект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 28.09.2025)

2 Научная электронная библиотека eLibrary.Ru | Оценка частот аварий с применением балльно - факторного метода для вертикальных стальных РЕЗЕРВУАРОВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82785163> (дата обращения: 28.09.2025).

3 Л.С. Качалова. Разработка порядка расчёта интегрального показателя эффективности системы управления промышленной безопасностью газоперерабатывающих производств: Материалы Национальной научно-технической конференции студентов и курсантов «Дни науки» «Калининградский государственный технический университет» 14 – 26 апреля 2025 года – С. 101-104.

УЧЕТ ВКЛАДА ОПАСНОСТИ АВОЦИСТЕРН, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПЕРЕВОЗКУ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ГРУЗОВ, ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ ПЛОЩАДОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

АННОТАЦИЯ

Исследование посвящено проблеме оценки риска при транспортировании взрывопожароопасных грузов автомобильным транспортом на площадочных объектах. Существующие методики оценки риска не в полной мере учитывают специфику автоцистерн как динамических источников опасности, передвигающихся по стационарным площадочным объектам.

1 ВВЕДЕНИЕ

Транспорт играет важную роль в экономике каждого государства, обеспечивая потребности хозяйства и населения в перевозках, особенно это касается Российской Федерации, территория которой занимает большую площадь. Транспорт влияет на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом.

Наиболее распространенным и доступным видом транспорта в Российской Федерации является автомобильный транспорт. Его доля от общего объема перевозок грузов всеми видами транспорта составляет около 70% [1]. Минтранс оценивает долю перевозки опасных грузов в 20% от общего объема перевозок грузов всеми видами транспорта, при этом автомобильным транспортом транспортируется около 65%. Автомобиль является потенциальным источником повышенной опасности. Особо серьезные разрушительные последствия влекут за собой дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с опасными грузами. Отрасли, такие как химическая промышленность, нефтегазовая сфера и сельское хозяйство, зависят от безопасной и эффективной перевозки опасных веществ. Растущие объемы транспортирования взрывопожароопасных веществ требуют повышения уровня безопасности процесса перевозки, что крайне важно из-за тяжелых последствий аварий с данными грузами [2], [3].

Целью работы является разработка метода оценки риска при транспортировании взрывопожароопасных веществ автомобильным транспортом по территории площадочных объектов и проведении погрузочно-разгрузочных работ с ними.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. проанализировать существующие методики оценки риска при транспортировании опасных веществ автомобильным транспортом;
2. усовершенствовать метод оценки риска при транспортировании опасных веществ автомобильным транспортом по территории площадочных объектов и проведении погрузочно-разгрузочных работ;
3. апробировать разработанный метод.

2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО МЕТОДА ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

На данный момент разработан метод балльной оценки факторов влияния на уровень пожарного риска при транспортировании взрывопожароопасных веществ автомобильным транспортом для дорог общего пользования [4].

При методе перевода качественных характеристик в количественные балльная оценка представляет собой метод, при котором суммируются значения оценки, выраженные в баллах, по нескольким качественным параметрам. Для оценки частоты аварий введена группировка факторов влияния, разделенных в соответствии с основными причинами аварий. На основе полученных данных производится классификация влияющих факторов по группам с последующим определением влияния каждой группы. Доля вклада группы рассчитывается на основании статистики аварий, зафиксированной на исследуемом объекте. Количество факторов в различных группах может существенно различаться.

Определение значимости каждого фактора внутри групп осуществляется методом анализа иерархий (МАИ). Данный метод основан на парных сравнениях, когда эксперты проводят попарное сопоставление факторов. На основе их опроса формируются специальные матрицы сравнений, которые позволяют выявить приоритетность групп факторов и присвоить им количественную оценку.

Для учета влияния факторов на частоту возникновения аварий на участке следования автоцистерны диапазоны показателей факторов

переводятся в унифицированную 10-балльную шкалу.

Система балльной оценки факторов влияния построена следующим образом:

- 0 баллов – максимально благоприятное воздействие фактора на безопасность автоцистерны, при котором практически исключена возможность возникновения пожароопасных ситуаций;

- 10 баллов – критически негативное влияние фактора, при котором максимально высока вероятность возникновения пожароопасной ситуации;

- 5 баллов – базовая отметка, отражающая среднестатистический уровень влияния конкретного фактора на безопасность транспортировки.

После завершения сравнительного анализа осуществляется итоговый подсчет баллов для каждого рассматриваемого объекта. Итоговая оценка формируется путем суммирования всех набранных баллов. Предпочтительным признается объект, получивший максимальное количество баллов.

Для проведения оценки риска при перевозке пожароопасных веществ автомобильным транспортом по дорогам общего пользования производится анализ статистических данных об авариях. На основе этого анализа выделяются четыре ключевые группы факторов: «водитель», «автомобиль», «дорога», «среда движения». Каждой группе $Гр_i$ с учетом экспертного мнения присваивается весовой коэффициент ρ_i (i от 1 до 4), отражающий ее вклад в общую статистику аварийных ситуаций. В таблице 1 приведены факторы влияния, определенные исходя из статистики аварий на дорогах общего пользования.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на уровень пожарного риска при транспортировании взрывопожароопасных веществ автомобильным транспортом по дорогам общего пользования

Группы факторов	Весовой коэф-т (ρ), где $\sum_{i=1}^4(\rho) = 1$	Факторы	Вес фактора в группе q_{ij}
Гр ₁ «Водитель»	ρ_1	F ₁₁ степень утомленности	q_{11}
		F ₁₂ опыт вождения	q_{12}
		F ₁₃ возраст	q_{13}
		F ₁₄ период безаварийной езды	q_{14}
		F ₁₅ региональный фактор «Культура вождения»	q_{15}
Гр ₂ «Автомобиль»	ρ_2	F ₂₁ срок эксплуатации автомобиля (шасси)	q_{21}
		F ₂₂ срок эксплуатации цистерны	q_{22}

		F ₂₃	время с момента прохождения последнего ТО	q_{23}
		F ₂₄	время с момента прохождения последнего диагностирования цистерны	q_{24}
Гр ₃ «Дорога»	ρ_3	F ₃₁	коэффициент сцепления	q_{31}
		F ₃₂	ширина полосы движения	q_{32}
		F ₃₃	радиус кривой в плане	q_{33}
		F ₃₄	ровность дорожного покрытия	q_{34}
		F ₃₅	число полос по направлению движения	q_{35}
		F ₃₆	продольный уклон	q_{36}
		F ₃₇	расстояние видимости	q_{37}
		F ₃₈	интенсивность движения	q_{38}
Гр ₄ «Среда движения»	ρ_4	F ₄₁	осадки	q_{41}
		F ₄₂	скорость ветра	q_{42}
		F ₄₃	явления погоды (гроза, град, шквал, туман, гололед, изморозь и т.п.)	q_{43}
		F ₄₄	температура воздуха	q_{44}
		F ₄₅	время суток	q_{45}

Балльная оценка участка поездки автоцистерны:

$$B = \sum_{jb=1}^{JB} \sum_{ib_{jb}=1}^{IB_{jb}} \rho_{jb} \cdot q_{ib_{jb}} \cdot B_{ib_{jb}}, \quad (1)$$

где jb – номер группы факторов; ib_{jb} – номер факторы группы факторов jb ; $B_{ib_{jb}}$ – балльная оценка фактора ib группы jb для поездки jp на участке ip ; ρ_{jb} – вес j -ой группы факторов; $q_{ib_{jb}}$ – вес ib -ого фактора внутри jb -ой группы факторов.

Потенциальный риск для площадочных объектов определяется как сумма потенциального риска от точечных источников опасности и потенциального риска, формируемого автоцистернами при их движении по территории объекта:

$$R_{п.т.}(x, y) = R_{п.т.точеч}(x, y) + R_{п.т.АЦ}(x, y) \quad (2)$$

Порядок оценки потенциального риска для точечных источников опасности определен действующими нормативными документами:

- Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 N 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»;

- Приказ МЧС РФ от 26.06.2024 N 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

Для оценки потенциального риска, формируемого автоцистернами при их движении по территории объекта, воспользуемся выражениями, приведенными в работе [5]:

$$R_{п.т}(x, y) = \sum_{i=1}^n \int_0^L \frac{1}{V} \cdot \frac{1}{T_{год}} \cdot Q_{a.д. ip jp} \cdot Q_i \left[\sqrt{h^2(x, y) + (L_x(x, y) - S')^2} \right] dS', \quad (3)$$

где n – число сценариев развития аварии; L – длина элементарного участка поездки, м; V – скорость автоцистерны, м/ч; $T_{год}$ – количество часов в году, ч; $Q_{a.д. ip jp}$ – частота аварий на автомобильной дороге на элементарном участке поездки jp , который находится между точками ip и $ip + 1$; Q_i – условная вероятность поражения человека в рассматриваемой точке территории (точка O) в результате реализации i -ого сценария аварии; L_x, h – фиксированная система отсчета; S – длина рассматриваемого участка, м.

На рисунке 1 показан вид полей потенциального риска без учета вклада опасности автоцистерн, на рисунке 2 – с учетом.

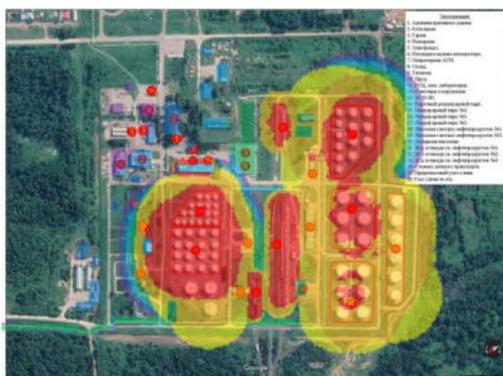


Рисунок 1 – Вид полей потенциального риска без учета вклада автоцистерн



Рисунок 2 – Вид полей потенциального риска с учетом вклада автоцистерн

Апробация показала, что при построении поля потенциального риска для площадочных объектов необходимо учитывать особенности движения автоцистерн осуществляющих перевозку взрывопожароопасных грузов.

Балльно-факторная система оценки – инструмент для выявления опасностей и реализации комплекса мер по минимизации

пожарных рисков при перевозке взрывоопасных веществ автомобильным транспортом. Способы снижения пожарного риска представляет собой систему действий, используемых при разработке мероприятий по снижению пожарного риска.

Однако система факторов, разработанная для автомобильных дорог общего пользования, не в полной мере подходит для оценки риска при перевозке по территории площадочных объектов. Различия обусловлены следующим:

- условия движения (на площадочных объектах могут присутствовать временные препятствия, такие как, оборудование или персонал, что влияет риск аварий);

- особенности инфраструктуры (в отличие от дорог общего пользования, которые имеют стандартизированное покрытие и разметку, на территории опасного производственного объекта (ОПО) покрытие может быть неоднородным, что влияет на устойчивость транспортного средства; так же здания и сооружения могут ограничивать видимость);

- на площадочных объектах могут быть источники повышенной опасности, такие как утечки газа, химические вещества или оборудование под давлением, что требует дополнительных мер предосторожности.

Так же следует учесть риски при проведении погрузо-разгрузочных работ, рассмотрев эту часть процесса транспортирования детально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом исследования является разработка метода оценки риска при транспортировании опасных веществ автомобильным транспортом по территории площадочных объектов с учетом системы факторов, влияющих на вероятность возникновения аварий при непосредственной перевозке и при проведении погрузо-разгрузочных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДТП – дорожно-транспортное происшествие;
 МАИ – метод анализа иерархий;
 ОПО – опасный производственный объект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Статистика | Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/ministry/results/180/document?s?ysclid=mftpv1ct3h437773313> (дата обращения: 21.09.2025)

2 Булатских, М. М. Ломакина, И. Г. Специфика и проблемы перевозки опасных грузов автомобильным транспортом / М. М. Булатских, И. Г. Ломакина // Юридические науки. – 2021. – №3-1 (54). – С. 109-112.

3 Очкалова, А. Р. Статистика происшествий и меры по снижению аварийных ситуаций при

перевозке опасных грузов: Экономика: проблемы, решения и перспективы / А. Р. Очкалова // Вестник университета. – 2016. – № 6. – С. 92-97.

4 Бурлов, В. Г. Разработка метода балльной оценки факторов влияния на уровень пожарного риска для объектов транспортирования пожаровзрывоопасных веществ автомобильным транспортом / В. Г. Бурлов, А. П. Бызов, Я. А. Попова // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2025. – № 1(71). – С. 9-18.

5 Бызов, А. П. Подход к оценке потенциального пожарного риска для участков транспортирования пожаровзрывоопасных веществ автомобильным транспортом / А. П. Бызов, С. В. Ефремов, Я. А. Попова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 2(66). – С. 189-195

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ И ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В ОБЛАСТИ СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

АННОТАЦИЯ

Работа карьерного автотранспорта сопровождается недопустимо высоким количеством аварий и нарушением требований техники безопасности. Данная работа посвящена разработке системы мотивации водителей карьерных автосамосвалов в целях повышения уровня охраны труда на горных предприятиях. Предложена система поощрения работников на основе специализированного рейтинга, рассчитываемого с учетом числа аварий и нарушений, совершенных работником за рассматриваемый период – 6 месяцев. Также, проведено обоснование внедрения систем видеоаналитики с функцией оповещения персонала. Разработана система обучающего тестирования персонала на основе использования Telegram-бота.

1. ВВЕДЕНИЕ

Открытые горные работы сопровождаются рядом производственных процессов, которые характеризуются риском травмирования работающего персонала. К таким процессам относится и транспортировка породы и полезного ископаемого, осуществляемого при помощи карьерных автосамосвалов [1, 2].



Рисунок 1 – Карьерные автодороги [составлено авторами]

На водителей карьерных автосамосвалов воздействует ряд опасных и вредных производственных факторов:

- шум и вибрация;
- пыль и ядовитые газы;
- тепловое и электромагнитное излучение и др. [2].

Вместе с тем, ряд аварий и, как следствие, несчастных случаев, обусловлен проявлением человеческого фактора:

- потеря концентрации работника;
- пренебрежение требованиями техники безопасности;
- недостаточная квалификация и отсутствие навыков в области соблюдения требованиями охраны труда [3].

Согласно данным Ростехнадзора, более 58% от общего числа аварий на карьерных автодорогах происходит в результате несоблюдения требований техники безопасности и иным причинам, обусловленным проявлением человеческого фактора.

К наиболее распространенным нарушениям при эксплуатации карьерных автосамосвалов относятся:

- пересечение огороженной зоны;
- превышение скорости;
- нарушение безопасной дистанции по отношению к другому транспортному средству;
- неиспользование ремней безопасности в салоне автосамосвала;
- движение задним ходом;
- управление транспортным средством в утомленном состоянии [4, 5].

Нарушение водителем автосамосвала требований в области охраны труда может привести к следующим авариям:

- падение автосамосвала с борта карьера;
- опрокидывание автосамосвала;
- столкновения с другим транспортным средством [6, 7].

В целях предотвращения аварий и случаев травматизма первостепенную важность приобретает обучение водителей вопросам охраны труда, разработка эффективной системы контроля знаний персонала, а также внедрение систем

контроля действий водителей. При этом, чрезвычайно важным является внедрение эффективной системы мотивации работников. Система поощрения должна включать в себя как материальное стимулирование, так и социальное. Разрабатываемая система мотивации должна стимулировать работников к соблюдению правил безопасности на производственном объекте и повышению охраны труда [8].

2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ существующей проблематики на предприятиях, осуществляющих добычу полезного ископаемого открытым способом, показал, что на сегодняшний день в большинстве компаний отсутствует система материального и нематериального (социального) поощрения водителей, соблюдающих требования безопасности при выполнении производственных операций. Также, отсутствует рейтинговая система, позволяющая проводить сопоставление результатов выполнения работ водителями с учетом требований техники безопасности и охраны труда.

Предлагается проводить ранжирование работников по категориям на основе разработанного индекса безопасности С, определяемого за период 6 месяцев (формула 1):

$$C = 10 \cdot A + 4 \cdot B + 2 \cdot V + 2 \cdot \Gamma + 2 \cdot Д \quad (1)$$

где А – число аварий, в которых работник был непосредственным участником; В - количество пересечений огороженных зон; В - количество превышений скорости; Г - количество нарушений в салоне транспортного средства; Д - прочие нарушения.

На основании получаемых значений индекса безопасности (за полугодовой период) предлагается разделить водителей предприятия на четыре категории (таблица 1).

Категория	1	2	3	4
Индекс безопасности	0	2-4	6-12	более 12

Таблица 1 – Величина индекса безопасности в соответствии с категорией персонала [составлено авторами]

Вводится следующая система поощрений для

работников первой категории:

- стимулирующая премия в размере 7% от установленной заработной платы;
- компенсация затрат на питание в размере 300 руб/смена;
- предоставление билетов в учреждения культуры общей стоимостью до 5000 руб;
- участие в профориентационных мероприятиях на базе университетов-партнеров и в мероприятиях дочерних предприятий в рамках оплачиваемых командировок;
- размещение фотографии работника на доске почета организации и вручение поздравительной грамоты.

Водители автосамосвалов, оказавшиеся во второй категории, получают следующие поощрения:

- стимулирующая премия в размере 5% от установленной заработной платы;
- компенсация затрат на питание в размере 300 руб/смена;
- предоставление билетов в учреждения культуры общей стоимостью до 3000 руб.

Для работников третьей категории вводится следующая система поощрений:

- стимулирующая премия в размере 2% от установленной заработной платы;
- компенсация затрат на питание в размере 100 руб/смена.

Для работников 4 категории система поощрений не предусмотрена. Вместе с тем, данную категорию работников предлагается подвергнуть взысканию в размере 5% от заработной платы за рассматриваемый период.

В целях повышения уровня подготовки персонала в вопросах охраны труда предлагается разработка Telegram-бота, позволяющего проводить тестирование работников. Чат-бот включает в себя базу вопросов с четырьмя вариантами ответов, состоящую из тематических разделов. При проведении тестирования генерируется 10 вопросов из разных разделов и варианты ответа на них. Пользователь должен выбрать правильный вариант ответа из предложенных.

После прохождения теста будет показываться результат правильных ответов в процентном соотношении. Цель тестирования заключена в выявлении недостоверных ответов и, как следствие, недопуске к выполнению работ во избежание нарушений правил безопасного вождения неподготовленного сотрудника.

Вход в систему тестирования осуществляется по специальному индикаторному номеру,

который необходимо присвоить каждому водителю и машинисту. Периодичность тестирования предлагается установить равной двум неделям. В зависимости от процента правильных ответов на экран выводится соответствующее сообщение:

- 0-30%: «Пройдите тест заново, Вы недостаточно усвоили материал»;

- 30-80%: «Вам следует повторить материал, прежде чем приступить к работе»;

- 80-100%: «Отлично, Вы можете приступить к работе».

Также, в целях выявления конкретных нарушений правил безопасности дорожного движения на опасном производственном объекте в режиме реального времени предлагается установка систем умной видео-аналитики. Система своевременно отправляет сигнал о нарушении, активируя световое и звуковое оповещение водителю или машинисту. Данная технология обеспечивает возможность спрогнозировать вероятность возникновения несчастных случаев, предотвратить или минимизировать негативные последствия, а также возможность вести учет количества выявленных нарушений водителем или машинистом.

Схема системы видео-аналитики представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема системы видео-аналитики [составлено авторами]

Источником информации являются IP-камеры, установленные в определенных зонах. Камеры регистрируют видеопотоки и отправляют их на сервер-вычислитель. Полученные видеопотоки передаются по сети с использованием выделенных каналов связи на

удаленный сервер для обработки. Сервер в реальном времени обрабатывает поступившие видеоданные, применяя алгоритмы и технологии, такие как машинное обучение для распознавания и классификации объектов и других аспектов. Видеоанализ детектирует объекты в кадре, отличает их друг от друга, фиксирует и классифицирует их нарушения.

В случае обнаружения опасных ситуаций система генерирует уведомления для дальнейшего действия. Система умной видео-аналитики передает команду на активацию звуковых и световых оповещений через встроенный модуль. Также сообщение о нарушении передается оператору, который может отреагировать на возможное возникновение опасной ситуации. Результаты анализа и видеоданные сохраняются на сервере для последующего использования, анализа и архивации.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках апробации был проведен расчет индекса безопасности для одного из угольных разрезов Кузнецкого угольного бассейна. На предприятии работает 8 водителей КАМАЗов. За полугодовой период у всех водителей было зафиксировано 18 нарушений правил безопасности, произошла одна авария.

Результаты расчетов индекса безопасности и затраченные на поощрения средства представлены в таблице 2.

Категория	1	2	3	4
Число работников, чел	1	3	3	1
Затраченные средства, руб	510 000			

Таблица 2 – Результаты экспериментальных расчетов индекса безопасности [составлено авторами]

Исходя из полученных результатов установлено, что затраты (за пол года) на материальное стимулирование работников составят 510 тысяч рублей. Вместе с тем, одна поломка КАМАЗа в результате аварии обойдется компании в 100-150 тысяч рублей. Ремонт в результате падения автосамосвала может

обойтись организации в 1 млн. руб. Кроме того, аварии сопровождаются случаями травматизма, которые кроме финансовых, несут и репутационные потери.

В рамках данной работы также была проведена апробация чат-бота, позволяющего осуществлять контроль знаний работников. Из 8 человек, прошедших тестирование, 7 показали отличные результаты в диапазоне от 80 до 100%, а 1 водитель автосамосвала набрал 70%, что, в целом, свидетельствует о хорошем уровне подготовки работающего персонала разреза.

4. ВЫВОДЫ

Разработанная в ходе данного исследования система мотивации сотрудников направлена на предотвращение аварий на предприятии и, как следствие, случаев травмирования работников. Предложенная система прошла апробацию для реального производственного объекта. В рамках предполагаемых затрат при внедрении установлено, что расходы на осуществление данной системы мотивации ниже, чем ущерб от последствий возможных аварий.

Для контроля знаний работников был предложен чат-бот, позволяющий осуществлять всеобъемлющий контроль знаний вопросов охраны труда персонала, за счет генерирования вопросов из разных разделов. Также, проведена апробация данного чат-бота.

Для постоянного контроля выполнения требований охраны труда предлагается к внедрению система видео-аналитики, предложена методика ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каунг П. А., Исаков А. Е., Панфилов И. А., Тынченко В. В., Ступина А. А. Принципы формирования экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 7-1. – С. 159–175. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_71_0_159.

2. Чемезов Е.Н. Принципы обеспечения безопасности горных работ при добыче угля // Записки Горного института. - 2019. - Т. 240. - С. 649-653.

3. Kongar-Syuryun Ch., Ivannikov A.,

Khayrutdinov A., Tyulyaeva Y. Geotechnology using composite materials from man-made waste is a paradigm of sustainable development // Materials Today: Proceedings. 2021, vol. 38, pp. 2078—2082. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.145.

4. Гендлер С. Г., Прохорова Е. А. Методические основы выбора приоритетных направлений управления охраной труда при подземной добыче угля на основе анализа динамики интегрального риска травматизма и профессиональной заболеваемости // Горный журнал. — 2023. — № 9. — С. 41—48. DOI: 10.17580/gzh.2023.09.06.

5. Rudakov M. L., Rabota E. N., Kolvakh K. A. Assessment of the individual risk of fatal injury to coal mine workers during collapses // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2020, no. 4, pp. 88—93. DOI: 10.33271/nvngu/2020-4/088.

6. Litvinenko V. S., Dvoynikov M. V., Trushko V. L. Elaboration of a conceptual solution for the development of the Arctic shelf from seasonally flooded coastal areas // International Journal of Mining Science and Technology. 2022, vol. 32, no. 1, pp. 113—119. DOI: 10.1016/j.ijmst.2021.09.010.

7. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Комплексная оценка геоэкологических рисков при ведении открытых и подземных горных работ // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 205—216. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-205-216.

8 Баловцев С. В., Меркулова А. М. Комплексная оценка надежности зданий, сооружений и технических устройств горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 3. – С. 70–181. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_3_0_170.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ СПК НА ПРИМЕРЕ ОПО – СЕТЬ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Законодательство Российской Федерации в области промышленной безопасности требует создавать СПК в организациях, эксплуатирующих ОПО, с численностью более 500 человек [1]. При этом, в настоящее время, отсутствует методика определения численности работников СПК. В работе предложена методика расчета численности работников СПК на основе трудозатрат для ОПО – сеть газоснабжения и газопотребления.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Предприятия нефтегазовой отрасли являются важными экономическими и стратегическими объектами. Эксплуатация ОПО предприятий нефтегазовой отрасли является трудоемкой и значимой задачей, которая включает в себя, в том числе, соблюдение и выполнение требований ПБ. К требованиям ПБ относится, в частности, организация и осуществление ПК [2]. Согласно [1], ответственным за осуществление ПК является либо назначенное лицо, либо руководитель СПК в зависимости от численности работников организации, эксплуатирующей ОПО. Известно, что большинство ОПО эксплуатируют организации с численностью более 500 человек. Однако, на сегодняшний день, отсутствует методика определения требуемого количества работников СПК, необходимых для функционирования ПК.

1.2 Актуальность

Эксплуатация любого ОПО неразрывно связана с инцидентами и авариями, возникающим в результате технологических, организационных причин или их совокупности. Анализ статистики, приведенной в официальных источниках Ростехнадзора [3], показывает, что неудовлетворительная организация ПК является одной из основных организационных причин возникновения инцидентов и аварий. Существует множество причин, которые приводят к неэффективной организации ПК, среди них можно выделить основную – нехватка работников, осуществляющих ПК.

1.3 Цель проведения исследования

Целью научно-исследовательской работы является разработка алгоритма определения численности работников СПК на основе трудозатрат для ОПО – сеть газоснабжения и газопотребления.

1.4 Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. проанализировать законодательство Российской Федерации касательно требований к ПК;
2. определить трудозатраты, необходимые для выполнения функций и задач лиц, ответственных за осуществление ПК и осуществляющих ПК;
3. произвести расчет численности СПК;
4. сгруппировать полученные трудозатраты в модули, удобные для дальнейшей разработки алгоритма;
5. разработать алгоритм, учитывая модули и дополнительные параметры.

2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ СПК

2.1 Роль СПК в соблюдении требований ПБ

Как было отмечено ранее, СПК создается на основе требований законодательства при численности работников более 500 человек [1]. Однако, на создание СПК также влияют такие факторы, как высокая стоимость реконструкции ОПО в случае выхода из строя элементов в результате инцидентов и аварий, существование высоких рисков возникновения опасных происшествий. СПК, основной задачей которой является осуществление ПК, с помощью оценки текущего состояния ПБ, проведения контрольных и аналитических мероприятий, разработки и планирования мер по улучшению состояния ПБ, проведения контрольных мероприятий за соблюдением требований ПБ, ЛНА, разработанных на основе требований ПБ, и других функций реализует превентивные меры, направленные на минимизацию риска возникновения аварийно-опасных происшествий и несчастных случаев.

Таким образом, результативность СПК заключается в:

1. повышении уровня соблюдения требований ПБ;
2. снижении риска возникновения инцидентов, аварий, несчастных случаев;
3. минимизации последствий аварий и инцидентов;
4. выявлении потребности в обучении и тренировках работников с целью реагирования на аварийно-опасные происшествия;
5. уменьшении количества системно повторяющихся нарушений;
6. наличии квалифицированных и профессионально подготовленных кадров.

2.2 Определение трудозатрат для осуществления ПК

Основным законодательным актом в области ПК является Постановление Правительства от 18.12.2020 № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности». В данном нормативно-правовом акте представлены задачи и функции лица, ответственного за осуществление ПК, и лиц (работников), осуществляющих ПК.

Анализ задач и функций позволяет сгруппировать их в модули. В работе [4] были представлены расчеты трудозатрат (ч/год), необходимых на выполнении функций и задач СПК; также были учтены обязательства, связанные с необходимостью дополнительной защиты ОПО. Сопоставленные модули с трудозатратами представлены в табл.1. Принимаем, что 1 – лицо, ответственное за осуществление ПК; 2 – лицо, осуществляющее ПК.

Таблица 1

Модули функций и задач СПК и трудозатраты на них

№ п/п	Название модуля	Трудозатраты, ч/год	
		1	2
1	«Аварии и инциденты»	320	764
2	«Взаимодействие с надзорными органами»	176	352
3	«Проведение внутренних проверок»	102	364
4	«Процедуры ПБ»	704	1532
5	«Соблюдение требований ПБ»	708	748
6	«Осуществление ПК»	628	-
7	«Аттестация и обучение»	-	1144
Итого:		7542	

Из табл. 1 видно, что трудозатраты СПК в год на осуществлении ПК на ОПО – сеть газоснабжения и газопотребления – составляют 7542 часов. Учитывая максимальное количество рабочих часов в году (1979 часов), получаем, что для полного и качественного выполнения возложенных на СПК законодательством функций и задач необходимо 4 работника СПК: 1 работник будет являться руководителем СПК – ответственным за осуществление ПК; 3 работника – специалисты СПК, осуществляющие ПК.

2.3 Разработка алгоритма определения численности работников СПК

Для определения численности работников СПК кроме трудозатрат, представленных в табл.1 необходимо использовать дополнительные

параметры. Среди них можно выделить: удаленность объектов ОПО от места работы СПК, количество инцидентов и аварий, проведение внешних проверок надзорными органами и руководителями организации, эксплуатирующей ОПО, количество эксплуатируемых зданий, сооружений, технических устройств, подлежащих экспертизе, и т.д. Данные параметры также должны входить в отдельные модули.

В общем виде алгоритм представлен на рис.1, где модули выступают в качестве отдельных подпрограмм. В случае, если в организации, эксплуатирующей ОПО, работают менее 500 человек, то алгоритм дает ответ в соответствии с [1] – о необходимости возложения обязанностей за осуществление ПК на специально назначенного работника.

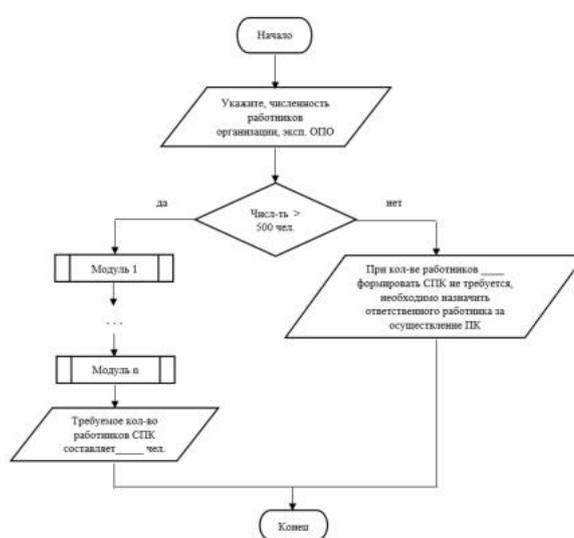


Рисунок 1 – Алгоритм определения численности работников СПК

Рассмотрим модуль, связанный с удаленностью объектов ОПО от места расположения СПК. В подпрограмме модуля «Удаленность» на основе данных, представленных в начале, определяется коэффициент, зависящий от количества командировок работников, количества выездов до контролируемых объектов ОПО и других параметров.

Данный модуль представлен на рис.2.



Рисунок 2 – Подпрограмма модуля «Удаленность»

Каждый модуль, используемый в алгоритме, отвечает на определенные вопросы и содержит

информацию, вводимую в начале работы при заполнении данных об объектах ОПО пользователем.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм позволяет определить необходимое количество работников СПК, исходя из вводимых данных и их анализа в каждой подпрограмме. В дальнейшем алгоритм можно использовать для создания полноценного программного продукта с целью определения количества работников СПК для ОПО - сеть газоснабжения и газопотребления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СПК-служба производственного контроля;
ОПО-опасный производственный объект;
ПБ-промышленная безопасность;
ПК-производственный контроль;
ЛНА-локальные нормативные акты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» / Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372136/ (Дата обращения: 24.09.2025).

2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» / Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (Дата обращения: 24.09.2025).

3. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Ростехнадзор / Электронный ресурс. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (Дата обращения: 24.09.2025).

4. Меркулова, З. А. Расчет численности службы производственного контроля опасного производственного объекта – сети газораспределения – в текущей политической обстановке / З. А. Меркулова // Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность: тезисы докладов, 26 – 30 мая 2025 г. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2025. – С. 112.

Н.К. Михеев, Т.А. Бudyкина
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика»,
Московская область, Химки, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

АННОТАЦИЯ

Еврейская автономная область (ЕАО) по количеству лесных пожаров и наносимому при этом ущербу окружающей среде демонстрирует отрицательную динамику. Проведено исследование по термодеструкции образцов древесины пород деревьев дальневосточного происхождения. Выявлено, что наибольшая скорость деструкции зафиксирована у коры березы желтой и дуба монгольского. Сосна демонстрирует самые термоустойчивые показатели среди других пород. Наибольшее тепловыделение фиксируется у дуба монгольского при более низких температурах, чем у сосны и березы желтой. Таким образом, березово-дубовые леса ЕАО наиболее подвержены возгораниям и способности к распространению, поддержания горения. Предлагается проводить тщательные санитарные рубки березы желтой и дуба, внедрять современные средства дистанционного мониторинга лесных пожаров, беспилотные летательные аппараты, вести учет данных по состоянию лесных насаждений, их типам, площади распространения и противопожарных мероприятий вблизи березово-дубовых лесов.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

В данной работе объектом внимания является древесина, произрастающая на Дальнем Востоке, в Еврейской автономной области, ее поведение при термическом воздействии. Выбор данной тематики обусловлен желанием изучить способность различных пород деревьев участвовать в распространении пожара и выявлении наиболее пожароопасных свойств и типа древесины.

ЕАО расположена на левом берегу реки Амур. Природа региона отличается большим разнообразием: здесь встречаются горные массивы

(1/3 территории), широкие равнины, поймы рек и густые леса, которые занимают около 45 % территории ЕАО и являются важнейшим природным ресурсом. Господствующий тип растительности – лесной. На территории ЕАО произрастает 33 % от общего количества видов флоры российского Дальнего Востока.

По данным Доклада о состоянии и охране окружающей среды в ЕАО (2024 г., [1]), площадь лесного фонда составляет более 2,1 млн га.

По породному составу преобладают хвойные насаждения – 42,5 %, на долю мягколиственных пород приходится 34,3 % земель, твердолиственных – 23,1 %, остальные – прочие деревья и кустарники. Основные породы лиственного леса – береза (23,9 %), дуб (21,9 %), осина (6,7 %), липа (6,1 %).

Горные районы ЕАО заняты темнохвойными лесами – ель, пихта (на их состояние негативно повлияли лесные пожары и лесозаготовки), кедр, липы амурская. Низкогорные районы, побережье Амура заняты дубняками, липой, березой (белой, черной и желтой), кленом. На площадях, пройденных лесными пожарами и вырубками, хорошо заселяются дубняки (вследствие засухоустойчивости и нетребовательности к почвам), береза, осина. На территории ЕАО произрастают виды, занесенные в Красную книгу – кедр корейский. Поэтому особое значение имеют охраняемые территории: заповедник «Бастак» и заказники, где сосредоточено и сохраняется биоразнообразие области.

Ежегодно на территории ЕАО возникают пожары. В 2024 году по сравнению с 2023 г. площадь пожаров увеличилась на 20 %. Гибель лесных культур от пожаров зафиксирована на 43 га. В таблице 1 представлена официальная статистика по лесным пожарам в ЕАО [1].

Таблица 1 – Статистика лесных пожаров в ЕАО

за 2019-2024 гг. [1]

Показатель	Ед. изм.	Годы					
		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Кол-во лесных пожаров	шт.	109	103	136	121	127	127
в т. ч. крупных лесных пожаров	шт.	24	26	41	30	43	41
Площадь, пройденная пожарами	тыс. га	104,6	59,6	98,2	42,1	186,5	224,7
в т. ч. лесная	тыс. га	26,7	12,0	37,6	8,8	36,9	95,7
Средняя площадь пожаров	га	960	578	722	348	1468,6	1769,8
Ущерб от лесных пожаров	тыс. руб.	2029,5	14103,1	5192,6	2505,8	34284,8	46221,4

Как видно из таблицы 1, за 5 лет выражена отрицательная динамика по количеству лесных пожаров, площади, пройденной огнем, ущербу от лесных пожаров, потерям древесины на корню.

Лесные пожары в регионе характеризуются высокой скоростью распространения из-за особенностей климата: теплое влажное лето способствует интенсивному росту растительности, а весенне-летняя засуха приводит к ее иссушению. Поэтому для ЕАО задачи по сохранению биоразнообразия лесных насаждений, профилактика и защита от пожаров являются важнейшими.

В связи с этим целью данного исследования является изучение процессов термодеструкции древесины ЕАО для выработки в дальнейшем предложений по предупреждению ЧС, связанных с пожарами в рассматриваемой области российского Дальнего Востока.

1.2 Характеристика объекта исследования

В данной работе исследуемыми объектами были три породы деревьев российского Дальнего

Востока – сосна, желтая береза и дуб монгольский. Сосна является представителем хвойной породы деревьев, широко используемой в лесозаготовках, строительстве. Вследствие высокого содержания смолы, сосна легко воспламеняется, имеет высокую теплотворную способность.

Желтая береза – это лиственное дерево с прочной древесиной и характерной золотистой корой. В ЕАО встречается в смешанных лесах, отличается устойчивостью к климатическим условиям. Древесина хорошо горит и дает устойчивое пламя, используется в промышленности и быту.

Дуб, особенно – монгольский, является одной из самых распространенных пород в лесах ЕАО. Обладает плотной и прочной древесиной с высокой теплотворной способностью. Дубовая древесина ценится в мебельном производстве, строительстве и как топливо.

Образцы коры исследуемых пород древесины приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Исследуемые образцы коры деревьев (дуб, береза, сосна – слева направо).

1.3 Цель и задачи исследования

Цель исследования – изучение термодеструкции древесины, произрастающей на российском Дальнем Востоке, ЕАО, для выработки в дальнейшем предложений по предупреждению ЧС, связанных с пожарами в рассматриваемой области на Дальнем Востоке.

Задачами исследования являлось определение основных показателей термодеструкции исследуемых образцов и сравнение полученных результатов с целью выявления породы дерева, наиболее активно откликающейся на температуру.

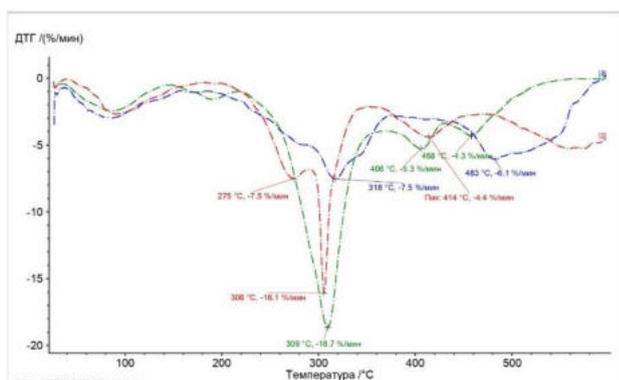
1.4 Метод исследования

Метод исследования: синхронный термический анализ на термоанализаторе STA 449 F3 фирмы NETZSCH Jupiter 449. Обработка результатов осуществлялась с применением программного обеспечения NETZSCH Proteus Thermal Analysis.

Условия эксперимента: нагрев до температуры 600 °C со скоростью 20 °C/мин., продувочный газ печи – воздух с расходом 20 мл/мин., защитный газ весовой части прибора – азот с расходом 20 мл/мин.

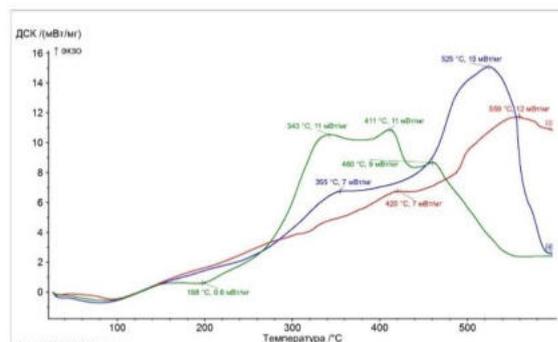
1.5 Результаты исследования

На рисунках 2, 3 представлена визуализация полученных на термоанализаторе термогравиметрических кривых в виде графиков ДТГ – изменение скорости убыли массы образца при нагреве (%/мин), ДСК (дифференциальная сканирующая калориметрия) – тепловые процессы (мВт/мг).



- 1 – линия зеленого цвета – дуб монгольский, 2 – красного цвета – береза желтая,
- 3 – линия синего цвета – сосна.

Рисунок 2 – ДТГ-кривые образцов коры древесины.



- 1 – линия зеленого цвета – дуб монгольский,
- 2 – красного цвета – береза желтая,
- 3 – линия синего цвета – сосна.

Рисунок 3 – Кривые ДСК исследуемых образцов.

Как видно из рисунка 2, наибольшая скорость деструкции – -18,7 %/мин зафиксирована у коры дуба монгольского при температуре 309 °C, у березы – -16,1 %/мин при температуре 306 °C, у сосны – -7,5 %/мин при температуре 318 °C. Причем, береза при температуре 275 °C начинает стремительно терять массу со скоростью -7,5 %/мин, достигая максимума скорости потери массы при 306 °C. Таким образом, из трех исследуемых пород деревьев береза раньше других пород подвергается термодеструкции, что следует учитывать при прогнозировании и ликвидации ЧС, связанных с лесными пожарами в ЕАО. Сосна демонстрирует самые термоустойчивые показатели среди других пород.

На рисунке 3 показаны тепловые эффекты, сопровождающие процесс нагрева. Так, наибольшее тепловыделение – 11 мВт/мг фиксируется у дуба монгольского в интервале температур 343 - 411 °C, что соответствует фазе пламенного горения. Другие породы деревьев в этом интервале температур имеют меньшие тепловыделения, зато при температурах за 500 °C достигаются высокие значения выделения тепла: 15 мВт/мг при 525 °C у сосны и 12 мВт/мг при 559 °C у березы желтой. Сосна и береза плавно набирают выделение тепла до температуры 480 °C, однако после этих значений фиксируется стремительный экзоэффект.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что породы деревьев дальневосточного происхождения ЕАО отличаются по своим свойствам при термодеструкции. Температура в 275 °С у коры березы является началом разрушения при воздействии огня, что следует учитывать и осуществлять плановые рубки в лесхозах в качестве превентивных противопожарных мероприятий – подвергать удалению отмерших деревьев (березы).

По данным литературы [2], чернопереберёзово-дубовые леса паркового типа, расположенные преимущественно на равнинной части области ЕАО, наиболее подвержены возгораниям. Причину этого явления, а также – быстрое распространение горения можно объяснить результатами нашего исследования. Согласно [4], березово-дубовые леса в Еврейской автономной области расположены в Самаро-Ушумунском переходном районе, Биробиджанском и Амуро-Тунгусском районах.

Предлагается для мероприятий пожарной профилактики в ЕАО проводить санитарные рубки деревьев породы березы желтой и дуба, а также внедрять современные средства дистанционного мониторинга лесных пожаров (типа «Лесохранитель»), беспилотные летательные аппараты [3], вести учет данных по состоянию лесных насаждений и противопожарных мероприятий вблизи березово-дубовых лесов; особое внимание уделять учету площади распространения, проводить противопожарные мероприятия вблизи березово-дубовых лесов.

Еврейская автономная область является одним из самых медоносных районов Дальнего Востока [3], при этом по количеству и площади пожаров при пересчёте на единицу площади ЕАО занимает одну из лидирующих позиций в Дальневосточном федеральном округе. Сохранение биоразнообразия края возможно, в том числе, и с учетом данных проведенного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный портал ЕАО [Электронный ресурс] URL: <https://www.eao.ru> (дата обращения 17.09.2025).

2. Зубарева, А. М. Горимость липовых лесов в Еврейской автономной области / А. М. Зубарева, Т. А. Рубцова, В. А. Зубарев // Теоретическая и прикладная экология. – 2024. – № 1. – С. 90-96. – DOI 10.25750/1995-4301-2024-1-090-096. – EDN ZXWDEC.

3. Пожарная обстановка в лесах юга Дальнего Востока на примере Хабаровского и Приморского краев / А. М. Орлов, Ю. А. Андреев, В. В. Чаков [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – № 4(35). – С. 88-100. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.28.76.011. – EDN NVLWOQ.

4. Рубцова Т. А., Фетисов Д. М., Гелунов А. Н. Новое геоботаническое районирование Еврейской автономной области // Вестник ДВО РАН. 2016. №1 (185). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novoe-geobotanicheskoe-rayonirovanie-evreyskoy-avtonomnoy-oblasti> (дата обращения: 23.09.2025).

Л. Ю. Фомичев
 ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа
 (национальный исследовательский университет)
 имени И.М. Губкина»
 Россия, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1

СПОСОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СПРИНКЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ И ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА

АННОТАЦИЯ

Представлен способ и архитектура автоматизированной системы проведения регламентных испытаний и диагностики автоматических установок спринклерного пожаротушения (АУСПТ) и внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) с использованием расходомеров, датчиков давления и исполнительных задвижек с электроприводом, интегрированных в алгоритм испытаний, исключающий сброс воды в

помещения и позволяющий выполнять проверки без вмешательства персонала по утвержденным методикам. Показаны целевые показатели контроля (расход, давление, запуск/резервирование насосов, обвод ВУ), математические зависимости для расчета режимов и структурная схема, обеспечивающие воспроизводимость и трассируемость результатов. Реализация решения снижает трудоемкость, риски повреждения отделки и ошибки ручных измерений, повышая надежность и готовность систем в эксплуатации.

1. ВВЕДЕНИЕ

Автоматические водяные установки и ВПВ являются базовыми элементами противопожарной защиты зданий, однако в эксплуатации комплексные испытания чаще ограничиваются минимальными операциями, что ведет к снижению надежности, увеличению числа отказов, выявляемых по статистике и практическим наблюдениям. Автоматизация регламентных проверок и включение измерительных каналов и исполнительных органов в штатную архитектуру позволяет устранить человеческий фактор и расширить номенклатуру контролируемых параметров без остановки функционирования объекта.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Целью разработки является повышение уровня автоматизации процедуры проверки работоспособности АУСПТ и ВПВ, расширение контролируемых параметров и формирование доказательной базы результатов испытаний в электронном виде. Задачи включают синтез схемы врезки измерительных каналов, разработку алгоритмов испытаний под диктующие точки, формализацию критериев приемки и вычислительное сопровождение расчетных величин.

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытательные параметры и процедуры опираются на требования технического регулирования и перечня стандартов, применяемых при обслуживании АУСПТ и ВПВ, включая контроль расхода через диктующий ороситель, суммарного расхода, интенсивности орошения, давления и времени срабатывания, а также перечень операций по проверке автоматики и насосной станции, как структурировано в типовой таблице контролируемых параметров.

Для расчета расхода воды в системе используется уравнение непрерывности:

$$Q = A \cdot v,$$

где Q — расход жидкости, м³/с; A — площадь поперечного сечения трубы, м²; v — средняя скорость потока, м/с.

Потери напора определяются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta h = \lambda \frac{L v^2}{D 2g},$$

где Δh — потери напора, м; λ — коэффициент гидравлического сопротивления; L — длина трубопровода, м; D — диаметр, м; v — скорость, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с².

Суммарные потери давления в системе включают местные сопротивления по формуле:

$$\Delta h_{\text{мес}} = \sum \xi_i \frac{v^2}{2g},$$

где ξ_i — коэффициенты местного сопротивления для каждого элемента системы.

Для расчета токов нагрузки применяется закон Ома:

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — ток, А; U — напряжение, В; R — сопротивление цепи, Ом.

Мощность, потребляемая элементом сети, определяется выражением:

$$P = U \cdot I,$$

где P — мощность, Вт.

При расчетах автоматических систем учитывается формула для электромагнитных реле:

$$F = \frac{B^2 S}{2\mu_0},$$

где F — электромагнитная сила, Н; B — индукция, Тл; S — площадь полюсов, м²; μ_0 — магнитная постоянная, Гн/м.

Для систем автоматизации пожаротушения актуальны уравнения для передачи и обработки сигнала:

$$V_{\text{out}} = k \cdot V_{\text{in}},$$

где V_{out} — выходное напряжение, В; V_{in} — входное напряжение, В; k — коэффициент передачи.

Базовое дифференциальное уравнение работы интегратора (например, ПИД-регулятора):

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt},$$

где $y(t)$ — выход, $e(t)$ — ошибка, K_p, K_i, K_d — параметры регулятора.

4. АРХИТЕКТУРА РЕШЕНИЯ

Структурная схема предлагаемого решения представлена на рис. 1.

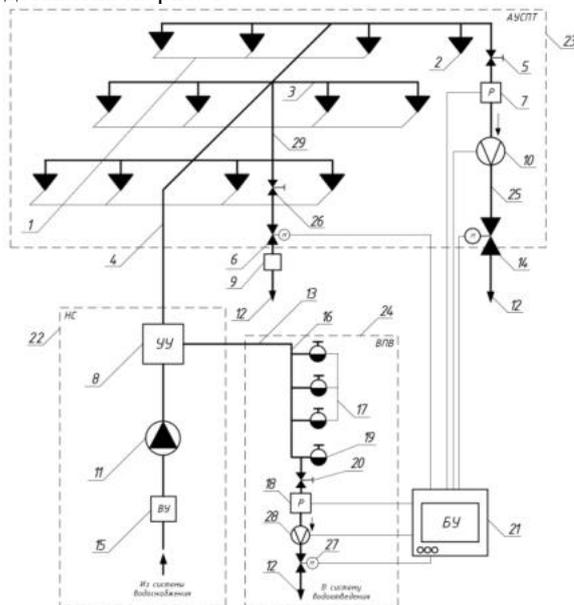


Рис. 1. Структурная схема автоматической системы контроля и диагностики, где 1 – спринклерные оросители; 2 – диктующий ороситель; 3 – распределительный трубопровод АУСПТ; 4 – питающий трубопровод АУСПТ; 5 – шаровый кран; 6 – задвижка с электроприводом АУСПТ; 7 – датчик давления; 8 – узел управления; 9 – дроссель; 10 – расходомер; 11 – пожарный насос; 12 – подключение к системе водоотведения; 13 – питающий трубопровод ВПВ; 14 – задвижка с электроприводом ВПВ; 15 – водомерный узел (ВУ); 16 – распределительный трубопровод ВПВ; 17 – пожарные краны; 18 – датчик давления; 19 – диктующий пожарный кран; 20 – шаровый кран; 21 – блок управления (БУ); 22 – насосная станция (НС); 23 – автоматическая установка спринклерного пожаротушения (АУСПТ); 24 – ВПВ; 25 – отводящие трубопроводы; 26 – шаровый кран; 27 – задвижка с электроприводом; 28 – расходомер; 29 – отводящий трубопровод диктующей группы оросителей АУСПТ

5. АЛГОРИТМ ИСПЫТАНИЙ

- Самотестирование измерительных каналов и проверка нулей/диапазонов датчиков давления и расходомеров с записью исходной метки времени.

- Испытание диктующего оросителя: открытие задвижки испытательной линии, вывод расхода и давления на стабилизированное значение, интегральный расчет и сравнение с нормируемым порогом.

- Испытание диктующей группы: последовательное или параллельное открытие по программе, суммирование расходов и оценка падения давления по расчетной и измеренной траекториям.

- Контроль ВПВ: измерение давления на диктующем пожарном кране, проверка работоспособности обводной задвижки ВУ и герметичности с фиксацией состояний.

- Насосная станция: автоматический пуск основного насоса, имитация отказа, проверка пуска резервного, контроль обратных клапанов и переходных процессов.

- Формирование протокола: верификация критериев приемки по каждому показателю, цифровая подпись и выгрузка результатов.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ И ЭФФЕКТЫ

Предлагаемая автоматизированная процедура исключает развертывание поддонов и сбор воды в зоне оросителей, снижая трудозатраты и вероятность повреждения отделки и оборудования, что было отмечено по результатам анализа типовых практик обслуживания и барьеров к проведению полноценной водоотдачи.

Электронная регистрация измерений обеспечивает трассируемость, сопоставимость с расчетными режимами и повторяемость тестов, что уменьшает риски и повышает готовность систем. Встроенные сценарии испытаний по диктующим точкам позволяют контролировать граничные режимы без вывода объекта из эксплуатации, что повышает надежность системы.

7. НОВИЗНА И ПРАВОВАЯ ОХРАНА

Новизна состоит в интегрированном способе испытаний АУСПТ и ВПВ с использованием отводящих линий и измерительных узлов в диктующих точках, автоматизированной логике переключений арматуры и насосов и формализованной процедуре оценки, исключающей сброс воды в защищаемые помещения. По результатам разработки подана заявка на регистрацию изобретения № 2025115488 от 03.06.2025, отражающая технические решения по автоматизации испытаний и диагностике, с приоритетом архитектурных признаков и алгоритмов испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы испытаний на работоспособность водяных и пенных АУП / Л. М. Мешман, Р. Ю. Губин, А. Г. Дидяев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 2. – С. 28-50. – DOI 10.18322/PVB.2016.25.02.28-50. – EDN VRCITH.

2. Пат. на полезную модель 129005 Российская Федерация. МПК А62С 35/00. Спринклерная установка пожаротушения / Танклевский Л. Т., Васильев М. А., Уткин С. В., Копылов С. Н.,

Мешман Л. М., Губин Р. Ю.-№ 2012151017/122012; заявл. 28.11.2012; опубл. 20.06.2013, Бюл.№ 17.

3. Фомичев, Л. Ю. Автоматизация процедуры проведения испытаний спринклерной установки пожаротушения и внутреннего противопожарного водопровода / Л. Ю. Фомичев // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Иваново, 22 апреля 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2025. – С. 431-435. – EDN GSNXLC.

4. ГОСТ Р 50680-94. Техника пожарная. Оросители спринклерные. Общие технические требования. Методы испытаний.

Я.Ю. Шадрина

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29А, Россия

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ЧАСТОТ РЕАЛИЗАЦИИ АВАРИИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЛОЩАДОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена промышленной безопасности площадочных объектов магистральных нефтепроводов.

Разработана методика оценки частот реализации аварии, основанная на балльно-факторном подходе. Определены факторы методики и проведена их оценка. На основе анализа обоснований безопасности был сформирован типовой перечень компенсирующих мероприятий. Произведен расчет индивидуального риска на примере типовой линейной производственно-диспетчерской станции.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенной методики для расчета риска на конкретном объекте с учетом факторов различной природы, влияющих на возникновение аварии на оборудовании и сооружениях. Результаты можно применить при диагностике оборудования, в системе производственного контроля, при экспертизе промышленной безопасности, а также реконструкции и эксплуатации.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

В настоящий момент трубопроводный транспорт занимает первое место по грузообороту в России. Его развитие напрямую влияет на формирование энергетической составляющей экономики страны. Современная нефтегазовая промышленность характеризуется огромными масштабами и сложностью инфраструктуры, находящейся в системе магистральных трубопроводов. Для обеспечения надежности транспортирования продуктов от мест добычи до точек передачи потребителям применяются площадочные объекты.

Аварии на данных объектах могут привести к угрозе жизни и здоровья персонала, а также к экологическому и материальному ущербу. Причинами аварий могут быть коррозия, разрушение сварных швов, износ, механические повреждения и неправильная эксплуатация – нарушение работы устройства или сооружения.

1.2 Актуальность

Ст. 6, п. 7 и Ст. 16.2, п. 2 Федеральных законов № 384-ФЗ и № 116-ФЗ, соответственно, позволяют на добровольной основе обеспечивать и контролировать соблюдение требований в области промышленной безопасности [1,2]. Это дает возможность эксплуатирующим организациям отступать от указанных требований. Однако существующие методики оценки риска аварий не

позволяют учитывать широкий круг технических, технологических и организационных факторов, влияющих на вероятность возникновения аварий на объектах нефтегазового комплекса, в т.ч. опасные производственные объекты (далее – ОПО) магистрального трубопроводного транспорта.

Для объективной оценки состояния магистральных трубопроводов лицам, принимающим решения, необходимы достаточные сведения о наиболее опасных участках объекта, вероятности возникновения возможных аварий на объекте трубопроводного транспорта, объемах материального ущерба и ущерба природной среде, а также разработке мер предотвращения аварий и мероприятий по снижению риска. Вся необходимая информация формируется в ходе анализа рисков аварий.

Таким образом, актуальность работы обусловлена важностью комплексного учета различных факторов, влияющих на частоту возникновения аварий на сооружениях и оборудовании ОПО при разработке компенсирующих мероприятий в случае необходимости отступления от требований в области безопасности или разработке мероприятий по снижению риска. На данный момент метод балльно-факторной оценки применяется только для анализа частоты аварий линейной части магистрального трубопроводного транспорта. Для площадочных объектов магистральных нефтепроводов аналогичный метод отсутствует.

1.3 Цель проведения исследования

Целью работы является разработка и применение подхода, основанного на балльно-факторной корректировке частоты аварии для площадочных объектов магистрального трубопроводного транспорта нефти.

1.4 Задачи

Задачи, решаемые в ходе исследования

1. Декомпозиция площадочных объектов;
2. Анализ методик оценки риска аварий на объектах магистрального трубопроводного транспорта;
3. Определение факторов влияния на вероятность возникновения аварии, разработка правил оценки;

4. Проведение оценки факторов и их весовых коэффициентов;

5. Верификация и апробация методики на типовой линейной производственно-диспетчерской станции (ЛПДС).

1.5 Балльная оценка факторов влияния для сооружений и оборудования

Анализ проектной документации позволил выявить сооружения и оборудование, которое могут присутствовать на ЛПДС. К площадочным объектам в рамках исследования отнесены:

- резервуары вертикальные стальные (далее – РВС);
- фильтры-грязеуловители вертикальные и горизонтальные (далее ФГВ/ФГГ);
- насосы в насосных станциях;
- технологические трубопроводы.

В ходе исследования был разработан нормативный подход. Таким образом, каждое положение из нормативных документов было принято за фактор или подфактор метода. Были проанализированы:

- 347 требований для РВС [3];
- 311 требований для ФГУ/ФГВ [4];
- 97 требований для насосов [5];
- 515 требований для технологические трубопроводы [6].

Разработаны 5 групп факторов, влияющих на вероятность аварии на площадочном объекте:

- технические (24 фактора и 1270 факторов для всех выбранных площадочных объектов);
- технологические (3 фактора);
- организационные (3 фактора);
- факторы внешней среды (4 фактора);
- эксплуатационные (6 факторов).

Для формирования факторов и подфакторов был использован Приказ Ростехнадзора N 517 [7]. Требования для группы «технические» взяты из соответствующих каждому площадочному объекту ГОСТ.

Частота реализации аварийной ситуации для каждого из площадочных объектов МТ определяется как (1.1):

$$P_a = P_{a0} \cdot \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{I_k} P_i \cdot q_{ki} \cdot \sum_{j=1}^{J_i} B_{ki}}{5}, \quad (1.1)$$

где P_a – частота возникновения аварии;

P_{a0} – вероятность возникновения аварии для среднестатистического оборудования (норматив);

P_i – вес k -й группы факторов;

q_{ki} – вес i -ого фактора k -й группы;

B_{ki} – балльная корректировка i -го фактора в k -й группе, определяемая после анализа состояния ОПО;

n_j – количество подфакторов в i -ом факторе.

Балльная корректировка факторов группы «Технические» осуществлялась в формуле (1.2):

$$B_{ki} = 5 + \sum_{j=1}^{J_i} B'_{kij}, \quad (1.2)$$

где B'_{kij} – балльная корректировка j -ого подфактора i -го фактора в k -й группе.

Введем ограничение: в случае если $\sum_{j=1}^{J_i} B'_{kij} > 5$, то $\sum_{j=1}^{J_i} B'_{kij} = 5$, если $\sum_{j=1}^{J_i} B'_{kij} < -5$, то $\sum_{j=1}^{J_i} B'_{kij} = -5$.

Для каждого пункта из разделов ГОСТ для группы «технические» были определены баллы, характеризующие степень влияния нарушения требований пункта на частоту возникновения аварии для всех площадочных объектов в диапазоне от 0 до 5.

Балл	Степень влияния
0	Влияние отсутствует
1	Слабое влияние
2	Умеренное влияние
3	Существенное влияние
4	Сильное влияние
5	Максимальное влияние

Принцип балльной корректировки оценок заключается в следующем: невыполнение требования, описанного в подфакторе, приводит к увеличению балла корректировки, что увеличивает вероятность аварии. Аналогично, ужесточение требований в рамках подфактора приводит к уменьшению балла корректировки и, соответственно, к снижению вероятности аварии. Средняя оценка была принята за «0».

Анализ обоснований безопасности опасных производственных объектов позволил выявить типовой комплекс мероприятий, компенсирующих отступления от требований промышленной безопасности. Данные мероприятия были соотнесены с балльной корректировкой подфакторов методики.

1.6 Определение весовых коэффициентов

Было проведено анкетирование по определению степени влияния различных факторов и групп факторов на вероятность аварии на площадочных объектах с помощью метода парных сравнений на платформе Yandex Forms.

Метод попарных сравнений – это метод экспертных оценок, который помогает установить весовые коэффициенты влияния различных параметров системы на конечный результат.

В сравнении с методом анализа иерархий (МАИ) шкала важности фактора (группы фактора) в рассматриваемом методе выглядит следующим образом:

Балл	Балл в соответствии с МАИ	Пояснение
0	1	Равная важность

Балл	Балл в соответствии с МАИ	Пояснение
1	3 – 1/3	Слабое превосходство
2	5 – 1/5	Умеренное превосходство
3	7 – 1/7	Существенное превосходство
4	9 – 1/9	Значительное превосходство

Применение метода основано на попарном сравнении факторов между собой. Цель метода: выявить более значимые относительно других факторы. Эксперты принимают решение о приоритетности факторов в паре, на основе этих попарных сравнений формируется матрица предпочтений.

В опросе принимала участие малая научная группа. Каждый из факторов (групп факторов) сравнивался с другими попарно. Пример опросов представлен на рисунке 1.

По причине негативного влияния какого фактора более вероятно возникновение аварии?

1. Сравните фактор "Требования к проектированию резервуаров" (ПрРез) с нижеперечисленными факторами.
 Полное превосходство "ПрРез" приравнивается к "-4" баллам.
 Равнозначная важность факторов оценивается в "0" баллов.

"Требования к изготовлению конструкций"

-4 (ПрРез) -3 -2 -1 0 1 2 3 4

"Монтаж"

-4 (ПрРез) -3 -2 -1 0 1 2 3 4

"Сварка резервуара"

-4 (ПрРез) -3 -2 -1 0 1 2 3 4

"Срок службы и обеспечение безопасной эксплуатации резервуаров"

-4 (ПрРез) -3 -2 -1 0 1 2 3 4

"Испытания и приемка резервуаров"

-4 (ПрРез) -3 -2 -1 0 1 2 3 4

Рис. 1 – Пример анкеты для группы «технические»

После проведения опросов были сформированы матрицы и рассчитаны веса факторов (групп факторов). Таким образом, доля группы «эксплуатационные» – 0,32, доля группы «технические» – 0,25, «технологические» – 0,23, «факторы внешней среды» – 0,12, «организационные» – 0,08.

Факторы с наибольшими весами в каждой из групп:

- «Контроль воздушной среды на наличие утечек» в группе «эксплуатационные» – 0,29;
- «Система автоматизированного контроля» в группе «технологические» – 0,66;
- «Организация диагностирования, экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ), осмотров и ремонтов» в группе «организационные» – 0,64;

– «Климатические условия» в группе «факторы внешней среды» – 0,48.

В группе «технические» для разных площадочных объектов наибольшими весовыми коэффициентами обладают:

- «Испытания и приёмка резервуара» для РВС – 0,38;
- «Требования безопасности и/или меры безопасности» для насоса – 0,8;
- «Требования к сварке и термической обработке» для технологических трубопроводов – 0,28;
- «Требования безопасности» для ФГГ/ФГВ – 0,33.

1.7 Апробация методики

В качестве объекта для верификации и апробации методики был выбрана ЛПДС, на которой находится одна нефтеперекачивающая станция – НПС.

НПС включает в себя следующие элементы:

- резервуары вертикальные стальные;
- магистральную насосную станцию с насосными агрегатами;
- площадку ФГ с электроприводными задвижками;
- систему технологических трубопроводов для транспортирования нефти.

Расчет частот реализации аварийных ситуаций для каждого из площадочных объектов МТ произведен по формуле (1.1). Для группы технических факторов важно учесть формулу (1.2).

Данные о частотах разгерметизации для каждого из площадочных объектов взяты из Приказа Ростехнадзора N 387 [8]. Сравнение вероятностей аварии до и после применения методики приведено в таблице.

Площадочный объект	P_{a0} (год ⁻¹)	P_a (год ⁻¹)
РВС	$1 \cdot 10^{-5}$	$0,53 \cdot 10^{-5}$
Технологический трубопровод	$5 \cdot 10^{-7}$	$3,88 \cdot 10^{-7}$
ФГ	$1 \cdot 10^{-5}$	$0,68 \cdot 10^{-5}$
Насос	$1 \cdot 10^{-5}$	$0,28 \cdot 10^{-5}$

Программный комплекс «TOXI+Risk 5» дает визуальное представление результатов на конкретных планах, а также оценивает количество людей, которые попадают в зону действия опасных факторов. Кроме этого, программа строит поля потенциального риска, высчитывает коллективный, индивидуальный и социальные риски.

Исходные данные и результаты расчета были заложены в программу и посчитаны поля потенциального риска (рисунки 3, 4).

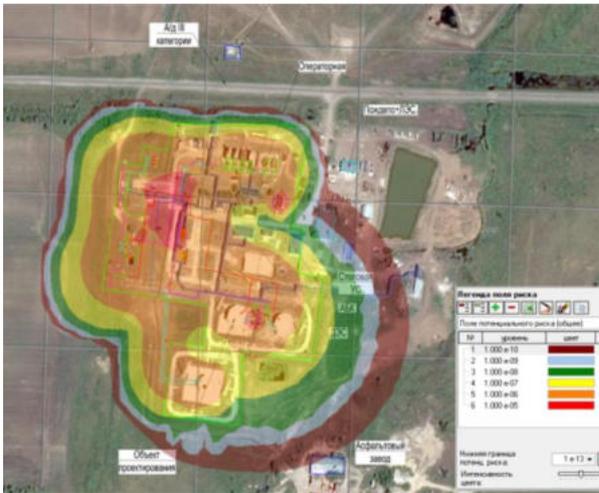


Рис.3 – Исходное поле потенциального риска.

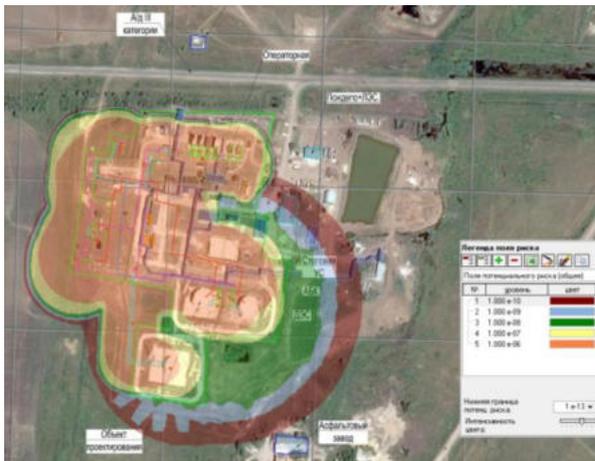


Рис. 4 – Поле потенциального риска (с учетом компенсирующих мероприятий).

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования разработан и применен метод балльной оценки: проведен анализ чувствительности частоты аварий к изменению условий функционирования объекта, произведён расчет вероятности аварии на площадочных объектах магистрального трубопроводного транспорта нефти и построены поля потенциального риска для нефтеперекачивающей станции до и после применения метода в программном комплексе «ТОХИ+Risk 5».

Преимущество данного подхода заключается в возможности учета состояния конкретного объекта магистрального нефтепровода и условий его эксплуатации, что позволяет провести более точную оценку риска для данного объекта.

Лица, принимающие решения, применяя метод балльной оценки, смогут разработать эффективные меры по предупреждению аварии на объектах, которые будут адаптированы к конкретному объекту и месту его расположения и оптимально инвестировать средства организации в слабые места системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 03.09.2025).
2. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 03.09.2024).
3. ГОСТ 31385–2023. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – URL: https://rsm-mash.ru/docs/gost_rvs_31385_2023.pdf (дата обращения: 10.09.2025).
4. ГОСТ 33368–2015. Межгосударственный стандарт. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Фильтры. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <https://tehcontent.ru/Data/62401.pdf> (дата обращения: 10.09.2025).
5. ГОСТ 31839–2012. Межгосударственный стандарт. Насосы и агрегаты насосные для перекачки жидкостей. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101511> (дата обращения: 10.09.2025).
6. ГОСТ 32569–2013. Межгосударственный стандарт. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200111138> (дата обращения: 10.09.2025).
7. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2020 № 517 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573174913?marker=6520IM> (дата обращения: 10.09.2024).
8. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2020 № 387 [Электронный ресурс]. – URL: <https://kubancentr.ru/images/docs/Prikaz-Rostekhnadzora-ot-03.11.2022-N-387.pdf> (дата обращения: 11.09.2025).

М.А. Эрднеева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург (Российская Федерация)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОРРОЗИИ НА ГАЗОПРОВОДАХ

1. АННОТАЦИЯ

Статистика показывает, что аварийные ситуации, связанные с разгерметизацией газопроводов, не исключены. Такие инциденты могут приводить к травмам сотрудников, в том числе с летальным исходом. В связи с этим, вопросы обеспечения безопасности персонала имеют первостепенное значение. Данная работа посвящена разработке системы мониторинга коррозии на трубопроводах, которая позволит своевременно выявлять признаки коррозии и предотвращать разгерметизацию, следствием которой являются в том числе и случаи травматизма работающего персонала. Предложен математический аппарат на основе методов статистики и теории вероятностей, позволяющий определить вероятность разгерметизации и, как следствие, аварии. Также, была проведена оценка эффективности предложенных мероприятий.

2. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях газовая отрасль остается одной из ключевых для экономики России, обеспечивая энергетическую безопасность и стабильное развитие страны. Однако сложность и масштабность проектов, а также специфика работы в строительном и газовом секторе сопряжены с высокими рисками для здоровья и безопасности персонала. Статистика показывает, что аварийные ситуации, связанные с разгерметизацией газопроводов, могут приводить к травмам сотрудников, в том числе с летальным исходом [1].



Рисунок 2 – Участок газопровода [составлено авторами]

Согласно данным Ростехнадзора за 2022–2024 годы на объектах газораспределения и

газопотребления было зафиксировано 74 аварии, в результате которых были зафиксированы случаи травматизма, в том числе со смертельным исходом. При этом, аварии связанные с разгерметизацией трубопровода в результате коррозионных повреждений, составляли 18% от общего числа аварий, а число несчастных случаев – 15% от их общего числа.

Для предотвращения разгерметизации трубопроводов целесообразно использовать систему датчиков коррозии, обеспечивающую:

- непрерывное отслеживание состояния газопровода;
- своевременное выявление очагов коррозии;
- оперативное принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций;
- минимизация времени пребывания персонала в зонах повышенного риска [2].

Применение системы мониторинга позволяет реализовать принцип защиты расстоянием и временем. Это означает, что благодаря автоматическому контролю и своевременному оповещению о возможных проблемах, сотрудники будут находиться вблизи потенциально опасных участков значительно меньше времени.



Рисунок 2 – Крепление датчиков коррозии [составлено авторами]

Постоянный мониторинг с использованием датчиков, основанный на непрерывном мониторинге, сосредоточен на отслеживании ключевых показателей работы системы, таких как давление газа, температура и уровень вибрации на компрессорных станциях. Этот подход позволяет оперативно фиксировать любые отклонения в параметрах, которые могут сигнализировать о потенциальных неисправностях, однако он не дает

возможности детально оценить состояние газопровода или выявить скрытые дефекты [2, 3].

В условиях эксплуатации газопровода непрерывный мониторинг демонстрирует значительные преимущества, обеспечивая мгновенную реакцию на изменения состояния оборудования, что позволяет минимизировать риски аварийных ситуаций. Это особенно важно для защиты персонала, работающего вдоль трассы, и предотвращения негативного воздействия на экосистемы, включая болотистые территории и прибрежные зоны. Такой подход повышает общий уровень безопасности, снижая вероятность инцидентов, способных в том числе нанести ущерб окружающей среде [4].

Интеграция непрерывного мониторинга с ультразвуковой дефектоскопией формирует гибридную систему, которая оптимально сочетает преимущества обеих технологий: постоянное наблюдение за текущими параметрами работы оборудования и детализированную диагностику скрытых дефектов. Такой подход позволяет оперативно реагировать на изменения, одновременно выявляя потенциальные угрозы на ранних стадиях, что особенно важно для обеспечения бесперебойной работы магистрали, пересекающей экологически чувствительные регионы. Гибридные системы не только повышают безопасность и стабильность эксплуатации, но и способствуют увеличению срока службы оборудования [5].

3. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Предложенный метод оценки вероятности разгерметизации газопровода основан на обработке информации, поступающей от датчиков коррозии. Датчики, работающие по принципу определения электрического сопротивления, передают информацию о величине данного показателя на блок обработки данных. Периодичность измерений при этом составляет 5 минут. Установленный период измерений для систем данного типа составляет 10 часов.

Таким образом, за период измерений фиксируется 120 значений электрического сопротивления. В целях проведения математического анализа на основе методов статистики необходимо произвести распределение значений относительно порогового, установленного для данной системы.

Вероятность разгерметизации газопровода в результате коррозии предлагается рассчитывать в рамках математической модели на основе критерия максимального правдоподобия:

$$K = \frac{A}{a} \quad (1)$$

где K - отношение правдоподобия; A – число превышений порогового значения; a - число значений ниже порога;

$$M = \frac{a}{\Sigma} \quad (2)$$

где M - плотность распределения; Σ – суммарное число значений электрического сопротивления;

$$L = K \cdot M \quad (3)$$

где L - вероятность разгерметизации трубопровода.

В целях оценки вероятности несчастного случая предлагается проводить сопоставление полученной величины вероятности разгерметизации трубопровода с предельной величиной, устанавливаемой на основе обработки статистических данных.

Расчет предельной величины предлагается осуществлять на основе теоремы Байеса. Формула будет иметь следующий вид:

$$L_{\text{п}} = \frac{b \cdot R_{\text{п}}}{B} \quad (4)$$

где $L_{\text{п}}$ - предельная величина вероятности разгерметизации трубопровода; $R_{\text{п}}$ - величина приемлемого риска (концепция приемлемого риска), $2,5 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹; b – отношение несчастных случаев в результате разгерметизации трубопровода к общему количеству случаев травматизма; B - риск травматизма на трубопроводе, год⁻¹.

В случае, если величина L превышает $L_{\text{п}}$, необходимо оповестить работников предприятия, занятых на данном участке трубопровода, о возможности аварии, остановить работы и организовать экстренный вывод персонала с участка.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Апробация математической модели была проведена для газопровода, находящегося на территории Ленинградской области для безаварийного режима работы, а также для ситуации, при которой произошла разгерметизация.

В первом случае было зафиксировано лишь одно превышение допустимого значения электрического сопротивления. Соответственно, вероятность разгерметизации составляла 0,008 (0,8%).

Во втором случае было выявлено 43 превышения пороговой величины. Вероятность разгерметизации в данном случае составила 0,36 (36%). Пороговое значение, определяемое по формуле 4 для отрасли, было равным 0,26 (26%), что свидетельствует о том, что допустимый риск травматизма на данном участке газопровода был превышен.

Параметр	Значение
Приемлемый риск, год ⁻¹	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Число несчастных случаев при разгерметизации трубопроводов	2
Общее число несчастных случаев на трубопроводах	9
Количество работников в отрасли, чел	122114
Предельная величина вероятности разгерметизации трубопровода	0,26

Таблица 1 – Расчет пороговой величины электрического сопротивления для трубопроводов [составлено авторами]

5. ВЫВОДЫ

В работе рассмотрен вопрос оценки вероятности разгерметизации трубопровода на основе обработки данных, поступающих от датчиков коррозии. Предложена математическая модель на основе методов математической статистики и теории вероятностей, позволяющая получить количественное значение вероятности разгерметизации.

На основе обработки статистических данных предлагается устанавливать допустимую пороговую величину вероятности разгерметизации, при превышении которой необходимо принимать решение о возникновении риска аварии и, при нахождении на данном участке трубопровода работников, случаев травматизма.

Также, проведена апробация предложенной модели для одного из трубопроводов

Ленинградской области для безаварийного режима работы и для случая разгерметизации. Установлено, что во втором случае допустимое значение электрического сопротивления было превышено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Popov G., Bolobov V., Zhuikov I., Zlotin V. Development of the Kinetic Equation of the Groove Corrosion Process for Predicting the Residual Life of Oil-Field Pipelines // Energies. 2023, 16(20). DOI: 10.3390/en16207067.
2. Александров О. Ю., Исупова Е. В., Агиней Р. В. Обзор результатов исследования влияния геомагнитноиндуцированных токов на подземные магистральные нефтегазопроводы // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2017. — No 1. — С. 45–50.
3. Земенкова М. Ю., Чижевская Е. Л., Земенков Ю. Д. Интеллектуальный мониторинг состояний объектов трубопроводного транспорта углеводородов с применением нейросетевых технологий // Записки Горного института. 2022. Т. 258. С. 933–944. DOI: 10.31897/PMI.2022.105.
4. Ревазов А. М., Лежнев М. А. Влияние аварий на объектах трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. No 6 (303). С. 12–17. DOI: 10.33285/2411–7013–2021–6(303)-12–17.
5. Мастобаев Б. Н., Аскарров Р. М., Китаев С. В., Рафиков С. К., Усманов Р. Р., Чучкалов М. В., Исламов И. М. Выявление потенциально опасных участков магистральных газопроводов на пересечениях с геодинамическими зонами // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2017. No 3 (61). С.38–43

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАНЦЕВЫХ ЛЕСНЫХ ОГNETУШИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

АННОТАЦИЯ

Успех борьбы с природными пожарами во многом зависит своевременности их обнаружения и быстрого принятия мер. Одним из наиболее простых и часто применяемых технических средств является ручной ранцевый огнетушитель. Актуальным является разработка конструктивно-технических решений, обеспечивающих экономное расходование огнетушащих средств. В работе представлены разработки ранцевых парогенераторных огнетушителей и распыливающих насадок к стандартным ранцевым огнетушителям. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать вывод об эффективности использования распыленной воды, двухфазных сред и водяного пара как эффективных средств пожаротушения природных пожаров низкой и средней интенсивности

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Каждый год природные пожары наносят значительный вред людям и экосистеме

Известно, что около 85-90 % лесных пожаров возникают в районах с интенсивным лесным хозяйством, а их охваченные площади составляют 15-20 % от всех зарегистрированных пожаров [1].

Основной проблемой при этом является отсутствие водоисточников в непосредственной близости от места возникновения природного пожара. Во многих случаях распространение пожара можно было бы предотвратить при своевременном оперативном тушении очагов возгорания, мониторинге мест отдыха людей и оперативном дотушивании костров и т.д.

Цель данного исследования заключается в увеличении эффективности тушения природных пожаров в условиях нехватки водных ресурсов.

Для достижения намеченной цели были поставлены **следующие задачи:**

-На основе проведенного анализа определить эффективные метод борьбы с природными пожарами, выбрать огнетушащие средства, соответствующие необходимым характеристикам и экономической целесообразностью.

-Провести теоретические исследования свойств распыленной воды, водяного пара, а также различных сочетаний и составов в качестве средств борьбы с огнем.

-Разработать распыливающие устройства, насадки для ранцевых лесных огнетушителей, устройства для генерации водяного пара и установить их оптимальные конструкторские и технологические характеристики.

-Провести экспериментальное исследование эффективности применения разработанных устройств и составов для тушения различных источников возгорания.

Объект исследования – свойства распыленной воды, водяного пара и двухфазных жидкостей как огнетушащих средства и эксплуатационно-технические показатели разработанных установок.

Предмет исследования – разработанные парогенераторные лесные огнетушители и лесные огнетушители, оборудованные распыливающими насадками с соответствующими параметрами.

Методы исследований. В качестве основных методов использовались: аналитическое описание процессов на основе известных законов и методов классической механики, гидравлики, теплотехники и математического анализа; методика планирования многофакторного эксперимента, оценка достоверности и адекватности результатов. Обработка результатов проводилась методами математической статистики при помощи ЭВМ с использованием стандартных программ Microsoft Excel, Statistica.

Научная новизна:

-Исследованы характеристики распыленных водных составов, струи водяного пара, двухфазных сред, влияющих на эффективность тушения, получены теоретические закономерности.

-Установлены возможные механизмы тушения, -Обоснованы и разработаны распыливающие насадки для ранцевых лесных огнетушителей и парогенераторные лесные огнетушители (автономная и электрическая).

-Проведена экспериментальная оценка эксплуатационных показателей работы разработанных устройств.

1 АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ. ПРОБЛЕМЫ ТУШЕНИЯ

Каждый год в России фиксируют от 10 до 35 тысяч лесных пожаров и это до 2,5 миллиона гектаров. Согласно информации Рослесхоза, ежегодный ущерб от лесных пожаров в среднем достигает примерно 20 миллиардов рублей [2].

Основная причина возникновения лесных пожаров связана с хозяйственной деятельностью людей, (более 80%).

Причины лесных пожаров в значительной степени зависят от уровня освоенности лесных

территорий. В зонах активного лесного хозяйства происходит около 85-90 % всех пожаров. В удаленных регионах лесные пожары составляют 10-15%, однако они поражают 80-85% от общей площади всех пожаров из-за значительных задержек в их выявлении [1].

Мобильность является решающим фактором при тушении лесных пожаров. Проблема осложняется тем, что пожарные машины не могут проникнуть вглубь леса, а запаса воды, подвозимых транспортными средствами хватает только на несколько минут.

Скорость распространения в большинстве случаев определяется: влажностью и запасом горючих материалов, рельефом местности, скоростью ветра и др. Известно, например, что при влажности более 13%, горение прекращается [1].

Критическое значение запаса горючих материалов, например для опада хвои $m=0,1 \text{ кг/м}^2$. При меньшем значении, горение также прекращается.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПРИ ТУШЕНИИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ. СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ

Способы тушения природных пожаров можно классифицировать согласно рисунку 2.1 [3].



Рисунок 1- Способы тушения природных пожаров

Вода является наиболее распространённым средством тушения пожара. Она характеризуется высокой теплоёмкостью (4,19 кДж/кг), значительной теплотой парообразования (2260 кДж/кг) и химической нейтральностью [1].

Струя воды увеличивает содержание влаги в лесном горючем материале, охлаждает зону пиролиза, разбавляет горючие газы. Минусом является значительный расход воды и отсутствие водосточников в непосредственной близости с возникновением пожара.

Для повышения огнетушащей эффективности и уменьшения расхода в воду вводят добавки, повышающие смачивающую способность.

Эффективность тушения пожара водой можно повысить, применяя её в распылённом виде.

При орошении водой в виде мелких капель происходит интенсивное парообразование, что

снижает температуру в очаге и уменьшает концентрацию горючих веществ.

Самыми простыми и широко используемыми устройствами считаются ручные ранцевые огнетушители. С их помощью можно как напрямую тушить огонь, так и создавать защитные полосы с использованием химического раствора. Достоинством является простота, возможность регулирования геометрии струи.

Таким образом, крайне важно улучшать методы и технологии для борьбы с лесными низовыми пожарами, разрабатывать новые технические средства обладающие надёжностью, простотой, не высокой стоимостью и высокими техническими характеристиками.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ, ДВУХФАЗНЫХ СРЕД И ПАРА В РОЛИ ОГНЕТУШАЩИХ СРЕДСТВ

Распыленная вода. Эффективность воды и водных растворов для тушения огня можно повысить, распыляя их в очаг пожара.

Когда капля жидкости падает на твердую поверхность, она изначально принимает сферическую форму (рис. 2 а), затем растекаться до высоты h (рис. 2 б) и минимальной толщины Δ (рис. 2 в), что определяется соотношением силы тяжести и поверхностного натяжения.

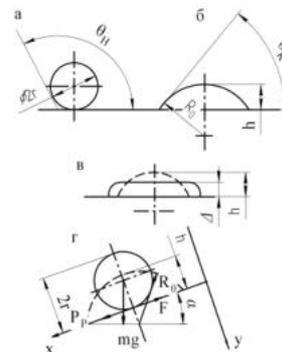


Рисунок 2– Расчетные схемы смачивания На каплю, лежащую на поверхности под углом α , действуют две силы: тяжести mg и трения F

$$mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_f g, \quad (1)$$

$$F = \mu S \frac{dv}{dy}, \quad (2)$$

где r – радиус капли; ρ_f – плотность; μ – вязкость; $\frac{dv}{dy}$ – градиент скорости по высоте слоя площадью S .

$$\text{Сила растекания: } F_A = a_1 r k_Y (1 - \cos\theta), \quad (3)$$

где k_Y – коэффициент поверхностного натяжения; θ – краевой угол смачивания. a_1 – коэффициент, учитывающий изменение S и r .

Краевой угол θ начальной стадии растекания $\theta_H (\theta_{Hmax} = \pi)$, конечной – θ_K . Тогда:

$$F_{cp} = \frac{a_1 r \sigma \int_{\theta_H}^{\theta_K} (1 - \cos\theta) d\theta}{\theta_H - \theta_K} = a_1 r \sigma \beta, \quad (4)$$

где β – коэффициент формы капли ($0 < \beta \leq 1$)

$$\beta = \frac{\int_{\theta_H}^{\theta_K} (1 - \cos\theta) d\theta}{\theta_H - \theta_K}, \quad (5)$$

В общем случае, когда $\theta_H \neq \pi$, $\theta_K \neq 0$

$$\beta = 1 - \frac{\sin\theta_K - \sin\theta_H}{\theta_H - \theta_K}, \quad (6)$$

При полном растекании $\theta_H = \pi$, $\theta_K = 0$

$$F_{CP} = 2\pi r \sigma, \quad (7)$$

Для растворов $\theta_K \neq 0$, тогда

$$F_{CP} = 2\pi r \sigma \beta, \quad (8)$$

При создании заградительной полосы минимальный слой жидкости Δ и требуемое условие смачивания:

$$h_{CP} > \Delta, \quad (9)$$

где h_{CP} – толщина пленки жидкости. Чтобы достичь критического уровня влажности, толщина слоя жидкости должна быть не менее 0,1 мм.

Учитывая, что скорость перемещения оператора с огнетушителем постоянная ($V_p = \text{const}$):

$$h_{CP} = \int q(L) dt = \int q(L) \frac{dL}{V_p}, \quad (10)$$

q – производительность ранцевого лесного огнетушителя, л /мин; V_p – скорость, равная скорости тушения кромки пожара, м/мин;

L – длина кромки низового лесного пожара, м.

Линейная интенсивность Q' и время её подачи τ при тушении кромки низового лесного пожара длиной l м:

$$Q' = \frac{q\tau k}{L}, \quad (11)$$

где τ – время тушения; k – коэффициент времени.

Средний слой жидкости, выливаемый за время движения оператора с РЛЮ-М, м:

$$h_{CP} = \frac{0,001q}{BV_p}, \quad (12)$$

где B – ширина захвата, м;

Важное значение имеет ширина факела распыла, определяемая геометрией распыливающей насадки и давлением воды.

Водяной пар. Струя водяного пара известна своим охлаждающим эффектом на область горения. В результате процесса охлаждения может понижаться интенсивность горения или оно может полностью прекратиться.

В процессе парообразования удельный объем воды резко увеличивается. Так, например, для воды при $p = 0,1$ МПа удельный объем кипящей воды $V = 0,00104$ м³/кг. Удельный объем сухого насыщенного пара равен 1,696 м³/кг [3].

Соотношение между скоростью истечения пара w_2 , диаметром сопла и расходом [1]:

$$D = 2 \sqrt{\frac{G_c}{\pi w_2 \rho_{ПАР}}}, \quad (13)$$

где G_c – секундный расход пара, кг/с; w_2 – скорость паровоздушной смеси, $\rho_{ПАР}$ – плотность паровоздушной смеси.

4 КРАТКАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования эффективности тушения природных пожаров с использованием распыленной воды, пара и двухфазных смесей были созданы специальные технические средства. В частности, для ранцевых лесных огнетушителей РЛЮ-М и Ермак были разработаны распыливающие насадки с разными углами распыла для разных значений расхода (рис.3)

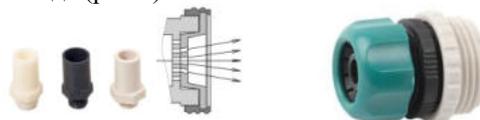


Рисунок 3-Разработанные насадки

А также для исследования тушения паром:

1. Автономная мини-установка для генерации пара.
2. Электрический парогенераторный огнетушитель.

Для подтверждения теоретических исследований определялись:

- геометрические характеристики распыленных струй воды и пара;
- режимы тушения (скорость, время и интенсивность);
- угол смачивания при использовании водных растворов;
- толщина пленки конденсата.



Автономная установка



Электрическая установка

Рисунок 4 - Разработанные устройства

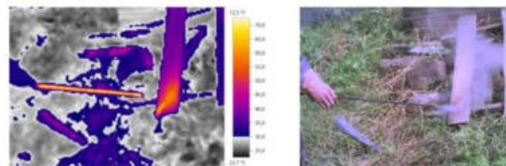


Рисунок 5- Эффект смачивания



Рисунок 6- Электрический парогенераторный огнетушитель при работе

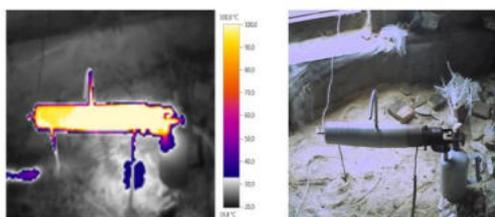


Рисунок 7- Адаптация расположения нагревательного элемента и защиты корпуса



Рисунок 8- Оценка эффективности тушения

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рисунке 9 показаны результаты исследований углов смачивания в зависимости от времени работы установки t с использованием ранцевого лесного огнетушителя РЛО-М различными водными составами и разработанными насадками.

Исследования показывают, что поверхность ЛГМ практически не поддается смачиванию, и без добавления специальных веществ (смачивателей) имеет низкую эффективность, требует большой расход воды.

При применении водного раствора со смачивателем, краевой угол становится меньше и снижает дальше свои значения при длительном воздействии.

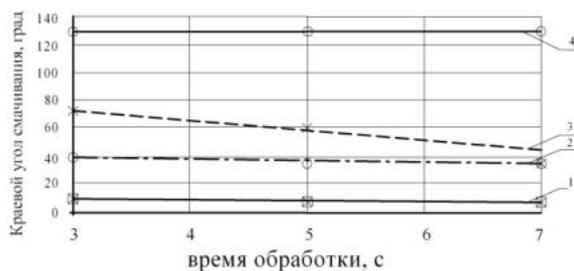


Рисунок 9 – Зависимость краевого угла от времени работы: 1–расстояние от сопла насадки 1м, смачиватель; 2–2м, смачиватель; 3–3м, смачиватель; 4–чистая вода без смачивателя.

Разработанные многоструйные насадки позволяют повысить равномерность распыливания, рис. 10.

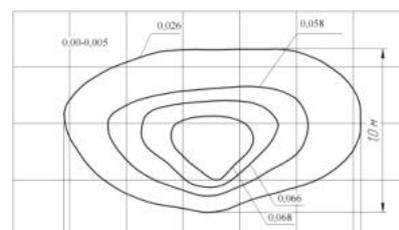


Рисунок 10– Эпюры интенсивности (разработанная многоструйная насадка)

С интенсивностью от 0,068 до 0,058л/м² орошается порядка 35% всей площади, с интенсивностью 0,026-0,058л/м² с орошается около 20%.

Эффективность водяного пара. Результаты измерений показали, что на выходе из насадки парогенераторного огнетушителя температура порядка 75°С. В диапазоне расстояния от 0,8 до 1,0 м наблюдается активная конденсация пара.

Толщина слоя конденсата определяется скоростью переноса источника пара, или другими словами зависит от человека с парогенераторным огнетушителем. Эффективная расчетная скорость для этого составляет примерно 2 км/ч.

Массовая доля конденсата в зависимости от расстояния от сопла представлена на рис. 11.

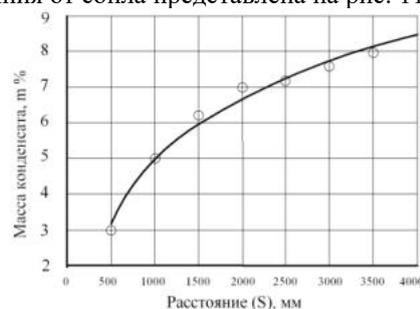


Рисунок 11 –Массы конденсата в струе пара
Зависимость толщины конденсата от скорости перемещения оператора с парогенераторным огнетушителем – на рисунке 12.

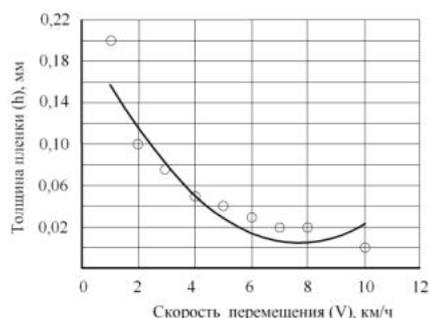


Рисунок 12- Зависимость толщины конденсата от скорости перемещения парогенераторного огнетушителя

Проведенные исследования показали:

–необходимый расход пара составляет 1,9-2 кг на один килограмм древесины.

–полное прекращение горения травы и веток осуществлялось в зоне непосредственного воздействия струи – до 2,5 метров от сопла;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что распыленная вода и водяной пар могут использоваться как непосредственные средства тушения низовых лесных пожаров средней и низкой интенсивности, так и средства создания опорных полос, обеспечивают экологическую безопасность и позволяют уменьшить расход воды

Обозначения:

ЛГМ-лесные горючие материалы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Бенин Д.М., Журавлева Л.А. Тушение природных пожаров в условиях дефицита водных ресурсов. Монография. 2021. 122с.
2. Лесхозснаб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://protivpzhara.com/>
3. Щербаков И.С. Методика тушения низовых лесных пожаров с использованием струи переохлажденного водяного пара: дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2005. – 149 с.



Секция 2

Разработка и совершенствование СИЗ

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩИХ ИГР ДЛЯ ДЕТЕЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

АННОТАЦИЯ

В данной научной работе исследуется разработка обучающих игр для детей, направленных на обучение правильному использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ) в условиях чрезвычайных ситуаций. В процессе исследования выявлены особенности обучения детей младшего и старшего школьного возраста и разработаны обучающие игры. Они разработаны с учетом возрастных особенностей, что способствует интерактивному и увлекательному процессу обучения. В заключении предложены рекомендации по внедрению данных игр в образовательные программы, подчеркивающие важность раннего обучения детей основам безопасности.

1. Актуальность темы

В современном мире дети сталкиваются с различными угрозами, связанными с чрезвычайными ситуациями (ЧС), такими как техногенные аварии, природные катастрофы и т.д. Обучение детей правильному поведению в таких ситуациях является важной задачей, поскольку от этого зависит их безопасность и жизнь. Средства индивидуальной защиты (СИЗ) играют ключевую роль в защите человека от воздействия опасных факторов ЧС. [1] Однако, традиционные методы обучения, такие как лекции и инструкции, не всегда эффективны для детей, особенно младшего возраста. В связи с этим, разработка обучающих игр, направленных на формирование у детей навыков применения СИЗ, становится актуальной задачей.

2. Проблема исследования

Проблема исследования заключается в недостаточной эффективности традиционных методов обучения детей применению СИЗ в условиях ЧС. Дети, особенно младшего возраста, часто не воспринимают информацию, подаваемую в форме лекций или инструкций. Это связано с особенностями их восприятия и когнитивного развития. В результате, дети могут оказаться неподготовленными к действиям в реальных чрезвычайных ситуациях. [2]

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования: разработка обучающих игр, направленных на формирование у детей навыков применения СИЗ в условиях ЧС.

Задачи исследования:

1. Изучить особенности обучения детей старшего и младшего возраста.

2. Проанализировать виды СИЗ, используемых в условиях ЧС.

3. Разработать настольную игру для детей старшего возраста, направленную на обучение применению СИЗ.

4. Разработать игру для детей младшего возраста, направленную на обучение применению СИЗ.

Объект исследования: Обеспечение индивидуальной защиты детей школьного возраста в условиях чрезвычайной ситуации. [3]

Предмет исследования: Сформированность навыков выбора и правильного использования СИЗ у детей школьного возраста в результате авторской программы

Научная новизна: Разработка оригинальной концепции обучающих игр, адаптированных для детей, с учетом специфики обучения применению СИЗ в условиях ЧС.

Практическая значимость: Разработанные игры могут быть использованы в дошкольных и школьных учреждениях, в программах по ОБЖ, МЧС, а также родителями для обучения детей.

4. Основная часть

4.1. Особенности обучения детей разного возраста

Дети старшего школьного возраста (14-18 лет) обладают развитыми когнитивными способностями, что позволяет им усваивать сложные концепции и абстрактные идеи. Однако, они также нуждаются в интерактивных и увлекательных формах обучения, которые стимулируют их интерес и мотивацию. В этом возрасте дети предпочитают активные формы обучения, такие как игры, проекты и дискуссии. [4]

Младшие школьники (6-8 лет) эффективнее усваивают информацию через яркие образы и практические действия, поэтому обучение должно быть наглядным и интерактивным. Они эмоционально открыты и легко увлекаются интересными занятиями, но их внимание удерживается недолго (около 15-20 минут), что требует коротких и динамичных игр. Дети этого возраста любят подражать взрослым и развивать мелкую моторику, поэтому игры должны включать элементы подражания, совместной деятельности и использования наглядных материалов. [5]

4.2. Виды СИЗ, используемых в условиях ЧС

Средства индивидуальной защиты включают в себя различные устройства и материалы, предназначенные для защиты человека от воздействия опасных факторов. [6] К ним относятся:

- Противогазы и респираторы — защищают органы дыхания от вредных газов, дыма и аэрозолей.
- Защитная одежда и обувь — предназначены для защиты кожи от химических веществ, огня, высоких температур и механических повреждений.
- Защитные очки и щитки — защищают глаза от пыли, искр, химических веществ и других опасных факторов.
- Перчатки и другие средства защиты рук — защищают руки от химических веществ, порезов, ожогов и других повреждений.
- Средства защиты слуха — защищают органы слуха от воздействия громких звуков и шума.
- Защитные каски и шлемы — защищают голову от ударов, падения предметов и других механических повреждений.
- Фильтрующие и изолирующие костюмы — обеспечивают полную защиту тела от химических и биологических угроз.
- Спасательные жилеты — используются для защиты от утопления в воде.
- Аптечки первой помощи — содержат средства для оказания первой медицинской помощи в случае травм или отравлений.

4.3. Рекомендации по обеспечению безопасности детей в ЧС:

- **Обучение:** Проведение регулярных тренировок и инструктажей для детей и персонала образовательных учреждений по действиям в ЧС.
- **Информирование:** Разработка и распространение наглядных материалов (памяток, плакатов) с информацией о правилах поведения в различных ЧС. [7]
- **Эвакуация:** Разработка и отработка планов эвакуации из образовательных учреждений и других мест массового пребывания детей.
- **Психологическая поддержка:** Организация психологической помощи детям, пострадавшим в результате ЧС.
- **Обеспечение средствами защиты:** Предоставление детям (по возможности) индивидуальных средств защиты (масок, респираторов).
- **Взаимодействие:** Обеспечение взаимодействия между органами государственной власти, образовательными учреждениями, медицинскими организациями и общественными организациями.

Обучающие игры для детей по применению СИЗ в условиях ЧС являются важным шагом в повышении их безопасности и готовности к действиям в чрезвычайных ситуациях. [8]

5. Примеры разработанных обучающих игр

Мы предлагаем концепции игр для младшего и старшего возраста.

5.1. Настольная игра для детей старшего возраста «Спасатели: Миссия Безопасность»

Цель: Игроки должны пройти по игровому полю, собирая необходимые средства индивидуальной защиты (СИЗ) для своей чрезвычайной ситуации (ЧС) и правильно отвечая на вопросы, чтобы добраться до финиша («Зона Безопасности»).

Целевая аудитория: Дети старшего возраста.

Компоненты:

1. Игровое поле: Путь с клетками (старт, финиш, обычные клетки, клетки «ЧС», «СИЗ», «Вопрос», «Пропуск хода», «Помощь»).

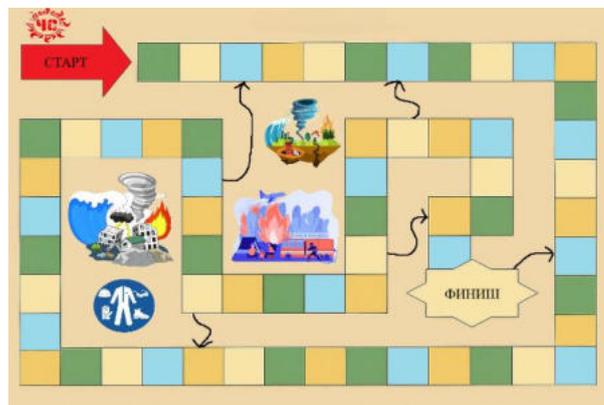


Рисунок 1 - Макет игрового поля

2. Карточки:

- «Чрезвычайная Ситуация»: ЧС и необходимые СИЗ.
 - «Средства Индивидуальной Защиты»: Изображение и назначение СИЗ.
 - «Вопрос»: Вопросы о СИЗ и поведении в ЧС.
 - «Событие/Помощь»: Бонусы и события (дополнительный ход, помощь другим).
3. Фишки: Игровые фигурки.
 4. Кубик: Для определения хода.



Рисунок 2 - Пример карточки «Чрезвычайная Ситуация»



Рисунок 3 - Пример карточки «СИЗ»



Рисунок 4 – Пример карточки «Вопрос»

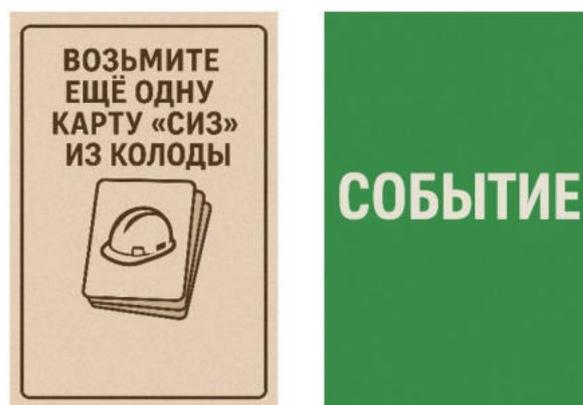


Рисунок 5 - Пример карточки «Событие»

Правила:

1. Подготовка: Игроки вытаскивают карточку с ЧС и ставят фишки на старт.
2. Ход игры: Бросая кубик, игроки продвигаются по полю, собирая СИЗ, отвечая на вопросы и преодолевая препятствия.
3. Победа: Первый игрок, собравший все СИЗ для своей ЧС и добравшийся до финиша, побеждает.
4. Сбор СИЗ:
 1. Игрок должен собрать все СИЗ, указанные на его карточке «Чрезвычайная Ситуация».
 2. Когда все необходимые СИЗ собраны, игрок должен дойти до финишной клетки.
 3. Условия победы:

1. Первый игрок, который успешно добрался до финишной клетки («Зона Безопасности») с полным комплектом СИЗ для своей ЧС и ответил на все необходимые вопросы, объявляется победителем.

2. Возможно условие, что игрок должен ответить на финальный вопрос, когда доберется до финиша.

Также можно использовать различные вариации этой игры:

- Совместное прохождение: Все игроки работают вместе, чтобы спастись от одной общей ЧС, собирая СИЗ всем вместе.

- Игроки-спасатели: Добавить роли (врач, пожарный, психолог), каждая роль может иметь свои бонусы или дополнительные задачи.

- «Ловушки»: Клетки, которые могут привести к потере СИЗ или необходимости выполнить сложное задание.

Игроки по очереди бросают кубик или вытягивают карточку, определяющую чрезвычайную ситуацию. Затем они должны выбрать из колоды карточки с СИЗ, которые необходимы для защиты в данной ситуации. Игроки также могут вытягивать карточки с вопросами, на которые нужно ответить, чтобы получить бонус или избежать штрафа.

5.2. Настольная игра для детей младшего возраста «Помощники в Бед»

Игра для детей младшего возраста (4-7 лет) представляет собой набор карточек с изображением чрезвычайных ситуаций и СИЗ. Дети должны сопоставить карточки с ситуациями и соответствующими СИЗ. Эта игра направлена на развитие у детей ассоциативного мышления и навыков сопоставления.

Цель игры: Соединить карточку с чрезвычайной ситуацией с соответствующими карточками средств индивидуальной защиты, которые помогут справиться с этой ситуацией.

Возраст: 4-7 лет.

Основные компоненты игры:

1. Карточки «Чрезвычайная Ситуация» (КЧС): Большие, яркие карточки с простыми изображениями различных чрезвычайных ситуаций.

2. Карточки «Средства Индивидуальной Защиты» (КСИЗ): Карточки с изображениями СИЗ, таких как маска-респиратор, защитный костюм, перчатки и т.д.

3. Дополнительные «отвлекающие» карточки СИЗ: Карточки с изображениями предметов, которые не являются СИЗ, но могут быть использованы для усложнения игры.

Правила игры:

1. Игроки берут карточку КЧС и пытаются понять, какая ситуация изображена.

2. Игроки выбирают карточки КСИЗ, которые, по их мнению, помогут справиться с ситуацией.

3. Взрослый помогает проверить правильность выбора и объясняет, почему именно эти СИЗ нужны.



Рисунок 6 - Пример игровых карточек для игры «Помощники в Бед»

Варианты игры:

- «Найди пару»: Игроки ищут подходящие СИЗ к карточке ЧС.
- «Собери свой набор»: Игроки собирают все необходимые СИЗ для своей ситуации.
- «Спасательная команда»: Дети работают вместе, чтобы собрать нужные СИЗ.
- «Что лишнее?»: Игроки находят и убирают ненужные СИЗ.

Советы по проведению игры:

- Используйте простые и понятные изображения.
- Обсуждайте с ребенком, почему выбранные СИЗ подходят для ситуации.
- Создавайте позитивную атмосферу и разнообразие в игре.
- Связывайте игру с реальной жизнью, обсуждая, где ребенок мог видеть подобные ситуации или СИЗ.

Эта игра помогает детям в игровой форме запомнить основные правила безопасности и понять, какие средства могут помочь им в различных ситуациях.

6. Заключение

Проведенное исследование позволило разработать концепцию и методологические основы для создания обучающих игр, направленных на формирование у детей навыков применения средств индивидуальной защиты в условиях чрезвычайных ситуаций. Анализ возрастной психологии, специфики детского восприятия и существующих образовательных методик позволил определить оптимальные подходы к игровому обучению.

Предложенная структура игр учитывает различные возрастные группы, уровни знаний и типы СИЗ, что обеспечивает гибкость и адаптивность учебного процесса. Акцент сделан на наглядности, интерактивности и позитивной обратной связи, что способствует вовлечению детей в игровой процесс и эффективному усвоению материала.

Разработанные игровые сценарии моделируют различные чрезвычайные ситуации, требующие

применения СИЗ, и позволяют детям в безопасной обстановке отработать навыки использования этих средств защиты. Особое внимание уделено психологической подготовке детей к стрессовым ситуациям и формированию уверенности в своих действиях.

Внедрение разработанных обучающих игр в образовательный процесс позволит повысить уровень готовности детей к чрезвычайным ситуациям. Результаты исследования могут быть использованы для разработки практических рекомендаций для образовательных учреждений и специалистов, занимающихся подготовкой детей к действиям в ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 11 с.
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
3. Приказ МЧС РФ № 993 от 21 декабря 2005 г. «Об утверждении положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты».
4. Иванова, О. Ю. Развитие познавательной активности детей старшего дошкольного возраста посредством дидактических игр / О. Ю. Иванова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. – С. 157-162.
5. Айзман, Р. И. Здоровьесберегающие технологии в образовании / Р. И. Айзман, В. М. Ширшова, Н. И. Айзман. – Москва: Педагогическое общество России, 2019. – 240 с.
6. Приказ МЧС РФ №140 от 10.03.2006г. «О внесении изменений в Правила использования и содержания СИЗ, приборов радиационной, химической разведки и контроля, утвержденные приказом МЧС России от 27.05.2003г. №285.
7. Воробьев, Ю. Л. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий / Ю. Л. Воробьев. – Москва: ДЭКС-ПРЕСС, 2018. – 304 с.
8. Петров, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для бакалавров / С. В. Петров. – Москва: Юрайт, 2013. – 381 с.

АНАЛИЗ И РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию и развитию средств индивидуальной защиты (СИЗ) нижних конечностей для работы в условиях пониженных температур. Рассматриваются современные материалы и технологии, используемые в производстве зимней спецобуви, а также предлагается решение проблемы длительного сохранения тепла путем интеграции автономной системы генерации тепла. Проведен расчет необходимых параметров (сила тока, напряжение, сопротивление) для эффективного обогрева нитромовой нити, встроенной в обувь. Определены оптимальные характеристики аккумулятора для поддержания работы системы отопления в течение трех часов.

Профессиональную деятельность зимой порой можно сравнить с восхождением альпиниста на ледяной пик — вокруг царит пронизывающий мороз, ветер словно режет лицо острыми ножами, а организм медленно сдаётся под воздействием беспощадного холода. Работа вне тёплых стен офиса превращается в испытание на прочность, где малейшая оплошность способна привести к печальным последствиям.

Для тех, кто трудится на холодной земле под покровом зимы, спасение приходит в виде инновационных решений — автономных обогревающих элементов, встраиваемых в специальную обувь. Эти устройства становятся настоящими хранителями здоровья, верными спутниками, оберегающими людей от коварства низких температур.

Защитить стопы на работе от холода и сырости зимой — важная задача для любого человека. Переохлаждение нижних конечностей приводит к общему понижению температуры тела, замедлению кровотока и повышению риска инфекционных заболеваний. Согласно исследованиям, низкая температура вызывает сужение сосудов, снижая приток крови к конечностям и повышая риск обморожения и болезней дыхательных путей. Важно понимать, что профилактика переохлаждения нижних конечностей включает целый ряд мер, начиная от подбора подходящей обуви и заканчивая выбором качественных носков и дополнительных защитных приспособлений [1].

Чаще всего работникам выдается какой-либо из ниже перечисленных вариантов средств индивидуальной защиты (далее — СИЗ) нижних конечностей:

а) зимняя обувь с противоскользящей подошвой;

б) водоотталкивающая и термоизолирующая обувь;

в) резиновая или полимерная обувь с теплоизоляционными свойствами.

Данные виды обуви способны дольше сохранять тепло человеческого тела за счет изоляционных свойств материалов, но при работах в полевых условиях часто возникают ситуации, когда выполнение работ занимает больше времени, чем возможности сохранять тепло у СИЗ. Исходя из этого мы предлагаем изучить данную проблему и проработать один из возможных вариантов её решения.

В данной работе были поставлены следующие задачи:

1. изучение возможности создания условий как для сохранения тепла, так и для его генерации СИЗ нижних конечностей;

2. интеграция данной системы в СИЗ нижних конечностей;

3. расчет необходимых условий для функционирования системы автономной генерации тепла.

Объектами исследования являются СИЗ нижних конечностей, такие как сапоги и валенки. Целью исследования — интеграция в них системы автономной генерации тепла.

В данном исследовании мы будем полагаться на методы анализа данных и на проведении теоретического исследования.

Современная история СИЗ нижних конечностей началась в XX веке с появлением специализированных материалов и технологий. Важным этапом стало внедрение искусственных волокон и мембран, таких как Gore-Tex, которые значительно повысили эффективность защиты от влаги и холода. На сегодняшний день на рынке представлен широкий ассортимент зимней спецобуви, включающий сапоги, ботинки и полуботинки с различными уровнями защиты и удобства.

СИЗ нижних конечностей, как и любой другой СИЗ, должен быть выполнен из качественных материалов по нормам и стандартам. Наиболее распространёнными материалами для верхней части зимней спецобуви являются натуральные и искусственные кожи, а также текстиль.

Также одним из важных элементов зимней спецобуви считается утеплитель. Он отвечает за сохранение тепла и предотвращает

переохлаждение. Популярные варианты включают искусственный мех, флис и тинсулейт. Подошва зимней спецобуви должна быть устойчивой к скольжению и механическим повреждениям. Обычно она изготавливается из морозостойких резиновых смесей с глубокими протекторами. Некоторые производители предлагают дополнительные системы антискольжения, такие как металлические шипы или вставки из карбида кремния. Они повышают безопасность передвижения по льду и снегу, но увеличивают вес обуви и снижают комфорт при длительном ношении [2].

На сегодняшний день быстрыми темпами осваивается такое направление, как создание «умной» обуви, которая оснащена датчиками и системами мониторинга. Такая обувь способна отслеживать состояние пользователя, предупреждать о возможных проблемах и давать рекомендации по уходу. Хотя подобные продукты пока редки, они представляют собой перспективное направление развития индустрии СИЗ нижних конечностей [3].

Современные тенденции в разработке специальной обуви включают не только внедрение интеллектуальных технологий, но и активное исследование возможностей создания условий как для сохранения тепла, так и для его генерации. Это требует детального изучения характеристик используемых материалов, включая электрические свойства проводников, таких как нихромовые нити. Первым действием определим сопротивление нихромовой нити.

Нихромовая нить обладает удельным сопротивлением $\rho = 1,1 \times 10^{-6}$ Ом/м. Чтобы рассчитать сопротивление провода, используем формулу: $R = \rho * L / A$, где:

- L — длина проводника (1м),
- A — площадь поперечного сечения,
- ρ — удельное сопротивление материала.

Площадь поперечного сечения вычисляется по формуле круга: $A = \pi * r^2$

Радиус равен половине диаметра (D = 0,3 мм., следовательно, радиус r = 0,15 мм. = 0.00015 м.). Значит, $A = \pi * (0,00015)^2 = 7,07 * 10^{-8} \text{ м}^2$

Подставляем значения в формулу сопротивления:

$$R = (1,1 \times 10^{-6}) * 1 / (7,07 \times 10^{-8}) \times 1 \approx 15,56 \Omega$$

Вторым действием произведем расчет силы тока для нагрева. Для определения необходимой силы тока воспользуемся законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t, \text{ где:}$$

- Q — количество теплоты (энергия), необходимая для нагревания нити,
- I — сила тока,
- R — сопротивление нити,
- t — время прохождения тока.

Однако нам неизвестно точное значение энергии Q. Обычно используют упрощенный подход исходя из предположений относительно

мощности, выделяемой на единицу длины нити. Для нитей малого диаметра мощность примерно составляет около 1-2Вт/см.

Предположим, что средняя мощность порядка 1,5 Вт/см, тогда получим следующее значение: $P_{общ} = 1,5 \text{ Вт/см} \times 100 \text{ см} = 150 \text{ Вт}$

Теперь можем выразить силу тока через мощность и сопротивление: $P = I^2 R \Rightarrow I = \sqrt{P / R}$

Подставляем известные нам величины: $I = \sqrt{150 / 15,56} \approx 3,03 \text{ А}$

Таким образом, приблизительная сила тока, необходимая для нагрева нихромовой нити до температуры около 40 С°, составит примерно 3 Ампера.

Третьим шагом необходимо понять и рассчитать, какое будет напряжение при этих параметрах. Ранее мы рассчитали сопротивление нити R=15,56 Ω и нашли необходимую силу тока I = 3,03 А. Теперь мы можем определить напряжение U, используя закон Ома: $U = I * R$, где

- I — сила тока,
- R — сопротивление нити.

Подставим наши значения: $U = 3,03 \text{ А} \times 15,56 \Omega \approx 47,15 \text{ В}$

Итак, мы выяснили, что необходимое напряжение для нагрева нихромовой нити до заданной температуры при указанных условиях составит приблизительно 47 Вольт.

Четвертым пунктом определим, какой ток следует использовать при 20 Вольтах. Рассчитаем требуемый ток при напряжении U = 20 В и известном сопротивлении R = 15,56 Ω , используя закон Ома: $I = U / R = 20 \text{ В} / 15,56 \Omega \approx 1,285 \text{ А}$

Таким образом, при напряжении 20 В потребуется сила тока примерно равная 1,3 А. Важно отметить, что такое снижение напряжения приведет к уменьшению мощности и соответственно меньшей температуре нагрева нити. Если нужен нагрев до прежней температуры, придется либо увеличить длину нити (увеличение сопротивления), либо изменить диаметр проволоки (уменьшение площади поперечного сечения).

На рисунке 1 изображена схема расположения источника питания и нагревательного элемента в СИЗ нижних конечностей. Нихромовая нить проходит в нижней части обуви, обеспечивая прогрев ступни, источник питания располагается выше — ближе к голенищу. Нить располагают в подкладке обуви или между слоями с использованием теплоизолирующих материалов, для повышения КПД системы, с целью более долгого сохранения тепла.

Источник питания крепят в специальный карман, для надежности фиксируют его там язычком или клёпками.

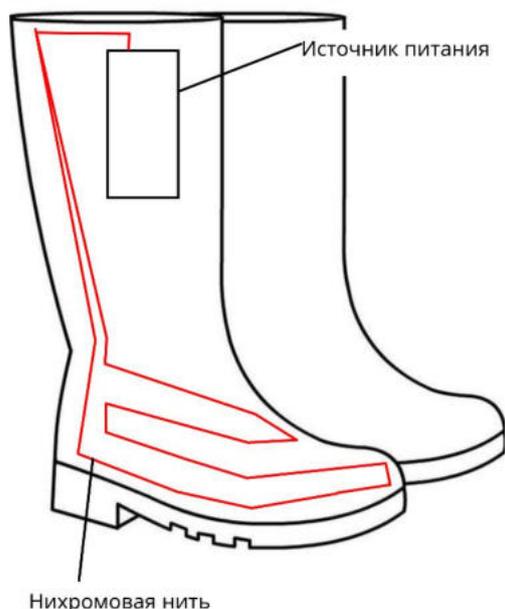


Рисунок 1 — Схема расположения источника питания и нагревательного элемента

Проведем расчет необходимых условий для функционирования системы автономной генерации тепла. Нам следует выяснить и рассчитать, аккумулятор какой емкости необходим для работы нихромовой нити в течение 3-х часов при силе тока 1,3 А и напряжении 20 В.

Чтобы подобрать аккумулятор подходящей ёмкости, необходимо учесть следующие параметры. Во-первых, напряжение аккумулятора должно соответствовать напряжению нагрузки (нити). Во-вторых, ёмкость аккумулятора должна обеспечивать непрерывную работу устройства на протяжении указанного времени (3 часа).

Первым шагом определим общую энергию, потребляемую нагрузкой. Энергию потребления найдем по формуле: $E = U \times I \times T$, где

- E — энергия, Дж;
- U — напряжение питания, В;
- I — ток, А;
- T — время работы, сек.

Поскольку емкость аккумуляторов измеряется чаще всего в ампер-часах (Ah), удобнее сразу посчитать расход заряда: $Ёмкость = I \times T$

Переведём часы в секунды:
 $T = 3 \text{ ч} \times 3600 \text{ сек} / \text{ч} = 10800 \text{ сек}$

Тогда общий заряд в кулонах:
 $Q = I \times T = 1,3 \text{ А} \times 10800 \text{ с} = 14040 \text{ С}$

Преобразуем кулоны в ампер-часы:
 $Ёмкость = Q / 3600 = 14040 / 3600 \approx 3,9 \text{ Ah}$

Вторым шагом выберем типа аккумулятора. Так как температура эксплуатации невелика (~40°C), подойдет большинство типов аккумуляторов (литий-ионные, свинцово-кислотные, никель-кадмиевые). Однако наиболее

удобны литий-ионные батареи благодаря высокому КПД и компактности.

Таким образом, необходим аккумулятор емкостью минимум 3,9 Ah, способный выдавать напряжение 20 В стабильно. Учитывая запас прочности и удобство эксплуатации, лучше выбрать батарею немного большей емкости, например, 4-5 Ah.

Данная работа посвящена изучению и развитию СИЗ нижних конечностей, особенно актуальным в условиях пониженных температур. Исследование было направлено на создание условий как для сохранения тепла, так и для его генерации в специальной обуви. Были проведены расчеты необходимой силы тока, напряжения и сопротивления для обогрева нихромовой нити, встроенной в обувь. Выяснено, что для эффективной работы системы необходима соответствующая мощность и правильное размещение нагревателя. Определены оптимальные параметры аккумулятора для непрерывной работы системы отопления в течение трех часов. Рекомендуется выбирать батареи с емкостью 4-5 Ah, способные выдавать стабильное напряжение 20 В.

Предложенная система автономного обогрева позволяет существенно повысить комфорт работников в зимних условиях, предотвращая переохлаждение и снижая риски заболеваний. Такие инновационные подходы имеют потенциал широкого внедрения в промышленности и сфере обслуживания.

Таким образом, проведенное исследование показало необходимость интеграции современных технологий в разработку зимней спецобуви, обеспечивающей безопасность и здоровье сотрудников в суровых климатических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Койранский, Б. Б. «О защитительно-физиологических реакциях сосудистой системы при охлаждении организма» // Гигиена и санитария. 2021. №7.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.4.103-2020 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 октября 2020 г. N 934-ст)
3. Ларина, Л. В. Вакуумно-капиллярная гигротермическая обработка кож / Л. В. Ларина; под ред. В. А. Першина. - Шахты : ИСОиП (фил.) ДГТУ, 2024. - 135 с.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ КОЛЕНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. АННОТАЦИЯ

Работа посвящена разработке современных средств индивидуальной защиты (СИЗ) коленных суставов с применением медицинских технологий, применяемых в различных отраслях промышленности, в том числе в строительстве, и альпинизме. На основе проведенного анализа существующих аналогов выявлены их ключевые недостатки, создана новая модель, сочетающая повышенную защиту и комфорт при длительной эксплуатации. При выборе материалов особое внимание уделялось ударопрочности, влагостойкости и биомеханической совместимости. Математическое моделирование при испытании прототипа показали его превосходство по сравнению с аналогами по амортизации, распределению нагрузки и удобству использования. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности разработанного СИЗ, предназначенного для снижения уровня травматизма коленных суставов, что, в свою очередь, повысит уровень охраны труда при его использовании в реальных производственных условиях.

Ключевые слова: *средства индивидуальной защиты, наколенники, медицинские технологии, бандажи, производственный травматизм, наколенники для альпинизма.*

2. ВВЕДЕНИЕ

Использование медицинских технологий в производстве средств индивидуальной защиты является одним из самых перспективных направлений в отрасли здравоохранения. С их применением возможно значительно уменьшить риск возникновения осложнений, вызванных тяжелой и долгосрочной работой в условиях производственной среды где необходима защита области колена. Разработка данного проекта включала следующие этапы:

- анализ актуальности и применимости наколенника;
- разработка концептуальной версии наколенника;
- моделирование;
- прототипирование наколенника в непроизводственных условиях;
- анализ недостатков и их устранение.

Использование медицинских технологий в производстве средств индивидуальной защиты является одним из самых перспективных направлений в области охраны труда.

Необходимо отметить, что в соответствии с данными Ростехнадзора за период с 2022 по 2024 9% от общего числа случаев травматизма связаны

с травмированием суставов. При этом, в строительстве число случаев травмирования суставов превышало 15% от общего числа несчастных случаев.

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе исследования лежит патентный поиск, выполненный на базе ФИПС, Яндекс-патенты и РИНЦ. В ходе патентного поиска были обнаружены следующие модели: защитный наколенник [1], состоящий из жесткой защитной оболочки с жестким контуром в поперечном сечении и размещенным в ней амортизационным слоем; наколенник [2], состоящий из кольцевого эластичного слоя с элементами крепления, наружного слоя из плотной ткани и расположенных между ними элементы жесткости в виде полых амортизационных трубок; наколенник для защиты колена человека [3], выполненный из несущего элемента со стабильной, неподвижной формой, к которому присоединена мягкая фасонная деталь, имеет недостаток в виде его стабильной плоской формы; многослойный наколенник для защиты от удара [4], состоящий из двух слоев: внутреннего, прилегающего к ноге, в основе которого - эластичный материала с поролоновой прослойкой, крепление которого выполнено с помощью магнитов, и наружного защитного слоя, состоящего из нескольких деталей различной площади, толщины и формы; бронированный наколенник [5], такой наколенник обладает свойствами баллистической защиты класса BR1+, BR2.

Компрессионно-амортизационная подпора, выполненная в виде пластины из ударопрочного полистирола. Наколенник являет собой элемент тактической экипировки со свойствами бронезащиты от осколочных ранений и пулевых ранений.

Разработка концептуальной версии наколенника велась на основе полученной информации: недостатках и преимуществах описанных выше аналогов. В учёт также была взята актуальность и применяемые области, поэтому использование избыточных технологий было отброшено ещё в моменте создания первого концепта наколенника.

Основными недостатками вышеперечисленных наколенников является громоздкость защитного механизма, ненадёжность креплений, повышенный вес, обусловленный внедрением лишних элементов, и наложение

различных ограничений при движении. Эти ограничения существенно снижают дневной срок эксплуатации наколенника, вызывая болезненные симптомы у носящих их рабочих. Симптомы могут проявляться в мышечной атрофии и слабости, нарушении крово- и лимфообращения, нарушении биомеханики движений и перегрузке других суставов [6].

Несмотря на схожесть рассматриваемых наколенников, представленных выше, продуманной конструкции и высоких противоударных свойств, выделяется наколенник с бронированными пластинами. Наружная часть такого наколенника выполнена из титана, а все соединения выполнены из эластичной резины. Крепление выполнено в двух видах – липучки и застёжный механизм. В рамках нашего локального исследования было установлено, что крепление на липучках небезопасно при эксплуатации в агрессивных средах, а застёжное крепление вызывает дискомфорт при фиксации с обратной части голени в области коленного сустава.

При разработке конструкции наколенника основное внимание уделялось компонентам и материалам, подбирившихся специально под область его применения. В связи с высокими нагрузками на коленные суставы в суровых условиях строительной отрасли, возникает необходимость в разработке такой конструкции, которая способна в меньшей степени напрягать суставную часть колена, не подвергаться загрязнению и не намокать. При этом, должны быть сохранены защитные характеристики. Для соответствия всем поставленным требованиям, наколенник должен быть выполнен одновременно из эластичного и водонепроницаемого материалов, обеспечивающих изоляцию от внешних условий, но при этом не создавая дискомфорт при использовании. Протекторы должны крепиться к конструкции так, чтобы при движении не возникало дискомфорта, материал протектора должен быть ударопрочным, твёрдым и износостойким. Для проверки наколенников на соответствие техническим параметрам используют специальную машину, которая прикладывает поперечную нагрузку на исследуемый образец, определяя какой уровень нагрузки поглощает наколенник в процессе работы [7].

На момент создания концептуальной версии наколенника было принято решение отказаться от громоздкой защитной части из-за появляющихся ограничений при движении. В качестве альтернативы цельной защите были взяты шестиугольники с $R \sim 25\text{мм}$. Такая форма обеспечивает равномерное распределение нагрузки на защищаемую область, а множество шестиугольных частей могут принять удобную овальную форму, что позволит защитить коленный сустав.

Моделирование наколенника проходило в приложении Compass 3D. Задачей на данном этапе

являлась отрисовка минимального жизнеспособного продукта. Итогом моделирования стали 2D и 3D-чертежи, представленные на *рисунке 1*. После создания чертежей проводилась разработка наколенника с использованием имеющихся средств.

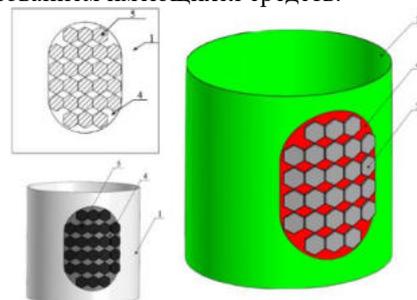


Рисунок 1. Чертёж и общий вид наколенника [составлено авторами]

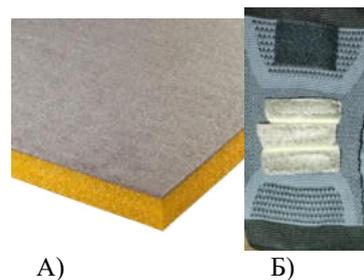
4. РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве основы для наколенника, состоящего из эластичного материала, взят материал на основе нейлона, представленный на *рисунке 2*. Такая повязка отлично стимулирует работу мышц и служит первым слоем наколенника, обеспечивая надёжное крепление к ноге. Крепление на наколеннике реализует липучечно-тянущий механизм. Стягивающая лента, расположенная на внешней части наколенника, имеет достаточную длину для опутывания ноги и липучки, осуществляющие достаточное для эксплуатации закрепление к наколеннику.



Рисунок 2. Основа для защитного наколенника [10]

К основе пришивается амортизирующий материал, выполненный из вспененного полимера *рисунк 3*.



А)

Б)

Рисунок 3. Амортизирующий материал защитного наколенника [составлено авторами], где: А – общий вид амортизирующей части наколенника, Б – Крепление амортизирующей части к основе наколенника.

Нитевое крепление обеспечивает надёжную защиту от касательных нагрузок на отрыв, а вспененный полимер поглощает большую часть энергии, получаемую извне при взаимодействии с ударяющей поверхностью. Чтобы обезопасить работника от острых предметов и равномерно распределить нагрузку по площади соприкосновения на наколенник, в качестве протекторов, в зависимости от требований к эксплуатации, крепятся керамические или пластмассовые правильные шестиугольники (рисунок 4).

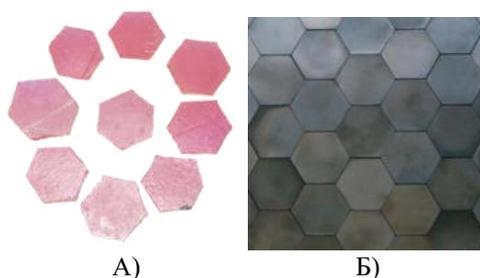


Рисунок 4. Защитная часть наколенника, где: А – прототип защитной части из пластмассы [составлено авторами] Б – защитная часть из керамических пластин [взято из открытого источника 11]

Крепление происходит при помощи клеевых растворов или термическим способом к основной части наколенника. Итоговая версия протектора и прототипа представлена на рисунке 5.

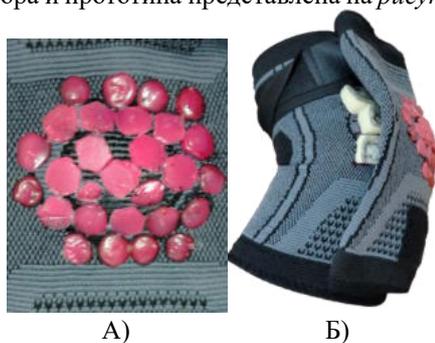


Рисунок 5. Прототип защитного крепления, где:

А – Прототип протекторной защиты [составлено авторами] Б – Амортизирующая и защитная части [составлено авторами]

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прототип наколенника, использующий вспененный полипропилен, с относительным сжатием при нагрузке 2000 Н/кв.м., соответствующем 11% и динамическим модулем упругости при нагрузке 2000 Н/кв.м. равным 0,66МПа [8]. Имеет максимальную плотность

энергии, равную 200 Н. Энергия была обнаружена в рамках математического расчёта с вышеупомянутыми данными, на их основе подбирался модуль упругости Юнга, а предел упругости был приравнен к 20 МПа. В результате математического моделирования, наколенник удовлетворяет всем параметрам европейского стандарта EN 14404 и проходит в класс защиты 2 для плоских или шероховатых полов в тяжелых условиях.

Создание прототипа позволило выявить несовершенство технологии закрепления шестиугольников к тканевой поверхности: при попытке снять нижний слой пластмассового шестиугольника, были случаи, когда шестиугольник плавился и приобретал круглую форму. В рамках промышленного производства стоит использовать контактный метод нагрева до плавления нижней части шестиугольников.

Внедрение подобной технологии позволит производить нагрев до определённого состояния и моментально соединять такие шестиугольники с протекторной частью. Для наглядной проверки шестиугольники крепились к основной части наколенника, что сильно повышает стоимость изделия. В связи с этим целесообразен переход от крепления на основную часть к креплению на новую протекторную часть, состоящей из ткани оксфорд. Такое изменение позволит значительно сократить траты и улучшить некоторые характеристики, связанные с водоотталкивающими свойствами периферии изделия.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность исследования подтверждена уровнем травматизма коленных суставов на промышленных предприятиях. Проведение патентного поиска позволило выявить основные недостатки, имеющиеся у существующих аналогов.

В рамках исследования подана заявка на полезную модель «Защитный наколенник» № 2025120614 от 25.07.2025 г. Проведено моделирование при испытании прототипа, показавшее преимущества разработки по отношению к аналогам при распределении нагрузки и удобства использования.

На практике подтвердилась возможность использования медицинских технологий в производстве средств. Следующим этапом исследования будет внедрение подобных наколенников в другие отрасли с учетом производственных реалий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. авторское свидетельство SU № 1538911, опубликованное 30.01.1990
2. патент RU № 2425658, опубликованный 10.08.2011

3. патент RU № 2308373, опубликованный 20.10.2007
4. патент RU № 211423, опубликованный 06.06.2022
5. патент RU № 218919, опубликованный 19.06.2023
6. Birmingham TB, et al. (2008). "Effect of a neoprene sleeve on knee joint position sense during sitting open kinetic chain and supine closed kinetic chain tests." The American Journal of Sports Medicine
7. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/46bc933f-d049-40ab-8179-5d78519aa6a7/en-14404-2004a1-2010>
8. <https://plastinfo.ru/information/articles/6/>
9. <https://www.eurolab.net/ru/testler/is-hijyeni-ve-guvenligi-testleri/en-14404-kisisel-koruyucu-donanim-diz-cokme-konumunda-calisma-icin-diz-koruyucular/>
10. <https://www.ozon.ru/product/nakolenniki-dlya-sustavov-ortopedicheskie-sportivnye-chernye-2-sht-1749891109/>
11. https://gossnab.ru/gotovye_issledovaniya/projects/others/issledovanie-rynka-keramicheskikh-broneelementov-na-osnove-karbida-bora-nitrida-kremniya.html

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ОТ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

1. АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена обоснованию выбора материалов слоев специального костюма, позволяющего защитить горнорабочих от воздействия низких температур и качественно выполнять производственные операции. При выборе материалов костюма необходимо руководствоваться рядом параметров, таких как устойчивость к разрывной нагрузке, теплоизоляция, водоотталкивание, устойчивость к истиранию и другие эксплуатационные характеристики. Проведение исследования осуществлялось применительно к Кузнецкому угольному бассейну, относящемуся к третьему климатическому поясу. Экспериментальные исследования осуществлялись на базе специализированной лаборатории на сертифицированном оборудовании.

2. ВВЕДЕНИЕ

Кузнецкий угольный бассейн является основным производителем угля всех марок, добываемого на территории России. По данным Министерства энергетики на 2024 год около 68% всего добытого угля в стране было добыто именно на Кузбассе.



Рисунок 3 – Добыча угля на Кузбассе за январь 2023/24 г. [составлено авторами]

В соответствии с приказом Минтруда 766н работники предприятий должны оснащаться средствами индивидуальной защиты. При ведении открытых горных работ на горнорабочих воздействует ряд опасных и вредных производственных факторов, таких как повышенный уровень шума, воздействие элементов машин и механизмов и др. При этом, на работающий персонал оказывают воздействие и отрицательные температуры. В зимние месяцы значения температуры воздуха на Кузбассе находятся на уровне -18°C , что соответствует третьему климатическому поясу [1, 2].

Защитные свойства костюма от воздействия низких температур характеризуются его

теплоизоляции. Нормируемые значения теплоизоляции устанавливаются в соответствии с климатическим поясом, в котором предполагается использования спецодежды. Исходя из климатического пояса и требуемой степени защиты, выделяют следующие классы костюмов:

- 1 класс (1-2 климатический пояс);
- 2 класс (3 климатический пояс);
- 3 класс (4 климатический пояс);
- 4 класс (особый климатический пояс) [2].

Исходя из того, что Кузбасс находится в третьем климатическом поясе, необходимо для данного региона использование костюма второго класса защиты.

Защитные костюмы состоят, как правило, из трех основных слоев: внутреннего, наружного и утепляющей прокладки. Внутренний слой, контактирующий с телом человека, не должен вызывать аллергических реакций, быть комфортным при носке. Утепляющая прокладка, расположенная между внутренним и внешним слоем, выполняет роль утеплителя, способствуя повышению теплоизоляционных свойств костюма. Внешний слой должен состоять из материала, способного защитить от механического воздействия, имеющего низкую воздухопроницаемость, устойчивого к раздражающей нагрузке, имеющего водоотталкивающие свойства и устойчивого к истиранию.

К наиболее распространенным защитным костюмам, используемым на предприятиях отрасли, относятся:

- костюм утепленный Finntail;
- СКАНДИН;
- ГЕРКОН;
- Вектор-Ультра;
- Иней;
- Уран [4, 5].

Вместе с тем, основным недостатком данных костюмов является неудобство выполнения в них ряда производственных операций. Также, некоторые костюмы характеризуются наличием элементов, прилегающих недостаточно плотно, что приводит к прониканию холодного воздуха внутрь костюма и, как следствие, температурному дискомфорту [6, 7].

Следовательно, актуальной задачей является выбор материалов костюма для защиты от пониженных температур, обеспечивающих выполнение производственных операций при сохранении теплового комфорта и без создания затруднений движению работника.

3. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе исследован вопрос применения материалов слоев защитного костюма от пониженных температур, позволяющих обеспечить тепловой комфорт при использовании, а также не вызывающих дискомфорт при использовании.

В качестве наружного слоя использовалась ткань смешанного типа плотностью 245 г/м² (65% - полиэфирное волокно, 35% - хлопок). Материал обеспечивает достаточную защиту за счет высокой прочностью, оптимальную воздухопроницаемость и износостойкость.

В качестве промежуточного слоя – утеплителя, был выбран материал «Тайвек». Данный материал является нетканым, полностью синтетическим, состоящим из полиэтиленовых волокон с мембранной структурой. Материал устойчив к деформациям и химическим воздействиям, обеспечивает комфорт при использовании в различных условиях.



Рисунок 2 – Материал «Тайвек» [составлено авторами]

Для внутреннего слоя предлагается использовать полиэстер с эффектом прилегания. Ткань эластична, способна возвращаться к исходной форме, имеет высокую прочность, устойчива к механическим повреждениям, быстро сохнет. Материал гипоаллергенен и приятен при контакте с кожей.



Рисунок 3 – Полиэстер с эффектом прилегания [составлено авторами]

Проводилось исследование физико-механических свойств указанных материалов в соответствии с ГОСТ 12.4.303-2016. Материал верха исследовался на следующие характеристики:

- устойчивость к раздирающей нагрузке;
- воздухопроницаемость;
- паропроницаемость;
- устойчивость к истиранию;
- водоотталкивание.

Также, проводилось исследование материала «Тайвек» на миграцию волокон теплозащитного материала на площадь 150 см². Исследования выполнялись в рамках научного сотрудничества на базе лаборатории ООО «Мониторинг».

Устойчивость к раздирающей нагрузке у материала смешанного типа определялась на разрывной машине. Воздухопроницаемость определялась на приборе производителя фирмы TEXTEST, создающем разницу в давлении между камерой, в которой крепится материал, и окружающей средой. Паропроницаемость определялась на анализаторе W413, работающего по принципу инфракрасного метода. Устойчивость к истиранию определялась на ТИ-1М, включающем истирающий диск с абразивом, нашитым на ось, с тремя нашитыми головками. Водоотталкивание определялось с помощью дождевальной воронки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенных исследований были получены значения физико-механических свойств данных материалов. Было проведено сопоставление полученных результатов с допустимыми.

Результаты экспериментальной апробации представлены в таблице 1.

Параметр	Результат	Допустимое значение
Устойчивость на разрыв, Н	38	>30
Водоотталкивание, ед	104	>90
Устойчивость к трению, цикл	4200	>3000
Паропроницаемость, мг/см ² час	8	>4
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² сек	28	≤40
Миграция волокон утеплителя, ед	0	≤2

Таблица 1 – Результаты экспериментальной апробации [составлено авторами]

Исходя из полученных результатов исследования установлено, что предложенная комбинация материалов является допустимой и эффективной с точки зрения устойчивости к механическому воздействию и сохранению теплового потока. Подобранные материалы не вызовут дискомфорт при использовании за счет использования комфортных гипоаллергенных материалов.

Был предложен новый метод пошива защитного костюма.

Схема защитного костюма представлена на рисунке 4 и рисунке 5.

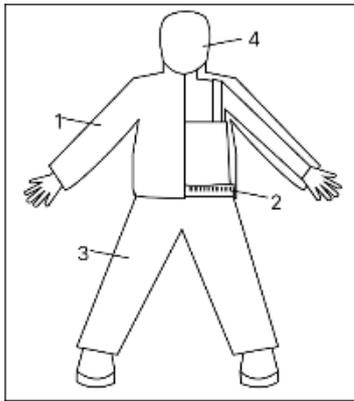


Рисунок 4 – обобщенная схема защитного костюма [составлено авторами]

1 – куртка, 2 – застежки, 3 – комбинезон, 4 – капюшон.

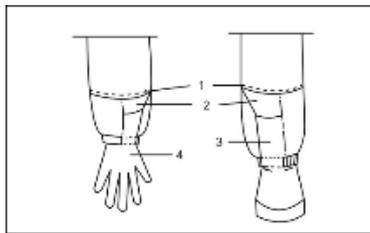


Рисунок 5 – обобщенная схема защитного костюма [составлено авторами]

1 – шов, соединяющий внешний материал и подкладочный, 2 – подкладочный материал, заправляемый под перчатки/ботинки, 3 – ботинки, 4 – перчатки.

На схеме, где обозначен шов, подкладочный и внешний слои должны быть разделены. Подкладочный материал будет заправляться в перчатки и ботинки, а внешний слой будет плотно прилегать к конечностям благодаря резинке на краю изделия. Это позволит повысить герметичность защитного костюма, а также предотвратит попадание вредных веществ под одежду.

Задачей дальнейших исследований является разработка прототипа костюма и его исследование в испытательной лаборатории на манекене либо приглашенных испытателях, отобранных в соответствии с ГОСТом.

ВЫВОДЫ

Предложенная в ходе данного исследования комбинация материалов защитного костюма от пониженных температур показала свою эффективность и соответствие установленным стандартам по физико-механическим свойствам. Данная комбинация материалов в рамках защитного костюма позволит обеспечить комфорт при использовании на предприятиях 3-го климатического пояса, в первую очередь на карьерах Кузнецкого угольного бассейна.

Таким образом, предлагаемый защитный костюм состоит из ткани смешанного типа плотностью 245 г/м² (65% - полиэфирное

волокно, 35% - хлопок), материала «Тайвек» в качестве утепляющего слоя, полиэстера с эффектом прилегания. Представленные материалы гипоаллергенны и не вызывают дискомфорта.

Целесообразно проведение дальнейших практических исследований образца костюма в том числе в реальных производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мьяков В. В., Коршунов Г. И., Кабанов Е. И., Родионов В. А. Расчетно-прогнозная модель накопления взрывопожароопасных газов в рудничной атмосфере нефтяных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 10. – С. 136–151. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_136.
2. Абашин А. Н., Рудаков М. Л., Степанов И. С. Оценка профессионального риска, обусловленного нагревающим микроклиматом, в горных выработках нефтяных шахт Ярегского месторождения // Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 7. — С. 67—73. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-7-67-73.
3. Kongar-Syuryun Ch., Ivannikov A., Khayrutdinov A., Tyulyaeva Y. Geotechnology using composite materials from man-made waste is a paradigm of sustainable development // Materials Today: Proceedings. 2021, vol. 38, pp. 2078—2082. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.145.
4. Litvinenko V. S., Dvoynikov M. V., Trushko V. L. Elaboration of a conceptual solution for the development of the Arctic shelf from seasonally flooded coastal areas // International Journal of Mining Science and Technology. 2022, vol. 32, no. 1, pp. 113—119. DOI: 10.1016/j.ijmst.2021.09.010.
5. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Комплексная оценка геозологических рисков при ведении открытых и подземных горных работ // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 205—216. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-205-216.
6. Пшенин В. В., Закирова Г. С. Повышение эффективности систем улавливания паров нефти при товарно-транспортных операциях на нефтеналивных терминалах // Записки Горного института. — 2024. — Т. 265. — С. 121—128. DOI: 10.31897/PMI.2023.29.
7. Лискова М. Ю., Вишневская Н. Л., Плахова Л. В. Влияние микроклиматических условий на горнорабочих в выработках глубоких горизонтов калийных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 9. — С. 219—230. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-219-230.
8. Синчук Ю. Ю., Синчук Ю. В. Экономическое развитие российской Арктики // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. — 2023. — № 6–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-razvitie-rossiyskoy-arktiki> (дата обращения: 05.03.2024).

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИЗ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ И ИХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ**АННОТАЦИЯ**

Исследование посвящено проблеме оценки действий и состояния работников при опасных рабочих процессах. Существующие меры контроля не в полной мере учитывают производственный процесс на предприятии, что может приводить к затруднению выяснений обстоятельств при инцидентах и авариях на опасном производственном объекте.

1 ВВЕДЕНИЕ

На опасных производственных объектах работники сталкиваются с разнообразными сочетаниями опасных и вредных производственных факторов. Часто встречаемыми вредными и опасными факторами на производстве являются физические факторы, такие как: шум, вибрация, неионизирующее, ионизирующее излучение, инфразвук, ультразвук, воздействие высоких или низких температур. А также к частым вредным и опасным факторам относятся запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны [1].

Современные работодатели благодаря различным процедурам оценки профессиональных рисков могут рассчитать и спрогнозировать некоторые из них. А также оценить возможные последствия и разработать мероприятия по снижению уровня рисков. Но для экстренных ситуаций, которые могут произойти, такие расчеты быстро сделать невозможно. Поэтому необходимы точные наблюдения путем применения видеонаблюдения и фиксация времени нахождения работника в зоне риска, отображение перемещения работника внутри производственных помещений.

Вопрос фиксации поведения работника на рабочем месте приобретает все большую актуальность, так как исходя из исследований удалось выяснить, что несчастные случаи зачастую происходят «по вине» человеческого фактора.

Ранее данный вопрос решался с помощью одиночных датчиков – трекеров, которые могли быть встроены в браслеты, пропуск, чип-карту или специальные мобильные устройства с помощью которых отслеживалось конкретное местонахождение работника во время рабочего процесса. Эти устройства отображали местонахождение сотрудника точкой на карте. Сейчас для более эффективного решения вопроса фиксации работника лучше использовать не

одиночные датчики, а целый комплекс датчиков, который поможет работодателю понимать не только точку в пространстве, но и расположение конечностей человека при выполнении работ.

Целью работы является разработка прототипа интеллектуальных СИЗ по мониторингу персонала на основе интегрированных сенсоров, с помощью которых будет осуществляться не только контроль за передвижением и дисциплиной персонала, но и определение положения тела в пространстве.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Проанализировать существующий опыт по комплексам мониторинга передвижения персонала на основе интегрированных сенсоров;
2. Разработать прототип интеллектуальных СИЗ.

2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОПЫТА ПО КОМПЛЕКСАМ МОНИТОРИНГА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СЕНСОРОВ

С каждым годом увеличивается количество новых цифровых устройств и систем с искусственным интеллектом, которые используются в рамках охраны труда и промышленной безопасности.

На данный момент существуют следующие варианты СИЗ с интегрированными датчиками: «умные» каски; промышленные очки дополненной реальности; «умные» браслеты; экзоскелеты и т. д. [2].

Свойства таких СИЗ очень широки. Для касок это: средство защиты головы; контроль персонала и местонахождения каски; сигналы – звуковые предупреждения работника; вызов экстренной помощи; определение температурных параметров среды вокруг работника. Для очков дополненной реальности: защита органов зрения с поддержанием связи с реальностью; воспроизведение видео на удалении от места событий. Для браслетов: мониторинг состояния здоровья персонала. Для экзоскелетов: разгрузка мышечного каркаса работника при выполнении тяжелых работ.

На данный момент, перечисленные СИЗы имеют ряд минусов: они используются и функционируют по отдельности, что требует увеличения точек контроля для специалистов по охране труда; не дают возможность получать информацию в режиме «единого окна», поэтому существуют большие временные затраты

специалистов для просмотра видео или же анализа архива данных [1].

3 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИЗ

На сегодняшний день технологии позволяют внедрить отслеживающие датчики в спецодежду таким образом, чтобы специалисты видели не только точку в пространстве, которой находится сотрудник, но и на сколько физиологично или нефизиологично расположены конечности (например, руки, ноги) в пространстве.

Таким образом, для более подробного описания работника в пространстве, можно разместить датчики отслеживания в спецодежде следующим образом: на руках разместить минимум 3 датчика – первый на уровне плеч, второй – на локте, третий – на уровне запястья. Аналогичная ситуация с ногами: для более четкой информации о расположении ног необходимо разместить минимум 3 датчика: первый – на уровне бедра, второй – на уровне колена, третий – на уровне голеностопного сустава (рисунок 1).

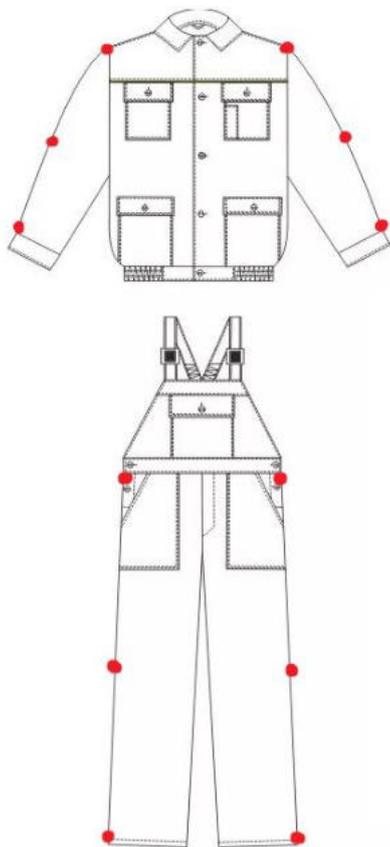


Рисунок 1. Схема расположения датчиков

В результате использование таких интеллектуальных СИЗ по нарушению связи с датчиками можно будет предположить степень повреждения конечностей, например, находится конечность в естественном или неестественном для человека положении (выгнута, вывернута, вытянута и т. д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом исследования является разработка прототипа интеллектуальных СИЗ для контроля параметров состояния работников и их местонахождения на ОПО с учетом возможности и необходимости применения данного класса СИЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СИЗ – средства индивидуальной защиты;
ОПО – опасный производственный объект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Климова, И. В. Контроль параметров состояния работников и их местонахождения с помощью интеллектуальных СИЗ / И. В. Климова, М. О. Авдеева, А. С. Доронин // Технологические инновации и научные открытия : Сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Уфа, 14 ноября 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2024. – С. 52-55. – EDN LPTLGN.

2 EcoStandart.journal | Цифровые СИЗ в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.ecostandard.ru/ot/kontekst/tsifrovye-siz-v-rossii/?ysclid=m24z9tadju516499418> (дата обращения: 24.09.2025).

А.К. Миронов, М.А. Петухова, В.Ю. Курмышов
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» г. Санкт-Петербург,
 Политехническая улица, 29, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПЕРЧАТОК ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

АННОТАЦИЯ

Охрана труда играет важную роль в сфере обеспечения безопасности работников на производстве, особенно важно обеспечение ее должного уровня в регионах с экстремальными климатическими условиями, таких как Крайний Север. Трудовая деятельность в районах Крайнего Севера, характеризующихся низкими температурами, высокой влажностью и интенсивной подвижностью воздуха, предполагает принятие дополнительных мер для обеспечения безопасности работников. Изучение особенностей профессиональной деятельности в данных условиях и анализ представленных на российском рынке средств защиты рук выявили потребность в создании новой модели. Результатом работы является разработанная модель средств индивидуальной защиты рук (СИЗ), удовлетворяющая необходимым стандартам и требованиям.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Актуальность

Актуальность работы обусловлена отсутствием на рынке эффективных СИЗ рук, предназначенных для работы в условиях Крайнего Севера на открытом пространстве, где присутствуют опасные и вредные производственные факторы, такие как низкие температуры, сильный ветер и повышенная влажность воздуха.

1.2 Цель работы

Целью работы является разработка модели СИЗ рук, которая будет соответствовать специфике работы в условиях Крайнего Севера, учитывая требования безопасности для лаборанта химического анализа.

1.3 Задачи

Научные задачи, выполняемые в рамках исследования:

- анализ рабочих операций по отбору проб в холодное время года и изучение профессиональных рисков, связанных с этим процессом;
- составление перечня эксплуатационных характеристик для модели, основываясь на требованиях и регламентирующей документации;
- анализ существующих на российском рынке СИЗ рук, удовлетворяющих специфике работ в условиях Крайнего Севера;
- проектирование 3D-модели СИЗ рук с учетом составленного перечня характеристик.

1.4 Анализ рабочего процесса

В качестве примера проанализирована профессия лаборанта химического анализа, работающего на атомной станции на Крайнем Севере. Этот

специалист регулярно проводит отбор проб из водоёмов, находясь длительное время на открытом воздухе при низких температурах.

Для визуализации специфики труда на рис. 1 представлен один из типичных рабочих процессов лаборанта — пробоотбор на открытом пространстве.

Рабочий день начинается в лаборатории, откуда специалист передвигается к контрольным точкам пешком или на служебном транспорте. В каждой точке отбор проб занимает 15 минут. Общее время работы на улице превышает 3 часа. Важно отметить, что работа требует производства операций, в которых необходима мобильность и подвижность кистей.

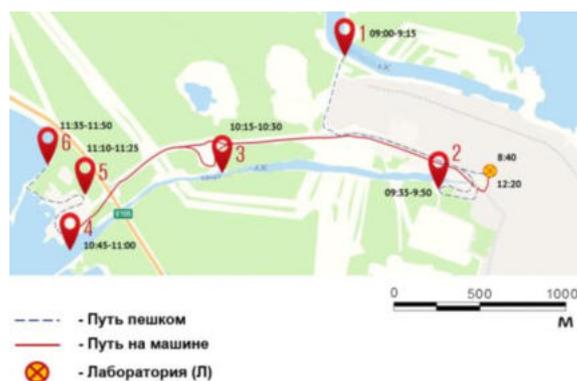


Рисунок 1 – Схема маршрута лаборанта химического анализа

На следующем этапе была рассмотрена действующая карта оценки профессиональных рисков для лаборантов, фрагмент которой приведён в табл. 1. В ходе анализа выявлены существенные расхождения с фактическими условиями работы на открытом воздухе.

В описании выполняемых работ операции по отбору проб и обслуживанию приборов химического контроля не были учтены в качестве отдельных рабочих действий, хотя при рассмотрении других опасностей они учитывались.

Исходя из этого, требуется внесение корректировок: дополнительно указать источники риска — оборудование для отбора проб, лабораторную посуду, низкие температуры воздуха, а также обозначить меры управления рисками, включающие применение средств индивидуальной защиты.

Таблица 1 – Риски для лаборанта химического анализа при выполнении отбора проб

Опасность	Характеристика выполняемой работы	Источник риска	Меры управления риском	Оценка уровня профессионального риска	Отношение к риску
Опасность переохлаждения при работе на открытых территориях в холодное время года	Рабочая операция (вид работы) или опасная ситуация: Перемещение между сооружениями по служебной необходимости. Места выполнения работ: Открытая территория	-	Соблюдение регламентированных перерывов в работе; периодическое пребывание в помещении с комфортным микроклиматом для нормализации теплового состояния организма; Соблюдение рационального питьевого режима.	Вероятность: 1; Тяжесть: 3; Степень риска: Низкий; Величина риска: н3.	Приемлемый

1.5 Эксплуатационные характеристики

На основе проведённого анализа условий труда определены ключевые технические и эргономические требования, которым должны соответствовать защитные перчатки (табл. 2).

Таблица 2 – Перечень необходимых параметров СИЗ рук

Технологический процесс	Необходимый параметр СИЗ
Работа с выскальзывающим оборудованием	Противоскользящая поверхность
Работы в пониженных температурах	Защита от холода и ветра
Работа с жидкостями	Водонепроницаемость
Взаимодействие с колющими и режущими предметами/инструментами	Защита от механических повреждений
Производство мелкомоторных движений	Мобильность

Этот перечень применим не только к профессии лаборанта, но и к другим видам деятельности в северных регионах.

1.6 Анализ существующих на рынке СИЗ рук

В поисках существующего решения проведен обзор российских производителей СИЗ рук. Сравнение характеристик существующих моделей с перечнем требуемых показало, что ни одно из решений не обеспечивает полного соответствия необходимым параметрам. В табл. 3 представлены рассмотренные варианты и указаны их недостатки.

Таблица 3 – Перечень недостатков имеющихся СИЗ

Название модели	Недостатки
Перчатки ПАЛАВАН	Отсутствие водонепроницаемости Неморозостойкие
ПОЛИЗАР СИБИРЬ 72/М	Обледенение и потеря эластичности при низких температурах
Перчатки G310 кожаные	Отсутствие мобильности и чувствительности

В ходе анализа выявлены критически важные требования к СИЗ рук: устойчивость к холоду, сохранение подвижности пальцев, противоскользящие свойства.

В результате мы пришли к необходимости разработки специальных средств индивидуальной защиты рук для лаборанта и аналогичных рабочих профессий в условиях Крайнего Севера.

1.7. Проектирование 3D-модели СИЗ рук

Для решения обозначенной проблемы разработана модель защитных перчаток, отвечающих всем необходимым требованиям.

На рис. 2 представлена 3D-модель, спроектированная с помощью программного обеспечения «Blender» для создания трёхмерной компьютерной графики. Работа велась в соответствии с требованиями действующей нормативной документации (табл. 4) [1-4].



Рисунок 2 – Полноразмерная модель перчаток PolyTouch в программе Blender

Таблица 4 – Нормативные документы для новых перчаток

Название	Назначение
ГОСТ EN 511 — 2012 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки защитные от холода. Общие технические требования. Методы испытаний.	Методы испытаний и маркировка перчаток по водонепроницаемости, конвективному холоду и контактному холоду.
ГОСТ EN 388 — 2019 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки для защиты от механических воздействий. Технические требования. Методы испытаний.	Методы испытаний и маркировка перчаток по защите от механических воздействий.
ГОСТ 12.4.252 — 2013 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытаний.	Указание технических требований к средствам индивидуальной защиты рук.
ГОСТ 12.4.183 — 91 Система стандартов безопасности труда. Материалы для средств защиты рук. Технические требования.	Указание технических требований к материалам, используемым для средств индивидуальной защиты рук.
Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты.	Обеспечение на территории Таможенного союза защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, а также предупреждение действий, вводящих в заблуждение потребителей.

На основе выявленных требований были подобраны материалы в соответствии с ГОСТ 12.4.183-91. Конструкция перчатки многослойная:

- внутренний слой из подкладочного меха обеспечивает защиту от холода;
- наружный слой из микропены создаёт шероховатую поверхность, улучшающую сцепление с инструментами и препятствующую обледенению;
- промежуточные слои обеспечивают теплоизоляцию и влагозащиту [5].

На рис. 3 представлена модель перчатки в разрезе для наглядности положения слоев и подобранных материалов, из которых состоят слои.



Рисунок 3 – Модель перчатки в разрезе

1.8 Экономический эффект

Рассчитана примерная стоимость материалов и затрат на производство для одной пары перчаток. Итоговая стоимость одной пары составляет 345 рублей.

Для оценки экономического эффекта предложенного решения рассмотрено влияние введения новых разработанных перчаток в перечень СИЗ на примере лаборанта химического анализа.

В табл. 5 во втором столбце представлен фрагмент перечня выдаваемых СИЗ лаборанту на

рассматриваемом предприятии, а в третьем столбце – перечень СИЗ с учетом внедрения новых перчаток.

Как следствие, сократилось количество резиновых и хлопчатобумажных перчаток, что привело к сокращению расходов.

Таблица 5 – Норма выдачи СИЗ рук при введении перчаток PolyTouch

Наименование средств индивидуальной защиты	Норма выдачи (единицы, период) ДО	Норма выдачи (единицы, период) ПОСЛЕ
Перчатки резиновые	12 пар, на год	5 пар, на год
Перчатки хлопчатобумажные	60 пар, на год	25 пар, на год
Перчатки резиновые утепленные PolyTouch	–	1 пара, на год

Замена СИЗ из типовых норм на другое, обеспечивающее равноценную или превосходящую по своим свойствам защиту, является допустимой в соответствии с пунктами 54 и 55 Приказа Минтруда №766н «Об утверждении Правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами» [6].

Также благодаря новым перчаткам сокращается количество микротравм лаборанта, что приведет к сокращению количества дней нетрудоспособности и повышению уровня культуры безопасности на предприятии.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования был проведён анализ профессиональных операций лаборанта и представленных на российском рынке средств

индивидуальной защиты, что позволило выявить неучтённые риски при работе на открытом воздухе, а также установить необходимость разработки новой модели СИЗ. Дополнительно был составлен список нормативных документов и эксплуатационных параметров, требуемых для создания защитных перчаток.

По итогам исследования разработана 3D-модель утеплённых перчаток и рассчитан экономический эффект от внедрения усовершенствованных средств защиты.

Предложенное решение представляет собой не только эффективный вариант для конкретной профессии, но и универсальный подход, который может быть адаптирован к различным отраслям и видам деятельности в условиях Крайнего Севера. Основная цель разработки — повышение уровня безопасности, удобства и эффективности труда работников в экстремальном климате.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.4.252 – 2013. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70696910/> (дата обращения: 24.09.2025).

2. ГОСТ EN 511 – 2012. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки защитные от холода. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100070> (дата обращения: 24.09.2025).

3. ГОСТ EN 388 – 2019. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки для защиты от механических воздействий. Технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200167502> (дата обращения: 24.09.2025).

4. ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320567> (дата обращения: 24.09.2025).

5. ГОСТ 12.4.183 – 91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Материалы для средств защиты рук. Технические требования [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012782> (дата обращения: 24.09.2025).

6. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н «Об утверждении Правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405210/ (дата обращения: 24.09.2025).

**РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОЛУМАСКИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ****АННОТАЦИЯ**

В силу широкого распространения среди горнорабочих заболеваний органов дыхания, актуальной задачей является обеспечение работников угольных шахт средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Вместе с тем, подземный персонал угольных шахт зачастую отказывается от использования полумасок в силу возникновения дыхательного дискомфорта при их использовании, а также скопления влаги в подмасочном пространстве, что обусловлено большим сопротивлением дыханию, создаваемым материалами, из которых изготавливается полумаска. Цель работы состояла в разработке прототипа полумаски, состоящей из фильтрующих материалов, способных эффективно защищать органы дыхания работников с минимальным уровнем дискомфорта при дыхании. В рамках апробации прототипа полумаски проводились исследования на сертифицированном оборудовании в соответствии с ГОСТ 12.4.294-2015.

ВВЕДЕНИЕ

При ведении подземных горных работ происходит выделение значительных объемов пыли и аэрозолей, существенно превышающих установленные нормативные значения. Особую опасность для работающего персонала представляет респираторная фракция пыли крупностью до 10 мкм [1].

Силикозы и пневмокониозы - одни из наиболее распространенных заболеваний у работающего персонала шахт и карьеров. По данным Ростехнадзора от 25 до 45 процентов от общей заболеваемости по горной отрасли составляют именно заболевания органов дыхания (на 2023 год). В целях пылеподавления на угольных шахтах применяются такие методы, как орошение и осланцевание. Вместе с тем, работники предприятий должны быть оснащены СИЗОД (приказ Минтруда 766н) [2].

Причинами, способствующими появлению и развитию профессиональных заболеваний органов дыхания у подземного персонала угольных шахт, являются неиспользование и неправильное ношение фильтрующих полумасок. Данные причины обуславливаются следующими факторами:

- возникновение дыхательного дискомфорта, создаваемого слоями фильтрующей полумаски;
- скопление влаги в подмасочном пространстве;
- нарушение поля зрения;
- дискомфорт в области крепления

полумаски;

- повышенная температура выдыхаемого воздуха;
- затруднения при общении и т.д. [3]

Существует три класса защиты фильтрующих полумасок, характеризующихся различной степенью эффективности. Так, класс защиты FFP1 характеризуется защитой органов дыхания при концентрации пыли в воздухе до 4 ПДК, FFP2 – 12 ПДК, FFP3 – 50 ПДК [4].

Возникновение дискомфорта при дыхании связано с высоким начальным сопротивлением воздушному потоку, создаваемым материалами полумаски. В соответствии с вышеуказанным ГОСТом, для классов защиты FFP1, FFP2 и FFP3 соответственно, начальное сопротивление на входе при расходе воздуха 95 дм³/мин не должно превышать 210, 240 и 300 Па. На выдохе, при расходе воздуха 160 дм³/мин для всех классов защиты не должно превышать значение 300 Па [4].

Появление в подмасочном пространстве влаги обусловлено повышением температуры выдыхаемого воздуха. Главным образом данная проблема актуальна для полумасок, не имеющих клапана выдоха, который, в свою очередь, также отводит избыточное тепло. Кроме того, слишком уплотненная полоса обтюрации, представленная, к примеру, поролоном, может способствовать повышению температуры воздуха в подмасочном пространстве и образованию влаги [4].

Выделяют такие эксплуатационные характеристики, влияющие на комфортность ношения полумаски, как нарушение поля зрения, комфортность крепления и его надежность. В том случае, если поле зрения при использовании полумаски нарушено, крепление полумаски создает дискомфорт, либо, наоборот, маска недостаточно надежно закреплена, работник с высокой долей вероятности откажется от использования данного СИЗОД [5, 6].

Для эффективной защиты органов дыхания работника, полумаска должна состоять из трех основных слоев: внешнего, фильтрующего и гигиенического. Внешний слой задерживает крупные частицы пыли размером от 40 мкм. Основную защитную функцию полумаски выполняет фильтрующий слой, удерживающий частицы пыли размером до 1 мкм. Гигиенический слой представлен гипоаллергенным материалом и впитывает в себя образующуюся влагу в подмасочном пространстве. Кроме того, материал гигиенического слоя не должен вызывать

тактильного дискомфорта при ношении полумаски. Для отвода избыточного тепла полумаски оснащаются клапанами выдоха [7, 8].

1. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью разработки полумаски, обладающей высокими защитными характеристиками и не вызывающей при использовании дыхательного дискомфорта, было принято решение о выборе материалов слоев полумаски, а также о проведении испытаний в специализированной лаборатории.

Для внешнего слоя была взята 100%-ная бамбуковая ткань плотностью 45 г/м^2 . В задачи данного слоя входит фильтрация крупных частиц пыли и создание как можно меньшего сопротивления воздушному потоку.

Основную защитную функцию выполняет фильтрующий слой. В рамках сотрудничества с ООО «Респираторный комплекс», на базе которого были изготовлены образцы полумаски, был выбран инновационный фильтрующий материал «Нева». Для повышения защитных свойств разработанной полумаски было решено использовать в респираторе два слоя данного материала.

Ключевыми свойствами гигиенического слоя являются его гипоаллергенность и отсутствие дискомфорта при контакте с кожей, а также способность впитывать образующуюся в подмасочном пространстве влагу. Для разработанного образца полумаски было решено взять два слоя материала СМС (спанбонд-мельтблаун-спанбонд) плотностью 30 г/м^2 .

Кроме того, фильтрующая полумаска была оснащена клапаном выдоха, установленным в нижней части левой закраины полумаски. Крепление полумаски представлено эластичными ремнями, которые термически приварены к основной части респиратора и крепятся за ушами пользователя.

В целом, разработанная полумаска представляет собой две закраины, соединенных сварным швом между собой. Слои полумаски термически скреплены краевым швом в виде штрих-линий. Для улучшения плотности прилегания полумаски в качестве полосы обтюрации устанавливается носовой зажим в ее верхней части. Полумаска представлена на рисунке 1.



Рисунок 4 – Фильтрующая полумаска [составлено авторами]

В рамках исследования защитных свойств полумасок проводились испытания образцов полумаски на начальное сопротивление воздушному потоку, проницаемость материалов и запыленность. Все испытания проводились в соответствии с ГОСТ 12.4.294-2015 на базе ООО «Мониторинг».

Проницаемость материалов проводилась по парам парафинового масла и хлорида натрия при их расходе $95 \text{ дм}^3/\text{мин}$. В качестве испытательного оборудования использовалась установка «CrtiTest 8130A» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Определение коэффициента проницаемости [составлено авторами]

Начальное сопротивление воздушному потоку определялось на манекене с установленными параметрами дыхательной машины 25 циклов в минуту и $2 \text{ дм}^3/\text{ход}$. В помещении поддерживались нормальные условия: температура $23 \text{ }^\circ\text{C}$ и давление 1 атмосфера. Испытания проводились при расходе воздуха 30 и $95 \text{ дм}^3/\text{мин}$ на вдох и при расходе $160 \text{ дм}^3/\text{мин}$ на выдох. Установка для проведения испытаний представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Испытание полумаски на начальное сопротивление воздушному потоку [составлено авторами]

Также, было проведено исследование на устойчивость разработанной полумаски к запылению. Испытания проводились в пылевой камере с доломитовой пылью, куда устанавливалась голова манекена, на которую была надета фильтрующая полумаска. Параметры дыхательной машины при этом были установлены 2 дм³/ход. Лабораторная установка представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Установка для проведения испытания на устойчивость к запылению [составлено авторами]

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 приведены результаты испытаний по определению начального сопротивления воздушному потоку и значений сопротивления после испытаний на запыленность. Сопоставления получаемых результатов проводились со значениями для самого высокого класса защиты FFP3.

Расход воздуха, дм ³ /мин	Фактическое значение сопротивления, Па	Допустимое значение сопротивления для FFP3, Па
Вдох / 30 (до запыления)	39	100
Вдох / 95 (до запыления)	143	300
Выдох / 160 (до запыления)	126	300
Вдох / 95 (после запыления)	527	700
Выдох / 160 (после запыления)	212	300

Таблица 1 – Результаты испытаний по сопротивлению воздушному потоку до и после запыления [составлено авторами]

Также, представлены результаты испытаний по определению коэффициента проницаемости материала при расходе аэрозолей (хлорид натрия и парафиновое масло) 95 дм³/мин. Сравнение результатов испытаний также было проведено с классом защиты FFP3 (таблица 2).

Коэффициент проницаемости, %		
Допустимое значение для FFP3, %	Хлорид натрия, %	Парафиновое масло, %
1	0,69	0,67

Таблица 2 – Измерения коэффициента проникания [составлено авторами]

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная полумаска соответствует требованиям самого высокого класса защиты FFP3. Себестоимость одной полумаски составляет 72 рубля, что соответствует средней себестоимости полумаски на рынке при высокой эффективности защиты органов дыхания. Масса разработанной полумаски составила 7,5 г, что существенно ниже, чем масса наиболее распространенных в горной отрасли полумасок, таких как Алина-210 (13,3 г), У-2К (50 г), Respic RS2202 (12 г).

3. ВЫВОДЫ

В соответствии с результатами экспериментальных исследований разработанная фильтрующая полумаска обладает высокой степенью защиты органов дыхания. При этом, исходя из результатов испытаний на начальное сопротивление воздушному потоку, полумаска создает допустимое сопротивление дыханию.

Слой фильтрующей полумаски гипоаллергенны, эффективно защищают органы дыхания работника от пыли и аэрозолей. Ремни крепления выполнены из эластичного материала, не создающего давление при креплении. Клапан выдоха способствует отведению тепла и, как следствие, препятствует скоплению влаги.

В рамках дальнейших исследований планируется испытания разработанной полумаски в реальных производственных условиях на базе горных предприятий, ведущих добычу угля подземным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиновьева О. М., Колесникова Л. А., Меркулова А. М., Смирнова Н. А. К вопросу оценки экологического состояния окружающей среды для достижения устойчивого развития угледобывающих регионов России // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15. — № 1. — С. 35—43. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43.

2. Иванов А. В., Смирнов Ю. Д., Чупин С. А. Разработка концепции инновационной лабораторной установки для исследования пылящих поверхностей // Записки Горного института. — 2021. — Т. 251. — С. 757—766. DOI: 10.31897/PMI.2021.5.15.

3. Смирняков В. В., Родионов В. А., Смирнякова В. В., Орлов Ф. А. Влияние формы и размеров пылевых фракций на их распределение и накопление в горных выработках при изменении структуры воздушного потока // Записки Горного института. — 2022. — Т. 253. — С. 71—81. DOI: 10.31897/PMI.2022.12.

4. Кольвах К. А., Корнев А. В., Туманов М. В., Любимова А. Л., Родионов В. А. Исследование сопротивляемости запылению фильтрующих полумасок, применяемых работниками угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — № 9-1. — С. 164—179. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_164.

5. Глебова Е. В., Волохина А. Т., Вихров А. Е. Оценка эффективности управления культурой производственной безопасности в компаниях ТЭК // Записки Горного института. — 2023. — Т. 259. — С. 68—78. DOI: 10.31897/PMI.2023.12.

6. Ereemeeva A. M., Kondrasheva N. K., Khasanov A. F., Oleynik I. L. Environmentally friendly diesel fuel obtained from vegetable raw materials and hydrocarbon crude // Energies. 2023, vol. 16, no. 5, article 2121, pp. 1—12. DOI: 10.3390/en16052121.

7. Босиков И. И., Клюев Р. В., Майер А. В.,

Стась Г. В. Разработка метода анализа и оценки оптимального состояния аэрогазодинамических процессов на угольных шахтах // Устойчивое развитие горных территорий. — 2022. — Т. 14. — № 1. — С. 97—106. DOI: 10.21177/1998-45022022-14-1-97-106.

8. Скопинцева О. В., Рыбичев А. А., Баловцев С. В. Исследования формы и структуры пылевых частиц угля средней стадии метаморфизма // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2025. — № 2. — С. 5—15. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_2_0_5.

А.О. Плотников¹, В.С. Хомякова¹
ФГБОУ ВО, «Уральский государственный университет путей сообщения»,
г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, Россия

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена актуальной и проблеме обеспечения работников средствами индивидуальной защиты на предприятиях.

Представлена идея разработки «Системы оптимального выбора СИЗ», сконцентрированной на единой информационной платформе «Единая Платформа обеспечения работников СИЗ».

Платформа спроектирована в целях совершенствования процесса обеспечения работников СИЗ и позволяет в автоматическом режиме реализовать процедуру выявления потребности в СИЗ, организацию обеспечения и контроля надлежащего использования и ухода, хранения, своевременной стирки, ремонта, замены и утилизации СИЗ.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

В соответствии с требованиями трудового законодательства каждый работодатель обязан создать безопасные условия труда исходя из комплексной оценки технического и организационного уровня рабочего места, оценки факторов производственной среды и трудового процесса, опасностей, которые могут стать причиной причинения вреда здоровью работников.

Одним из важнейших аспектов создания безопасных условий труда является снабжение работников специальной одеждой и обувью, средствами индивидуальной защиты в процессе трудовой деятельности.

Обеспечение работников СИЗ является фундаментальным аспектом системы охраны труда, направленным на минимизацию профессиональных рисков и предотвращение производственного травматизма. Данная мера представляет собой комплексный подход к управлению безопасностью на рабочем месте, включающий в себя не только технические и организационные мероприятия, но и глубокую аналитическую оценку потенциальных опасностей, а также разработку эффективных стратегий их нейтрализации.

Нормативно-правовые основы обеспечения работников СИЗ, демонстрируют доминирование риск-ориентированного подхода в современном законодательстве по охране труда, основы которого были заложены несколько лет назад, когда с 1 марта 2022 года был обновлен «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ [1]. Его ориентация на позиции риск-ориентированного менеджмента потребовала изменений, в том числе и в обеспечении работников средствами индивидуальной защиты.

Для каждого работодателя важно разработать собственную систему оптимального выбора средств индивидуальной защиты с учетом риск-ориентированного подхода – специфики опасностей и рисков на каждом рабочем месте.

1.2 Актуальность

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения безопасности труда за счет использования средств индивидуальной защиты в условиях роста профессиональных рисков и сложных производственных факторов. Переход от формальных норм выдачи СИЗ к риск-ориентированной методике, основанной на реальных опасностях, выявленных в ходе оценки условий труда и профессиональных рисков на рабочих местах, позволяет сделать процесс адресным.

Современные требования к охране труда выдвигают на передний план системный анализ рисков, в целях организации персонализированного и эффективного обеспечения работников средствами индивидуальной защиты. В условиях стремительного развития цифровой трансформации особую актуальность приобретает интеграция передовых информационно-коммуникационных технологий в процессы обеспечения безопасности труда. Применение этих технологий позволяет осуществлять высокоточный подбор индивидуальных средств защиты, учитывая сложные антропометрические параметры сотрудников и специфику выполняемых операций, что существенно повышает уровень защиты и комфорта работников.

Проблема использования средств индивидуальной защиты активно изучается учёными (В. С. Борисов, С. М. Ильин, Н. А. Самарская, Е. И. Бахонина, Г. Л. Матузов, В. А. Каримова, Н. П. Маршилова) [2; 3; 4; 5]. Исследования направлены на поиск технологических решений, повышение эффективности применения СИЗ для сохранения здоровья работников в условиях воздействия опасных и вредных производственных факторов и совершенствование процесса обеспечения работников средствами индивидуальной защиты.

1.3 Объект и цель исследования

Актуальность проблемы обусловила выбор объекта и постановку цели исследования. Объектом исследования является процесс обеспечения работников средствами индивидуальной защиты.

Цель исследования: Разработать систему оптимального выбора средств индивидуальной защиты на предприятии.

1.4 Материалы и методы исследования

В основу исследования положены нормативно-правовые акты по обеспечению работников СИЗ, обновлённые регламенты, которые предписывают принимать во внимание не только результаты специальной оценки условий труда, но и оценки профессиональных рисков при определении потребности в средствах индивидуальной защиты, что способствует более точному обеспечению защиты от реальных угроз.

В ходе исследования использованы теоретические методы: анализ, синтез, обобщение, систематизация.

1.5 Результат исследования

Риск-ориентированный подход базируется на научном обосновании профессионального риска как количественной меры опасности, выражающей вероятность причинения вреда здоровью работника с учетом степени потенциального ущерба.

В отличие от традиционного нормирования, основанного на унифицированных перечнях СИЗ, современная методология предполагает: анализ специфики трудовых операций, оценку механизмов воздействия вредных факторов на организм и выбор СИЗ с учетом их защитных характеристик. Такой подход интегрирует три ключевых процесса: идентификацию опасностей, оценку рисков и выбор эффективных средств защиты с учетом и индивидуальных особенностей работника.

Процесс обеспечения работников СИЗ многоэтапный и включает в себя:

- Анализ условий труда: Проведение специальной оценки условий труда (СОУТ) и оценки профессиональных рисков для выявления опасностей и потребностей в СИЗ.

- Определение норм выдачи СИЗ: разработка и утверждение норм бесплатной выдачи СИЗ на основе Единых типовых норм и результатов СОУТ и ОНР.

- Планирование и закупка: предупредительно-плановый характер закупки или аренды СИЗ с учетом утвержденных норм и потребности работников.

- Выдача и учет: выдача СИЗ работникам, фиксация этого факта в личных карточках учета выдачи СИЗ и ведение учета в журнале.

- Обучение работников: Обучение сотрудников правильному использованию, применению и хранению выданных СИЗ.

- Хранение и уход: обеспечение надлежащего хранения СИЗ в специально оборудованных помещениях, их обслуживание (стирка, сушка, ремонт, химическая чистка, дегазация и т.д.).

- Контроль и анализ: мониторинг обеспеченности работников СИЗ, проверка их исправности и эффективности использования, а также анализ результатов контроля.

- Замена и вывод из эксплуатации: своевременная замена СИЗ, утративших защитные свойства, и их вывод из эксплуатации.

Многоэтапность процесса обеспечения работников СИЗ представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Многоэтапность процесса обеспечения работников СИЗ.

Этап	Действие
Подготовка	ОПР и СОУТ — проверка корректности проведённых мероприятий
	Анализ результатов и документации
	Утверждение внутреннего порядка обеспечения сотрудников СИЗ
Подбор СИЗ по ЕТН	Составление минимального перечня СИЗ по Приложению №1
	Дополнение перечня СИЗ по Приложению №2 и подбор ДСИЗ по Приложению №3
Выдача и контроль	Разработка норм для ИТР и профессий, не включённых в Приложение №1 к ЕТН

Все эти этапы должны быть закреплены в локальном нормативном акте (Порядок обеспечения работников СИЗ), который утверждает работодатель и задокументированы в процессе реализации.

На большинстве предприятий процесс обеспечения работников СИЗ осуществляется стандартным способом: путем оформления бумажного варианта ном выдачи СИЗ и личных карточек работников. Выбор поставщиков СИЗ осуществляется путем анализа рынка, изучения коммерческих предложений нескольких поставщиков, оценки их надежности, а также проверки соответствия продукции требованиям законодательства и нормам охраны труда.

Информационные технологии стали неотъемлемой частью деятельности предприятий. Сегодня важно использовать возможности электронных информационных средств с точки зрения их применения в управлении безопасностью. В целях совершенствования процесса обеспечения работников СИЗ на предприятии, разработана «Система оптимального выбора СИЗ», сконцентрированная на единой информационной платформе «Единая Платформа обеспечения работников СИЗ», которая гарантирует адресный подбор СИЗ.

Данная электронная платформа оптимизирует деятельность специалистов по охране труда и работодателей в подборе, учете и выдаче СИЗ сотрудникам в соответствии с действующими нормами и требованиями, автоматизирует формирование потребности в СИЗ, учитывает защитные свойства СИЗ и соответствует требованиям законодательства.

Структурные элементы системы оптимального выбора СИЗ представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурные элементы системы оптимального выбора СИЗ

Рассмотрим основные составляющие Системы подробнее:

1. Автоматизация оценки рисков:
 - Функция: Платформа позволяет цифровизировать процесс идентификации опасностей и оценки рисков, что дает возможность своевременно приоритизировать угрозы. Данные о рабочих местах, процессах и факторах вносятся в систему заранее.
 - Преимущество: автоматическое сопоставление выявленных рисков с требованиями к СИЗ по нормативам. Это заменяет ручной поиск, снижает риск ошибки, упрощает отчетность и помогает обеспечить соответствие нормативным требованиям.
2. Централизованная база данных СИЗ и поставщиков:
 - Функция: готовая база сертифицированных СИЗ с фильтрами по типам защиты, стандартам, брендам и поставщикам, вносится в систему заранее, обеспечивая прозрачность, стандартизацию и эффективность закупочных процессов.
 - Преимущество: Быстрый поиск и сравнение подходящих СИЗ по конкретным выявленным рискам, исключая неверные варианты. Учет актуальности сертификатов и возможность управлять товарами, оценивать поставщиков, быстро находить нужную информацию и избегать дублирования работы, что снижает затраты и повышает производительность.
3. Учет антропометрии и индивидуальных особенностей:
 - Функция: система учитывает антропометрическую совместимость: размерно-ростовой ассортимент СИЗ и широкий спектр антропометрических данных пользователей, обеспечивая оптимальную посадку и комфорт для всех категорий потребителей. Платформа позволяет вести цифровые профили сотрудников, включая их размеры (одежда, обувь, перчатки, каски), особенности здоровья (аллергии, необходимость очков под маску). Это обеспечивает эргономичность и удобство использования СИЗ.
 - Преимущество: гарантирует, что выбранные СИЗ будут индивидуально подобраны под каждого работника, а не заказаны «усреднено». Снижает количество брака и возвратов.
4. Анализ стоимости владения СИЗ:
 - Функция: Платформа предоставляет инструменты

для расчета полной стоимости владения СИЗ. Учитывает не только цену закупки, но и срок службы, стоимость обслуживания (чистка, ремонт), замены компонентов (фильтры), утилизации.

- Преимущество: позволяет объективно сравнивать экономическую эффективность разных моделей СИЗ от разных поставщиков на длительной дистанции.

5. Управление обратной связью и пробной эксплуатацией:

- Функция: предоставляет механизмы сбора отзывов от сотрудников после выдачи СИЗ или проведения пробной эксплуатации.

- Преимущество: позволяет оперативно получать информацию о комфорте, удобстве использования, возникающих проблемах и на основе этой обратной связи корректировать выбор.

6. Учет совместимости СИЗ:

- Функция: система помогает проверять совместимость различных типов СИЗ, необходимых работнику одновременно (например, каска + СИЗОД + защитные очки).

- Преимущество: гарантирует, что средства защиты не будут противоречить друг другу и обеспечат комплексную безопасность.

7. Управление жизненным циклом и утилизацией:

- Функция: платформа отслеживает сроки службы СИЗ, напоминает о необходимости замены, замены фильтров, а также помогает организовать процесс безопасной утилизации отработанных СИЗ.

- Преимущество: обеспечивает своевременность замены (поддерживая защиту) и соблюдение экологических норм утилизации.

8. Аналитика и отчетность для мониторинга эффективности:

- Функция: генерирует отчеты по использованию СИЗ, затратам, обратной связи, инцидентам.

- Преимущество: позволяет объективно оценить эффективность выбранных СИЗ, выявить проблемы и возможности, обосновать необходимость пересмотра выбора, а также прогнозировать будущие тенденции.

9. Интеграция с поставщиками и закупками:

- Функция: упрощает процесс заказа выбранных СИЗ у общих поставщиков.

- Преимущество: сокращает время и административные издержки на закупку, повышая качество товаров и услуг, оптимизируя цепочки поставок и улучшения качества приобретаемых СИЗ.

Описанная структура системы будет положена в основу «Единой Платформы обеспечения работников СИЗ», основной функцией которой станет информационно-техническое сопровождение процесса обеспечения работников СИЗ.

На разрабатываемой платформе особым образом структурирована информация – в виде совокупности связанных между собой веб-страниц и электронных файлов, объединенных одним доменным именем (рисунок 2).



Рисунок 2 – Интерфейс информационной платформы «Единая Платформа обеспечения работников СИЗ».

Чтобы подобрать СИЗ с помощью данной Платформы, выполняющей роль сервиса, потребуется информация об условиях труда на каждом рабочем месте. Необходимо ввести в систему тип опасности (химическая, механическая, термическая и т.д.), концентрация вредных веществ, температура, физические нагрузки и др. Используя встроенные фильтры для выбора СИЗ по категориям опасностей, система позволяет поставить галочки для уточнения условий труда, чтобы получить подходящий набор средств защиты.

Например, при открытии вкладки «Категория СИЗ», появляется возможность подобрать СИЗ в соответствии с видами профессиональных рисков и видами выполняемых работ.

1.6 Перспективы развития

Разрабатываемая система оптимального выбора СИЗ, путем использования цифровых технологий, дает возможность автоматизировать процесс обеспечения работников СИЗ, улучшить точность их подбора, отслеживания и движения (от формирования потребности, закупки, использования до утилизации), а также оптимизации затрат предприятия на приобретение СИЗ.

Система не только позволяет учитывать риски и особенности рабочего места, но и индивидуальные потребности сотрудников, что повышает безопасность и комфорт использования средств защиты, а также облегчает ведение электронной документации и отслеживание сроков эксплуатации.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна исследования заключается в том, что предлагаемое решение основано на использовании современных цифровых технологий и отличается эффективностью, скоростью и удобством, позволяя автоматизировать сопоставление данных и подбор соответствующих средств индивидуальной защиты в рамках нормативных требований.

Традиционные методы реализации процесса обеспечения работников СИЗ, требуют ручного

изучения нормативных документов и каталогов, что занимает больше времени и сопряжено с ошибками. Разрабатываемая Платформа предоставляет структурированную информацию и автоматизированные инструменты для принятия решений, что снижает затраты и повышает эффективность.

Проведенное исследование имеет практическое значение, поскольку «Система оптимального выбора СИЗ», сконцентрированная на единой информационной платформе «Единая Платформа обеспечения работников СИЗ» позволит рационализировать сложный, многоэтапный процесс выбора СИЗ, переводя его в легко управляемую и контролируемую процедуру.

Предлагаемое решение может быть взято в разработку информационно-технической службой любого предприятия в целях повышения эффективности обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и оптимизации деятельности службы охраны труда.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СИЗ – средства индивидуальной защиты.
СОУТ – специальная оценка условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 21.09.2025).
2. Борисов В. С. Современные технологические решения в сфере средств индивидуальной защиты // Инновационная наука. 2024. №10-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologicheskie-resheniya-v-sfere-sredstv-individualnoy-zaschity> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Ильин С.М., Самарская Н. А. Критерии отнесения средств индивидуальной защиты инновационным и высокотехнологичным // Экономика труда. 2022. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-otneseniya-sredstv-individualnoy-zaschity-k-innovatsionnym-i-vysokotekhnologichnym> (дата обращения: 21.09.2025).
4. Бахонина, Е. И. Особенности обеспечения работников СИЗ в Российской Федерации и зарубежных странах / Е. И. Бахонина, Г. Л. Матузов, В. А. Каримова // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 6(258). – С. 11-16. – EDN SXJRSY.
5. Маршилова, Н. П. Совершенствование процесса обеспечения работников средствами индивидуальной защиты / Н. П. Маршилова, В. С. Хомякова // Молодежь и наука. – 2023. – № 3. – EDN NRUCQM.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

АННОТАЦИЯ

В данной работе анализируется эффективность отечественных и зарубежных средств индивидуальной защиты (СИЗ) на основании современных исследований, нормативных стандартов и практической оценки в производственных условиях. Акцент делается на критерии качества, соответствие нормативам, а также актуальные тенденции импортозамещения и инновационного развития российского рынка.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1. Введение

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются фундаментальным элементом системы обеспечения безопасности труда и профилактики профессиональных заболеваний на предприятиях всех отраслей промышленности. Исторически развитие СИЗ тесно связано с возникновением новых промышленных, военных и медицинских угроз: первые разработки для массового применения появились в начале XX века, когда использование химического оружия в Первой мировой войне поставило задачу надежной защиты органов дыхания и кожных покровов. Российские ученые, такие как Н.Д. Зелинский, внесли ключевой вклад в создание эффективных противогазов на основе активированного угля, что стало основой не только отечественных, но и зарубежных технологий защиты. В течение XX века совершенствовались материалы, конструкции и эксплуатационные характеристики СИЗ: внедрялись новые модели защитных костюмов, масок, фильтрующих респираторов и специальных пропиток для ткани. С распадом СССР и развитием рыночных отношений отечественная индустрия средств индивидуальной защиты столкнулась с ростом конкуренции со стороны зарубежных производителей. Это привело к необходимости адаптации российских СИЗ к международным стандартам, внедрению инновационных технологий, а также акценту на вопросах импортозамещения, которые особенно актуализировались в последние годы. Современные потребности рынка требовательны к качеству, комфорту и комплексной эффективности — от фильтрационных свойств до эргономики, технологичности и многослойной системы защиты. Применение цифровых технологий, новых материалов и интеграция средств контроля состояния здоровья становится важным трендом для развития отрасли.

Актуальность

Актуальность сравнения эффективности отечественных и зарубежных средств индивидуальной защиты (СИЗ) обусловлена рядом современных факторов, оказывающих серьезное влияние на безопасность труда и устойчивость промышленности России. В условиях роста локализации производства, введения санкционных ограничений и перехода на новые типовые нормы выдачи СИЗ российским работодателям критично важно принимать решения, основанные на объективных данных по качеству, надежности и соответствию продукции международным стандартам.

С начала 2025 года в России вступили в силу новые единые типовые нормы (ЕТН), которые требуют детального анализа профрисков и более осознанного подхода к обеспечению работников средствами защиты. Наряду с этим, сложности с поставками импортных материалов и высокая конкуренция на внутреннем рынке стимулируют ускоренное развитие отечественного сектора СИЗ, что приводит к необходимости постоянного сравнительного мониторинга между новыми российскими и зарубежными решениями.

1.3 Цель проведения исследования

Целью проведения исследования является комплексная оценка и сравнение эффективности современных отечественных и зарубежных средств индивидуальной защиты (СИЗ) для последующего обоснованного выбора оптимальных решений, обеспечивающих максимальную защиту работников в условиях современных промышленных и нормативно-правовых требований.

1.4 Задачи

Для достижения этой цели в работе поставлены задачи:

1. Провести анализ нормативных требований, регламентирующих характеристики и методы оценки эффективности СИЗ на российском и международном рынках.
2. Сравнить технические и эксплуатационные параметры отечественных и зарубежных СИЗ на основании экспертных оценок, производственных испытаний и профессионального опыта специалистов отрасли.
3. Оценить уровень соответствия продукции актуальным стандартам, выявить сильные и слабые стороны каждого типа СИЗ.
4. Провести анализ практического применения СИЗ, выявить факторы, влияющие на реальную защитную эффективность в условиях рабочего процесса.

5. Сформулировать выводы и рекомендации по оптимизации системы обеспечения работников СИЗ с учетом отраслевой специфики, экономических и регуляторных аспектов.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов исследования использованы актуальные нормативно-правовые документы, регламентирующие требования к средствам индивидуальной защиты в Российской Федерации, включая Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда", приказ Минтруда России от 05.12.2014 № 976н, устанавливающий методику снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками эффективных средств индивидуальной защиты, технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 "О безопасности средств индивидуальной защиты", а также соответствующие ГОСТы и международные стандарты ISO в области СИЗ. Для проведения сравнительного анализа были собраны технические характеристики, сертификаты соответствия, эксплуатационная документация и результаты производственных испытаний наиболее распространенных образцов отечественных и зарубежных СИЗ различных классов защиты. Методологическая база исследования основана на комплексном подходе к оценке эффективности СИЗ, включающем последовательное определение ключевых показателей: показателя соответствия СИЗ перечню вредных производственных факторов на рабочем месте (Вф), показателя соответствия защитных свойств СИЗ фактическим уровням вредных производственных факторов (Вк), показателя потребительских свойств СИЗ (Ву), показателя соответствия времени использования СИЗ сроку гарантированного сохранения защитных свойств (Пв), показателя своевременности проведения проверки исправности СИЗ (Пи), показателя обеспеченности неснижаемым запасом СИЗ (Пнз), показателя проведения инструктажа работников о правилах применения СИЗ (По) и показателя наличия профессиональных заболеваний, связанных с неправильным применением СИЗ (Ппз). Для количественной оценки эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания применялся метод с использованием счетчика аэрозольных частиц, позволяющий сравнивать концентрации вредных веществ в окружающей среде и в подмасочном пространстве. Анализ включал экспертную оценку технической документации, сравнение результатов лабораторных и полевых испытаний, анкетирование работников предприятий различных отраслей промышленности относительно комфортности использования различных типов СИЗ, а также статистическую обработку данных о частоте отказов, сроках эксплуатации и экономической эффективности применения исследуемых образцов средств индивидуальной защиты.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате исследования установлено, что отечественные производители средств индивидуальной защиты (СИЗ) в последние годы демонстрируют уверенный рост на фоне программы импортозамещения, развития собственных технологических решений и внедрения новых стандартов, что позволяет ряду отечественных СИЗ соответствовать современным требованиям безопасности труда и международным нормативам; при этом наблюдается последовательное повышение качества продукции за счет внедрения межгосударственных стандартов ГОСТ и расширения ассортимента изделий, способных конкурировать с зарубежными аналогами по ключевым параметрам — надежности, адаптации к условиям российских отраслей, стоимости и логистике. Зарубежные СИЗ по-прежнему сохраняют преимущества в области инновационности, комфорта при эксплуатации, эргономики и технологичности отдельных решений, однако сталкиваются с трудностями интеграции на российский рынок из-за разницы стандартов и ограничений на поставки сырья. Доля отечественной продукции на рынке СИЗ увеличивается за счёт государственного субсидирования, развития цифровых технологий, а также смены приоритетов заказчиков, для которых важны не только технические характеристики, но и доступность продукции на фоне импортных ограничений. Проведённый анализ производственных испытаний, технической документации и анкетирования работников показал, что современные отечественные СИЗ обеспечивают сопоставимую с импортными средствами степень защиты — как по фильтрационным, так и по эксплуатационным параметрам, а по стоимости, ремонтпригодности и вопросам своевременного обслуживания зачастую превышают зарубежные аналоги. Выявлены ключевые проблемы отечественного сектора: наличие контрафактной продукции, нехватка высокотехнологичного сырья и необходимость дальнейшего совершенствования систем контроля качества, что требует дополнительных мер со стороны регуляторов и производителей. Общая тенденция отрасли подтверждается и статистическими данными: рост инвестиций в СИЗ сопровождался заметным снижением производственного травматизма в России, что свидетельствует о повышении уровня реальной защищённости работников при грамотном выборе и правильной эксплуатации современных средств индивидуальной защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключевые выводы исследования заключаются в следующем: российские средства индивидуальной защиты демонстрируют значительный рост качества и технического уровня на фоне политики импортозамещения и обновления стандартов. Современные отечественные изделия по степени

защиты, соответствию регуляторным требованиям, стоимости и эксплуатационным характеристикам сравнимы с ведущими зарубежными аналогами, однако иностранные СИЗ сохраняют лидерство по инновационности, степени эргономики и комплектации интеллектуальными функциями. Государственная поддержка и развитие системы контроля качества позволяют отечественным производителям быстро реагировать на потребности рынка и снижать профессиональные риски. Вместе с тем выявлены проблемы распространения контрафактной продукции, неоднородности качества у отдельных производителей и нехватки высокотехнологичного сырья, что требует дальнейшего совершенствования системы сертификации, расширения научных исследований и интеграции передовых цифровых технологий в отечественный сектор СИЗ для повышения конкурентоспособности на международном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ российского и мирового рынка СИЗ. Новые тенденции и вызовы 2025 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://indpages.ru>, 2025.
2. Современное состояние и перспективы развития рынка СИЗ в России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://maski-mira.com>, 2024.
3. Мировой и российский рынки СИЗ: главные тренды в 2025 году [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ot-media.ru>, 2025.
4. Количественная оценка СИЗОД: новые подходы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://e.otruda.ru>, 2022.
5. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://trudohrana.ru>,
6. Оценка эффективности применения СИЗ (Приказ Минтруда России от 05.12.2014 №976н, приложение) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://consultant.ru>,
7. Гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от вредных химических веществ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://zniso.fcgie.ru>, 2022.
8. Объем российского рынка СИЗ вырос на 18% и достиг 330 млрд рублей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rbc.ru>, 2025.

ОХЛАЖДАЮЩИЙ ЖИЛЕТ ДЛЯ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕНЧИВОГО МИКРОКЛИМАТА

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена разработке и совершенствованию средств индивидуальной защиты для работников, занятых на рабочих местах с нагревающим микроклиматом в горнодобывающей промышленности. Рассмотрены существующие типы жилетов с охлаждающим эффектом. Предложена конструкция жилета с эффектом охлаждения с использованием технологии материалов с фазовым переходом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По данным Росстата количество работников различных отраслей промышленности, занятых на работах с вредными условиями труда, остается на высоком уровне (34,9%), что обуславливает актуальность поиска решений по дальнейшему улучшению условий труда и разработке более совершенных средств индивидуальной защиты.

В данной работе рассматривается проблема совершенствования средств индивидуальной защиты при работе в неблагоприятных условиях микроклимата. По официальной статистике за 2024 год 3,3% работников были заняты на рабочих местах, на которых параметры микроклимата не соответствовали гигиеническим нормативам.

Параметры микроклимата определяют тепловой комфорт и самочувствие работников, особенно в сочетании с другими вредными факторами (вибракоакустические факторы, АПФД, излучения и т.д.). Особенно это актуально для ряда рабочих мест в горнодобывающей промышленности с нагревающим микроклиматом (либо изменяющимися в течение рабочей смены параметрами микроклимата).

Одним из решений по обеспечению теплового комфорта работников является использование средств индивидуальной защиты – жилетов с функцией терморегуляции.

Целью данной работы является совершенствование конструкции жилетов с охлаждающим эффектом для работников горнодобывающей отрасли, работающих в условиях нагревающего микроклимата.

• АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Работники горнодобывающих отраслей в стандартных жилетах сталкиваются с рядом серьезных проблем, особенно в условиях переменчивой температуры под землёй. Возрастает риск низкой терморегуляции, так как стандартные жилеты зачастую не обеспечивают адекватного охлаждения или утепления при быстрых перепадах температуры. В результате чего, тело либо перегревается, либо переохлаждается, что снижает производительность и комфорт работника. Также может создаваться «парниковый эффект» в виду малой воздухопроницаемости ткани, или жилеты могут

стеснять движения и быть слишком тяжелыми.



Рис. 1. Охлаждающий жилет горнорабочих

Проанализировав существующие жилеты, мы пришли к выводу, что многие из них не эффективны, по ряду причин.

Рассмотрим каждый жилет подробнее.

Жилеты с водяными и ледяными охлаждающими элементами. В данные жилеты встроены элементы (пакеты или контейнеры) с водой или гелем, которые предварительно охлаждаются или замораживаются. При носке жилета, вода или гель отдадут свой холод телу, снижая его температуру.

Преимущества:

- высокая эффективность быстрого охлаждения;
- простота использования;
- доступность материалов;

Недостатки:

- ограниченное время охлаждающего эффекта, ледяные брикеты быстро размораживаются и теряют эффективность, обычное время действия 1-2 часа;
- неравномерное охлаждение – охлаждаются только те части тела, рядом с которыми находятся пластины;
- риск переохлаждения кожи – при длительном контакте с холодом возможны дискомфорт и как следствие возникновение переохлаждения организма и возникновение заболеваний с временной утратой трудоспособности;

- неудобство в использовании – жилеты с водой как правило тяжелые, громоздкие и снижают работоспособность;

- требуется приобретение дополнительного холодильного оборудования для охлаждения пакетов с водой или гелем;

- недостаточная вентиляция – жилеты могут сохранять конденсацию, что вызывает различные кожные заболевания;

- неэкологичность (при производстве охлаждающих элементов используются полимерные материалы, которые требуют дополнительных затрат на утилизацию).

Жилеты, охлаждающие с медными пластинами. Их используют для отвода тепла за счет высокой теплопроводности меди.

Преимущества:

- высокая теплопроводность меди, которая быстро отводит тепло от кожи, и способствует ее охлаждению;

- отсутствует необходимость замораживать или охлаждать пластины;
- долговечность – медь устойчива к воздействию внешних факторов, что повышает срок ее службы;
- экологичность – медь природный материал, безопасный для окружающей среды.

Недостатки:

- вес и неудобство при носке. Жилет не удобен в движении, что способствует снижению работоспособности;
- отсутствие активного теплоотвода. Медь может накапливать тепло или холод, что так же делает носку некомфортной;
- высокая стоимость меди.

3. КОНЦЕПТ ЖИЛЕТА С ОХЛАЖДАЮЩИМ ЭФФЕКТОМ

Так как в условиях высокой температуры, влажности и ограниченного пространства эффективное терморегулирование является ключевым фактором безопасности и производительности шахтёров, мы хотим представить следующий концепт охлаждающих. Предлагается гибридный подход, который объединит фазовые материалы и испарительное охлаждение с активной вентиляцией.

Принцип действия основан на создании охлаждающего эффекта через испарение жидкости. Жилет нужно погрузить в воду на 10-20 секунд, затем отжать. В течении 10-12 часов внутренняя влагопоглощающая часть постепенно выделяет влагу, которая испаряется, обеспечивая комфортное охлаждение тела. Испарение – это естественная терморегуляция организма, когда охлаждение происходит за счет испарения пота. Тем самым, работник чувствует комфорт вне зависимости от условий переменчивого микроклимата. Охлаждение усиливается при высоких температурах и замедляется при более низких. Охлаждающий эффект происходит равномерно, без резких перепадов температуры, в отличии от жилетов с замороженными элементами. Через некоторое время организм адаптируется, работник перестает ощущать эффект, но при этом не испытывает перегрева.

Мы предлагаем разработку жилета с применением многослойной конструкции, включающей: (рис. 2.)

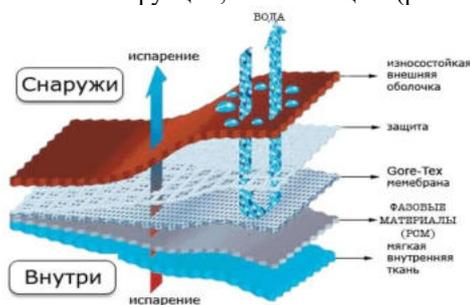


Рис. 2. (схема слоев разрабатываемого охлаждающего жилета)

- внешний влагозащитный дышащий слой (аналог Gore – Tex) обеспечивающий защиту от пыли и воды. Это серия мембранных материалов, используемых в одежде, обуви и аксессуарах. Данный материал обеспечивает водонепроницаемость при сохранении воздухопроницаемости, позволяя выводить влагу с поверхности тела.

- средний слой, совмещающий фазовые материалы (PCM) для длительного отведения тепла и влагопоглощения. (PCM) PHASE Change Materials – является перспективной технологией. Это вещества, которые способны аккумулировать и отдавать большое количества тепла при переходе из одного физического состояния в другое, обычно из твёрдого в жидкое и наоборот. При этом он поглощает тепло, тем самым предотвращая дальнейшее повышение температуры объекта. При охлаждении PCM застывает, отдавая накопленное тепло обратно.

- внутренний слой из мягкой, гипоаллергенной ткани с антибактериальной пропиткой.

• ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложенная конструкция жилета с эффектом охлаждения при работе в условиях нагревающего микроклимата может обеспечить тепловой комфорт для работника на рабочих местах. При этом предлагаемая конструкция позволяет устранить многие недостатки, присущие имеющимся на рынке аналогам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаков М.Л., Степанов И.С. Оценка профессионального риска при воздействии нагревающего микроклимата при ведении подземных горных работ // Записки горного института. – 2017. – №225. – С. 364–8. <https://doi.org/10.18454/pmi.2017.3.364>
2. Коробков П.С., Канивец И.В. Анализ условий труда в сфере добычи полезных ископаемых // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов – Белгород, 2024. – С. 73-76.
3. Савченко Н.В. Использование энергоёмкости фазового перехода лед - вода в комбинированном индивидуальном кондиционировании в условиях повышенной температуры окружающей среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 6. – С. 82-87.
4. Базарова Е.Л., Федорук А.А., Рослая Н.А., Гоголева О.И., Плотко Э.Г., Ошеров И.С., Бабенко А.Г. Оценка профессионального риска при воздействии нагревающего микроклимата в условиях модернизации металлургического предприятия // Гигиена и санитария – 2020. – № 99 (12). – С. 1460-1466. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-12-1460-1466>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ИЗДЕЛИЙ СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ НАСЫПНОЙ ШИХТЕ В СРЕДСТВАХ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ возможности замены насыпной шихты гранулированного активированного угля в противогазовых фильтрах на блочные углеродные изделия сотовой структуры. Теоретический расчет перепада давления и экспериментальные исследования показали, что сотовые структуры обеспечивают значительно более низкое сопротивление дыханию при большой длине слоя, в том числе при более низкой порозности. Установлено, что блочные изделия демонстрируют сопоставимую динамическую адсорбционную емкость и высокое время защитного действия по парам бензола.

1. ВВЕДЕНИЕ

Очистка газов на адсорбентах осуществляется в проточных условиях. Поток очищаемого газа проходит через насыпной слой адсорбента, называемый шихтой, загрязняющие вещества адсорбируются микропорами и/или поверхностью используемого адсорбента, при этом поток очищается. Для удаления летучих органических соединений и ряда неорганических отравляющих веществ используется гранулированный активированный уголь (ГАУ). Для обеспечения хорошей кинетики адсорбции ГАУ производят с размером гранул от 0,8-1 до 4-5 мм [1]. Использование более мелкой фракции приводит к высокому перепаду давления на насыпной шихте, что для ряда процессов играет ключевую роль. К таким процессам относится очистка воздуха от отравляющих веществ в противогазовых фильтрах. Согласно ГОСТ 12.4.235-2019 «Фильтры противогазовые и комбинированные» сопротивление дыханию (перепад давления) не должно превышать 160-1060 Па в зависимости от класса защиты противогазового фильтра и объемного расхода вдыхаемого воздуха [2].

Для минимизации перепада давления в современных противогазовых фильтрах и сохранения высоких защитных характеристик уменьшают высоту насыпной шихты ГАУ, но при этом увеличивают суммарную площадь поперечного сечения шихты. Такой подход позволяет снизить линейную скорость вдыхаемого потока, проходящего через сорбирующий материал, что положительно сказывается как на перепаде давления, так и на защитных свойствах шихты. Однако, ввиду низкой высоты слоя, степень отработки адсорбционной емкости ГАУ в такой системе низка.

Впервые такое поведение шихты было замечено Николаем Александровичем Шиловым. В отчете

№11 «Исследование вопроса о конструктивных условиях противогазов для более совершенного использования свойств угля» от 1 марта 1917 года Н.А. Шилов приходит к заключению: «Резюмируя результаты опытов, необходимо сделать вывод, что при постоянном весе угля несравненно рациональнее может быть использовано защитное действие его (динамическая активность) удлинением противогаза, чем его расширением, насколько это, конечно, позволяет условие свободного дыхания через угольный слой» [3].

Таким образом, в настоящей работе проводится анализ возможности увеличения длины слоя с сохранением на высоком уровне динамической активности и на низком уровне перепада давления.

Решением задачи видится использование активированного угля в виде блочного изделия со сквозными каналами разной геометрии (круглые, квадратные, шестиугольные и т.д.) так называемой сотовой структуры.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является обоснование возможности использования блочных изделий сотовой структуры в средствах защиты органов дыхания человека.

Задачи работы:

- 1) Провести теоретический и экспериментальный анализ перепада давления в шихте и в блочном изделии сотовой структуры.
- 2) Исследовать динамику адсорбции паров бензола на блочных углеродных изделиях.

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчет перепада давления для шихты производился по формуле Эргуна без учета пристеночного эффекта (1), для сотовой структуры по формуле Пуазейля (2)

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{(1-\varepsilon_0)^2 \mu v_0}{\varepsilon_0^3 d_c^2} + 1,75 \left(\frac{(1-\varepsilon_0) \rho v_0^2}{\varepsilon_0^3 d_c} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{32 v_0 \mu}{d_k^2} \quad (2)$$

Где ε_0 — порозность слоя (доля объема промежутков между гранулами), μ — динамическая вязкость воздуха, v_0 — фиктивная скорость воздуха, ρ — плотность воздуха, d_c — диаметр частиц, d_k — диаметр каналов

Для упрощения расчета частицы в шихте принимались сферической формы. За фиктивную

скорость принимался объемный расход воздуха, отнесенный к площади поперечного сечения шихты при расчете по уравнению (1) и отнесенный к суммарной площади каналов при расчете по уравнению (2). Отсюда следует, что скорости, принимаемые для шихты, значительно занижены ввиду неучета объема твердого тела.

Расчет проводился для диаметра шихты и блока 2,6 см, с расходом 2,1 дм³/мин, что дает удельный расход равный 0,40 дм³/мин*см², что соответствует среднему расходу воздуха через противогазовый фильтр.

Экспериментальная оценка перепада давления проводилась с помощью микроманометра ММН-2400 с ценой деления 2 Па. Условия эксперимента идентичны приведенным выше.

Для изучения динамики адсорбции были получены блочные углеродные изделия сотовой структуры из бакелитового лака. Блочное изделие получалось заливкой бакелитового лака в литьевую модель, полученную методом 3D печати, с дальнейшими процессами шивки, карбонизации и парогазовой активации. На выходе получали изделий высотой от 2,6 до 8,0 см. На одно изделие приходилось 60 каналов диаметров 1,6-1,8 мм, толщина стенки между каналами составляла порядка 0,8 мм.

Адсорбции паров бензола в проточном режиме проводилась в следующих условиях: исходная концентрация бензола — 3 ± 0,3 мг/дм³, расход паровоздушной смеси (ПВС) — 2,1 дм³/мин, в пересчете на сечение блочного изделия удельный расход 0,4 – 0,45 дм³/мин*см², относительная влажность ПВС — 75 ± 5 %, температура ПВС — 28 °С. Концентрация бензола за блочным изделием оценивалась газоанализатором АНТ-3М с диапазоном измерения концентраций 0 – 66 мг/м³.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На рисунке 1 приведены кривые перепада давления в шихте с различной порозностью в зависимости от диаметра частиц.

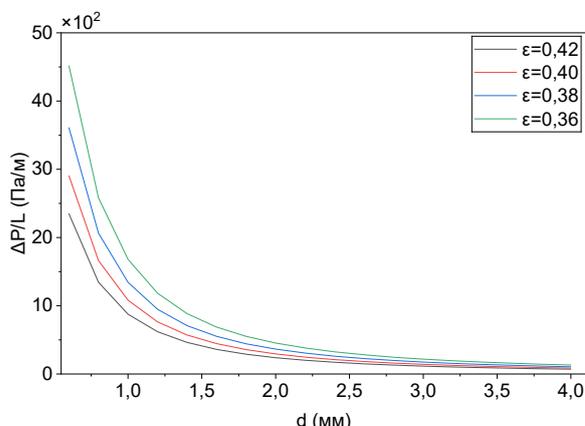


Рисунок 1 — Зависимость перепада давления в шихте от диаметра гранул и порозности

По данным зависимостям видно, что использование частиц размером менее 1 мм

приводит к резкому росту перепада давления в шихте. Порозность шихты также оказывает влияние на перепад давления, так при уменьшении порозности на с 0,42 до 0,36 перепад давления возрастает на 88-92 % для всех взятых размеров частиц.

На рисунке 2 приведены кривые перепада давления в блочном изделии сотовой структуры с круглыми каналами в зависимости от их количества и диаметра.

Из приведенных данных видно, что при значениях порозности свыше 0,2 перепад давления для всех приведенных диаметров каналов значительно ниже, чем для шихты с размером гранул меньше 2 мм. При уменьшении порозности с 0,5 до 0,3 перепад давления возрастает на 66 % для различных диаметров каналов.

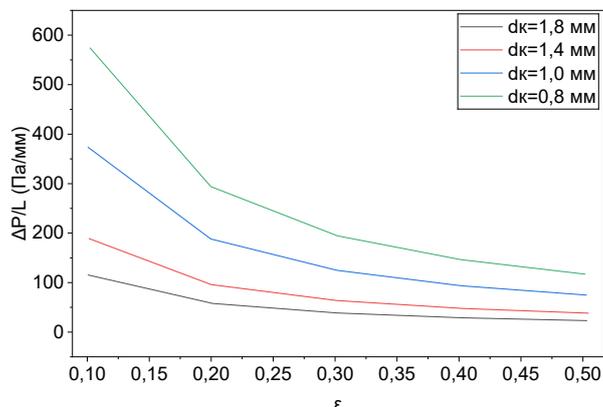


Рисунок 2 — Зависимость перепада давления в шихте от порозности и диаметра каналов

Здесь нужно отметить, что в блочных изделиях сотовой структуры порозность связана с количеством каналов на единицу площади (CPSC «cells per square centimetre» в международной литературе) и их диаметром, что также сказывается и на толщине стенок между каналами. Это позволит достаточно в широких пределах варьировать соотношение толщина стенки:диаметр канала и насыпную плотность изделий, чтобы достичь наилучших массообменных характеристик, при сохранении перепада давления на низких уровнях.

На рисунке 3 показана зависимость перепада давления от объемного расхода воздуха для насыпной шихты с размером частиц 1 мм и блочного изделия с порозностью 0,4 и диаметром каналов 1 мм.

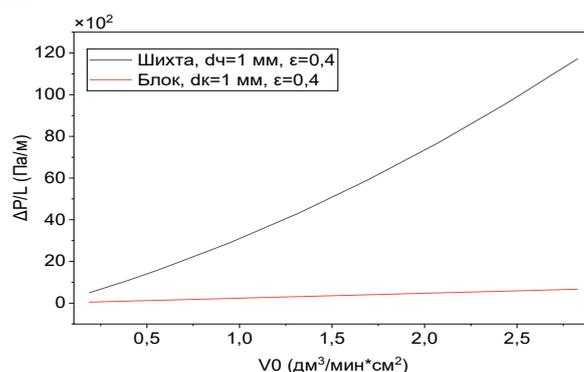


Рисунок 3 — Зависимость перепада давления в шихте и блоке от удельного расхода воздуха

Из данных рисунка 3 видно, пожалуй, главное достоинство блочных изделий сотовой структуры — слабая зависимость перепада давления от скорости потока. Так, при увеличении удельного расхода воздуха с 0,4 до 2,0 $\text{дм}^3/\text{мин} \cdot \text{см}^2$ перепад давления для насыпной шихты увеличивается в 7,1 раз, в то время как для блочного изделия 5,25 раз. При дальнейшем увеличении расхода различие нарастает.

Таким образом, сотовые изделия имеют значительно более низкое сопротивление дыханию чем традиционная насыпная шихта, которая используется в противогазовых фильтрах средств коллективной и индивидуальной защиты органов дыхания.

В таблице 1 приведены экспериментально определенные значения перепадов давления для различных промышленно выпускаемых углей и блочных изделий сотовой структуры.

Таблица 1 — Экспериментальные значения перепадов давления в шихте и блочном изделии

Материал	Высота, см	ϵ	ΔP , Па
АГ-5	3	0,4	36
АГ-3	3	0,4	12
АР-А	3	0,4	10
Блок	2,6	0,27	<2
Блок	6,0	0,27	2
Блок	8,6	0,27	>2

Полученные значения хорошо соотносятся с рассчитанными и наглядно показывают преимущество блочных изделий сотовой структуры.

На рисунке 4 приведены выходные кривые адсорбции паров бензола на блочных изделиях различной высоты.

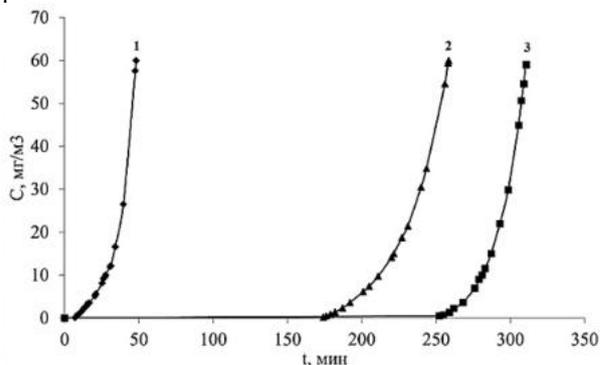


Рисунок 4 — Выходные кривые адсорбции паров бензола на блочных углеродных изделиях. 1 – высота изделия 2,6 см, 2 – высота изделия 6,0 см, 3 – высота изделия 8,6 см

Эффективный объем микропор, определенный по адсорбции паров бензола при $P/P_s = 0,175$, для блочных изделий равнялся 0,14-0,20 $\text{см}^3/\text{г}$, что значительно ниже промышленно-выпускаемых марок активированных углей (0,28-0,70 $\text{см}^3/\text{г}$). Однако, несмотря на это, полученные изделия не характеризуются моментальным проскоком и имеют достаточно высокое время защитного действия.

Сравнение величин динамических адсорбционных емкостей, отнесенных к эффективному объему микропор, для шихты угля

марки АГ-3 и блочного изделия показало, что эти величины идентичны [4].

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное теоретическое обоснование и экспериментальное исследование подтвердило перспективность использования блочных углеродных изделий сотовой структуры для замены насыпной шихты ГАУ в средствах защиты органов дыхания. Основное преимущество — значительно более низкий перепад давления даже при большой высоте изделия, что решает проблему компромисса между сопротивлением дыханию и защитными свойствами. Блочные изделия показали высокое время защитного действия и, сравнимую с активированным углем марки АГ-3, динамическую адсорбционную емкость. Таким образом, разрабатываемый подход может значительно улучшить защитные характеристики противогазовых фильтров и существенно повысить уровень комфорта при использовании СИЗОД за счет уменьшения перепада давления в слое фильтрующего материала.

Однако, остается открытым вопрос способа получения блочных изделий. Перспективной областью видится адаптация методов 3D-печати (аддитивных технологий) для получения блочных сорбирующих изделий. Гибкость 3D печати позволит создавать не только блочные изделия сотовой структуры, но и откроет возможности для создания изделий совершенно различных геометрий: гироиды, решетчатые структуры, межосевые каналы и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- ГОСТ Р 56357-2015. Уголь активированный АГ-3. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 01.07.2016 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 5 с.
- ГОСТ 12.4.235-2019. Фильтры противогазовые и комбинированные. Общие технические требования. Методы испытания. Маркировка : межгосударственный стандарт : дата введения 01.09.2020 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 28 с.
- Николай Александрович Шилов / под ред. академика М. М. Дубинина. – Москва : Изд-во Военной академии химической защиты, 1964. – 194 с.
- Получение сорбционно-активных блочных углеродных изделий с помощью 3d печати и исследование их основных характеристик / В. В. Самонин, С. П. Хохлачев, М. М. Сычев [и др.] // Российский химический журнал. – 2025. Т. 69. С. 91-99.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ В АПК

АННОТАЦИЯ

Анализ условий труда работников агропромышленного комплекса показывает существование разрыва между требованиями безопасности и гигиеническими нормами. В связи с этим проведено исследование физико-механических свойств материалов для производства специальных средств защиты. На основе полученных данных были разработаны технические требования и созданы образцы курток и комбинезонов для работников фермерских хозяйств, что позволит улучшить уровень безопасности и здоровья сотрудников в данной отрасли.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Сельское хозяйство представляет собой отрасль экономики, которая, направлена на обеспечение населения нашей страны продовольствием и получение сырья для отраслей промышленности. В условиях увеличения производства сельскохозяйственной продукции агропромышленный комплекс по-прежнему имеет один из самых высоких показателей травматизма в стране.

Рабочий персонал сельского хозяйства получает значительное количество травматизма и профессиональных заболеваний из-за неудовлетворительного состояния рабочих мест и организации труда, а также эксплуатации неисправных машин и оборудования, недостатков в процессе обучения в области безопасных методов труда и отсутствия средств коллективной и индивидуальной средств защиты.

Работники животноводства получают серьезные травмы, связанные с сельскохозяйственными животными и сельскохозяйственной техникой.

Основное место в комплексных мерах в системе охраны труда в животноводстве занимает использование индивидуальных средств защиты, которые предназначены для защиты работников сельского хозяйства от опасных и вредных производственных факторов на своих рабочих местах.

1.2 Актуальность

Проблемы охраны труда, в том числе охраны труда на производстве, становятся все более актуальными в связи с увеличением числа травматизмов, тяжести профессиональных заболеваний и количества несчастных случаев на производстве.

Для агропромышленного комплекса одной из наиболее актуальных является проблема улучшения условий и охраны труда на рабочем месте. За прошедший год общий травматизм в сельском хозяйстве составил около 40% от общего числа жертв несчастных случаев.

1.3 Цель и задачи исследования

Целью работы является изучение средств индивидуальной защиты как одно из мероприятий по улучшению условий рабочих мест в АПК.

Для достижения следующие задачи:

- Проанализировать состояние травматизма в сельском хозяйстве;
- Изучить основные опасные производственные факторы в организациях АПК;
- Разработать мероприятия по снижению влияния вредных и опасных факторов.

1.4 Анализ состояния травматизма в сельском хозяйстве

Авторы научных исследований в области охраны труда признают тот факт, что уровень профессиональных заболеваний и травматизма в сельском хозяйстве остается на высоком уровне.

По их мнению, в настоящее время имеется много научных данных, касающихся профессиональных опасностей на сельскохозяйственных фермах, а также стратегий их предотвращения. Несмотря на это, уровень травматизма и болезней в сельском хозяйстве остается выше, по сравнению с другими отраслями.

При анализе несчастных случаев, связанных с эксплуатацией сельскохозяйственной техникой, зарубежные исследователи предоставляют информацию о том, что усовершенствованные технологии, скоординированные профилактические меры и более эффективная подготовка и повышение квалификации не всегда способствуют снижению количества травм с серьезными последствиями.

Ряд исследователей отмечают, что сельскохозяйственная техника является источником получения на производстве серьезных и смертельных травм. Около 20% всех случаев травм, связанных с сельским хозяйством, происходят во время эксплуатации и технического обслуживания техники [1].

В сельском хозяйстве более 40% работников работают в условиях воздействия на рабочих местах вредных и опасных факторов. Около 15,8% работников сельского хозяйства работают в условиях тяжести трудового процесса (показатель

физической нагрузки на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма), а около 5,2% работают в условиях стресса (показатель сенсорной нагрузки на центральную нервную систему).

При воздействии на работников физических факторов, таких как вибрация и шум, это приводит к изменению естественной реакции организма на уровнях систем организма и клеточном уровне.

Выявление изменений в функциональных системах организма на ранних стадиях является необходимым условием для профилактики, распознавания профессиональных заболеваний у сотрудников.

1.5 Применяемые средства индивидуальной защиты для предотвращения негативных факторов

Используемые средства индивидуальной защиты в АПК должны соответствовать гигиеническим характеристикам, которые включают гигроскопичность, теплозащиту, паро- и воздухопроницаемость, водонепроницаемость, отсутствие загрязнений, вес и ряд других характеристик.

Гигроскопичность представляет собой способность материалов одежды впитывать влагу или водяной пар, пот работника на своей поверхности и выделять ее в окружающую среду рабочей зоны.

Количество поглощаемой влаги одежды зависит от вида волокон. Свойства гигроскопичности кроме этого важна для поддержания теплового равновесия в пространстве между человеком и одеждой.

Теплопроводность увеличивается под воздействием гигроскопичной влаги, это связано с тем, что коэффициент теплопроводности воды в 20 раз больше, чем у воздушной массы.

Следующим свойством является спецодежды является теплозащита. Это свойство характеризует способность одежды удерживать тепло, выделяемое телом сотрудника при выполнении им работы.

Теплозащитные свойства спецодежды определяются рядом характеристик таких как общее тепловое сопротивление упаковки, толщина и воздухопроницаемость упаковочного материала для одежды, дизайн изделия, волокнистый состав, а также структура материалов.

Величина, обратная теплопроводности, которая является основной и простейшей характеристикой теплозащитных свойств – это термостойкость одежды.

Следующим гигиеническим свойством является термостойкость, которая обусловлена толщиной воздушных слоев, волокнистым составом материалов, а также количеством слоев рабочей одежды.

Спецодежда для сотрудников, изготовленная из плотной ткани с начесом или ворсом, а также из материалов на основе шерстяных, лавсановых

волокон и пряжи, обладает более высокими теплозащитными свойствами.

Необходимо отметить, что использование толстых и плотных материалов приводит к утяжелению рабочей одежды, потере трудоспособности работника, а также снижает экономические показатели одежды.

Спецодежда на внутренней и внешней своей поверхности не должна способствовать накоплению и развитию микроорганизмов, а для этого она должна отвечать санитарным и микробиологическим требованиям. Необходимо, чтобы ткани одежды обладали антимикробной активностью.

При очистке от грязи одежда не полностью освобождается от микроорганизмов, поэтому она должна быть устойчива к различным видам санитарной обработки – стирке и глажке при высокой температуре, дезинфицирующим средствам.

1.6 Мероприятия по снижению опасности производственных факторов

Современный агропромышленный комплекс – это сложное сочетание производственных процессов. В то же время условия труда в некоторых отраслях сохраняют свои особенности из-за специфики производственного процесса и далеки от требуемых стандартов [2].

Мероприятия по снижению профессионального риска причинения вреда здоровью работников сельского хозяйства должны носить систематический постоянный профилактический характер.

Предлагаемая схема управления профессиональными рисками для здоровья работников АПК включает:

- Обязательный курс периодических медицинских осмотров для выявления профессиональных заболеваний;
- Устранение и (или) снижение уровней вредных производственных факторов окружающей среды;
- Использование средств коллективной и индивидуальной защиты;
- Мониторинг финансовых затрат, связанных с ущербом для здоровья и безопасности работников.

Принимая во внимание специфику отрасли сельского хозяйства, следует отметить, что необходим комплексный подход к изучению охране труда и системе управления профессиональными рисками в животноводстве.

Важная роль должна отводиться строгому отбору по профессиональным качествам с целью первичной медицинской профилактики риска развития профессиональных заболеваний у работников АПК.

Имеет место быть включить в программу производственного контроля сельскохозяйственного предприятия такие аспекты, как технический контроль оборудования

комплекса, а также общую культуру производства – отношение работников к технике, животным и своим обязанностям [3].

Для обеспечения безопасности сотрудников от воздействия опасных производственных факторов проводятся меры коллективной защиты, которые полностью или частично перекрывают действие опасных факторов, и исключают их действие в случае проникновения человека в помещение, где они возникают.

Установлено, что наиболее эффективной мерой по профилактике травматизма среди работников на производстве является образовательно-пропагандистское, направленное в первую очередь на предотвращение мотивационной части действий.

1.7 Использование средств индивидуальной защиты

Основное место в комплексных мерах в системе охраны труда в сельском хозяйстве занимает использование индивидуальных средств защиты, которые предназначены для защиты работников от опасных и вредных производственных факторов на своих рабочих местах.

Анализ литературных источников показывает, что состояние условий труда работников сельского хозяйства требует конкретных мер по их нормализации. В связи с вышесказанным, в большинстве случаев средства индивидуальной защиты являются единственным приемлемым способом защиты сотрудников от неблагоприятных факторов в данной ситуации.

Анализ условий труда на рабочих местах и их влияния на здоровье работников сельского хозяйства указал, что существует разница между требованиями безопасности и гигиеническими нормами.

В связи с этим, а также в связи с ростом производственного травматизма работников сельского хозяйства существует необходимость модернизации средств индивидуальной защиты.

Типовые индивидуальные средства защиты, которые выдаются работнику не полностью защищают его от воздействия внешних негативных факторов.

Согласно литературным данным А.В. Коваленко, было установлено, что в зимний период года температура воздуха в скотных дворах колеблется в диапазоне от +4 до +8°C, при оптимальной температуре +10°C.

Влажность воздуха увеличивается при сочетании с низкой температуры, высокой влажности и значительной скорости воздуха. Таким образом, работнику необходимо средства защиты для работы в условиях с низкими температурами.

В связи с выше изложенным, были исследованы физико-механические свойства материалов для пошива специальных средств защиты работников. В соответствии с

положениями о разработке технических требований были разработаны виды курток, комбинезонов для работников фермы.

Спецодежда разработана на основе уже имеющихся моделей мужских и женских курток, комбинезонов для защиты от воздействия низких температур воздуха рабочей зоны, а также механических воздействий скота.

Эти факторы при недостаточном обеспечении животноводов спецодеждой провоцируют такие характерные заболевания, как нарушения кровообращения (заболевания сосудов сердца), воспалительные заболевания (ревматизм суставов, артрит, цистит), заболевания органов дыхания (бронхит, астма), переохлаждение организма.

Согласно анализу по данным отчета травматизма в сельском хозяйстве, одним из основных травматизма является травмы, получаемые от крупного рогатого скота составляет около 33,5% несчастных случаев, при этом доля 17% травм приходится на быков и около 14,5% на коров.

В основу средств индивидуальной защиты, разработанной для работников животноводства и представленной в данной работе, положены базовые конструкции мужских и женских курток, комбинезонов, перчаток для защиты от низких температур и механических воздействий, полученных от животных.

Таким образом, модернизированные модели средств индивидуальной защиты сельскохозяйственных работников могут работников для защиты от внезапных ударов крупного рогатого скота.

В предлагаемых модернизированных моделях одежды являются вшивать специальные вставки на передних частях, то есть в области груди и живота, а также спины с ударопрочными свойствами, изготовленные из армированного волокна.

По необходимости могут, будь съемные. Выполнение каркасных стоек эластичными позволяет сделать удар животного упругим, а защитная оболочка предотвращает травмирование кожи работника (рис.1).

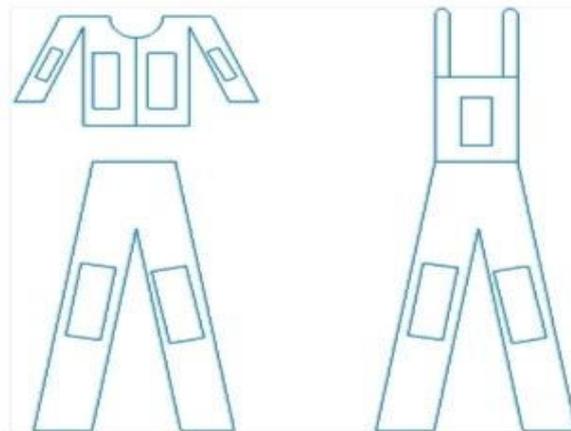


Рисунок 7 – Модернизированные средства индивидуальной защиты

Противоударный элемент одежды, представляющий из себя крепящуюся с помощью застежки-липучки и защитно-декоративного клапана многослойную тканево-композиционную накладку, включающую основу в виде спиралей из эквивалентного титано-никелевого сплава с эффектом памяти формы, при этом основа выполнена в виде проволоки плоского сечения с рисками по всей длине, которая включена или интегрирована в эластичный деформируемый элемент из силикона и с двух сторон покрыта перфорированной теплопроводящей лентой на основе медного сплава с С- или П-образными лепестками, и ткань накладки имеет щелевое перфорирование С- или П-образным лепесткам.

В случае удара или толчка происходят упругие деформации эластичных элементов и спиралей, при этом энергия удара поглощается и рассеивается в виде тепла.

В качестве противоударного приспособления использован противоударный элемент одежды с габаритными размерами: 125*25*4 мм, размерами основы: диаметр спирали 2 мм, ширина проволоки 1 мм, толщина проволоки 0,2 мм, риски глубиной до 0,05 мм, шаг между витками 0,5 мм и шагом между спиральями 0,5 мм. При таких размерах масса приспособления составляет 0,1 кг.

Итак, особенностью модернизированных средств индивидуальной защиты является то, что на передней и задней частей грудной части, а также части живота и спины предусмотрены специальные вставки с ударопрочными свойствами, которые помогут смягчить удары, полученные животными, а также защитят от воздействия низких температур воздуха рабочей зоны на скотном дворе в зимний период года.

Преимуществами кевларовых вставок являются:

- высокая прочность;
- термостойкость;
- химическая стойкость;
- стойкость к истиранию;
- низкая воспламеняемость;
- отсутствие токсичности;
- устойчивость к механическим

воздействиям.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сельское хозяйство включено в перечень отраслей с неблагоприятными условиями труда, которые представляют высокий риск для здоровья и жизни человека. В работе проведен анализ состояния травматизма в сельском хозяйстве, изучены основные опасные производственные факторы, которые влияют на работников сельского хозяйства, приводящие к несчастным случаям, травматизму и возникновению несчастных случаев.

Условия труда работников сельского хозяйства обусловлены использованием различных машин и механизмов. К сожалению, не все соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям. Из-за

неудовлетворительных условий труда, а также влияния таких сопутствующих факторов, как переохлаждение, перегрев, вынужденное положение тела, неудобная рабочая поза, физические перегрузки и другие вредные производственные факторы трудового процесса, у работников агропромышленного комплекса часто возникают случаи профессиональных заболеваний.

Несмотря на наличие требования к организации охраны труда на рабочих местах сотрудников предприятия агропромышленного комплекса, риск развития профессиональных заболеваний среди работников остается достаточно высоким.

Производственный травматизм и профессиональные заболевания работников сельскохозяйственных помещений являются главным показателем состояния условий труда и охраны труда на предприятии.

Согласно анализу литературных данных одним из главных источников травматизма работников сельского хозяйства являются удары коров, которые часто приводят к зарегистрированным несчастным случаям.

Использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) в хозяйстве, будь то домашнее или фермерское, играет ключевую роль в обеспечении безопасности и здоровья людей, а также в поддержании порядка и эффективности работы.

Результатом исследования являются модернизированные модели СИЗ, основными преимуществами которых являются:

1. Защита от травм и заболеваний работников.
2. Повышение производительности и эффективности труда в области АПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Студенникова Н.С., Пыталев А.В., Пантюхин А.И. и др. Условия труда в АПК – фактор риска травматизма и заболеваемости работников: технические решения и профилактика: монография. Орел: Картуш, 2017. 352 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29114942>
2. Сергеев, А. Г. Менеджмент и сертификация качества охраны труда на предприятии / А.Г. Сергеев, Е.А. Баландина, В.В. Баландина. - М.: Логос, 2015. - 216 с.
3. Балянец К.М. Проблемы обеспечения продовольственной безопасности: региональный аспект / К.М. Балянец // Региональные проблемы преобразования экономики. 2017. – № 11 (85). – С. 4-14. Балянец Карина Михайловна Проблемы обеспечения продовольственной безопасности: региональный аспект // РППЭ. 2017. №11 (85). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-obespecheniya-prodovolstvennoy-bezopasnosti-regionalnyy-aspekt>



Секция 3

Безопасность труда

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА В ООО «ЗАПСИБНЕФТЕХИМ»

АННОТАЦИЯ

Работа относится к сфере охраны труда и промышленной безопасности при производстве полипропилена. Полипропилен – это один из самых важных и широко используемых полимеров в мире. Его значимость обусловлена уникальными свойствами, универсальностью и экономической эффективностью. Полипропилен играет ключевую роль в современной промышленности благодаря своей универсальности, прочности и низкой стоимости. Результатом работы является предложение мероприятий, таких как сигнализационное окно о необходимости перевода насосов 51-P-1001 А/В в автоматический режим и монтаж стационарных площадок обслуживания производства полипропилена Сферипол.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Полипропилен – это один из самых важных и широко используемых полимеров в мире. Его значимость обусловлена уникальными свойствами, универсальностью и экономической эффективностью. Полипропилен играет ключевую роль в современной промышленности благодаря своей универсальности, прочности и низкой стоимости.

Производство полипропилена относится к производству повышенной опасности, так как на нем обращаются опасные вещества, используются оборудование, работающее под избыточным давлением, а также грузоподъемные механизмы. Следовательно, на нем существуют определенные риски и опасности, которые могут привести к возникновению аварий, связанных с выходом из строя технологического оборудования, исполнительных механизмов, а также наличием человеческого фактора.

Для минимизации рисков аварий, инцидентов, травм, а также для создания безопасных условий труда для сотрудников предприятия, необходимо повышать безопасность технологических процессов.

1.2 Актуальность

В настоящее время приоритетным направлением развития крупных нефтегазохимических предприятий является повышение промышленной безопасности, а также безопасности труда работников с целью сохранения жизни и здоровья людей.

1.3 Цель работы

Целью данной работы является проведение анализа обеспечения безопасности технологического процесса производства полипропилена Сферипол и предложение

мероприятий по уменьшению возникновения аварийных ситуаций.

1.4 Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Дать характеристику деятельности производственного объекта ООО «ЗапСибНефтехим».
2. Провести анализ обеспечения безопасности технологического процесса производства полипропилена Сферипол.
3. Предложить мероприятия по уменьшению возникновения аварийных ситуаций при производстве полипропилена Сферипол.

1.5 Характеристика деятельности производственного объекта

ООО «ЗапСибНефтехим» - крупнейший нефтехимический комплекс России суммарной мощностью 2,5 млн тонн полимеров в год, входящий в число самых масштабных производств по базовым полимерам в мире, расположен в г. Тобольске Тюменской области.

Основным видом деятельности предприятия является производство пластмасс и синтетических смол в первичных формах.

Основными структурными подразделениями ООО «ЗапСибНефтехим» являются:

- Завод по производству олефинов.
- Завод по производству полиэтилена.
- Завод по производству полипропилена.
- Завод по производству мономеров.
- Энергетический комплекс.

1.6 Описание технологического процесса

Производство Полипропилена предназначено для изготовления полипропилена, в результате дополнительной газофазной сополимеризации этилена с пропиленом при производстве ударопрочного сополимера с использованием технологии Spheripol компании LyondellBasell методом сополимеризации пропилен с этиленом и (или) бутеном-1 и непрерывной полимеризации пропилен в пропиленовой среде для производства термополимеров, гомополимеров и статсополимеров.

Технология производства полипропилена – это одна реакторная линия, которая включает в себя два реактора последовательно-петлевых и один газофазный реактор, который подключается при необходимости для производства блоксополимеров.

Также в технологию производства входят несколько стадий производства полипропилена, а именно:

- доочистка пропилена и бутена-1 и система очистки и сушки азота;
- хранение и дозирование катализатора и жидких добавок;
- предварительная полимеризация и жидкофазная полимеризация пропилена;
- дегазация полимера с рециклом пропилена;
- сополимеризация в газовой фазе;
- отпарка и сушка полимера с рециклом мономера;
- внесение добавок и экструзия ПП;
- гомогенизация и система сбросов [3].

1.7 Анализ обеспечения безопасности технологического процесса производства полипропилена Сферипол

Для проведения анализа обеспечения безопасности рассмотрены технологический процесс производства полипропилена, а именно процесс сополимеризации и процесс приготовления катализаторов, и вещества, которые обращаются в технологическом процессе. В данных процессах задействованы такие технические устройства, как масляный гидрозатвор, охладитель смазочного масла и дозировочный, диафрагменный насос ТЭАЛ.

При производстве полипропилена Сферипол на данной площадке на данной площадке существуют следующие риски и опасности:

- взрыв;
- выброс опасных веществ;
- разрушение технических устройств;
- пожар;
- разрушение сооружений [2].

Данные риски и опасности могут привести к возникновению и развитию аварийных ситуаций на ОПО, которые повлекут за собой множество разных последствий, например, экономический ущерб, человеческие жертвы, ущерб экологии.

1.8 Факторы и причины, способствующие возникновению и развитию аварий при производстве полипропилена

Более детально рассмотрим стадии производства полипропилена такие как стадия отпарки и сушки полимера с рециклом мономера и стадия внесения добавок и экструзии полипропилена, в которых применяется в большем количестве емкостное, теплообменное оборудование и насосное, компрессорное оборудование. Данным видам оборудования уделяется большое внимание, так как при нарушении условий эксплуатации и технологического режима они являются источниками возникновения и развития аварий.

Для емкостного, теплообменного оборудования существуют следующие факторы, способствующие возникновению и развитию аварий:

- наличие алюминийорганического соединения триэтилалюминий;

- наличие горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей;

- наличие высоких температур;
- наличие взрывоопасных сжиженных газов – пропилена;
- наличие титано-магниевого катализатора;
- возможность образования взрывоопасной пыли порошка полипропилена.

Для насосного, компрессорного оборудования существует три факторы, способствующих возникновению и развитию аварий:

- перекачивание углеводородов под давлением;
- разгерметизация торцевых соединений;
- наличие высокого давления в оборудовании.

1.9 Определение сценариев возникновения и развития аварий

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, учитывая особенности применяемых технологических процессов, свойства и распределение опасных веществ, можно выделить наиболее опасный и наиболее вероятный сценарий:

С – 1 - Разгерметизация (разрушение) технологического оборудования или трубопроводов → выброс/истечение опасного вещества → образование газовоздушного облака /зеркала пролива → испарение опасного вещества с площади пролива и из разрушенного оборудования → загазованность / загрязнение территории, промплощадки (помещения), загрязнение окружающей среды – наиболее опасный сценарий.

С – 5 - Разгерметизация оборудования, фланцевых соединений трубопроводов, арматуры → истечение струи опасного вещества или паров опасного вещества из разгерметизированного оборудования под давлением → наличие высокотемпературного источника воспламенения/самовоспламенение опасного вещества → воспламенение струи опасного вещества или паров опасного вещества → возникновение зоны пожара → повреждение соседнего оборудования и поражение людей открытым пламенем и тепловым излучением – наиболее вероятный сценарий.

1.10 Оценка риска аварии

Оценка риска состоит из нескольких этапов.

Первый этап. Оценка вероятности (частоты) реализации возможных аварий

Частота отказов технологического оборудования и элементов систем безопасности определялась на основании статистических данных и нормативных документов.

Для сценария С-1 частота реализации составляет $3,37 \times 10^{-10}$ год⁻¹.

Для сценария С-5 частота реализации составляет $4,59 \times 10^{-6}$ год⁻¹ [2].

Второй этап. Оценка показателей риска

На основе анализа данных о технологическом и аппаратурном оформлении производства, а также с

учетом выявленных возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварий по методике оценки риска аварий на ОПО [1] рассчитываем индивидуальный, коллективный и социальный риски для персонала Площадки производства полипропилена при наиболее опасном сценарии и при наиболее вероятном сценарии.

На Площадке производства полипропилена границей потенциального риска гибели персонала является полностью здание экструзии.

1) Потенциальный риск $R_{пот}$ на территории площадочного объекта от реализации наиболее опасных сценариев:

$$R_{пот} = (3,37 \times 10^{-10} + 5,80 \times 10^{-8} + 3,40 \times 10^{-8} + 1,36 \times 10^{-9}) \times 1 = 9,37 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

2) Индивидуальный риск $R_{инд}$ гибели персонала, который находится в здании экструзии, рассчитывается по формуле (В.2):

$$R_{инд} = 4 \times 0,22 \times 9,37 \times 10^{-8} = 8,25 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

3) Коллективный риск $R_{колл}$ гибели персонала, находящегося в здании экструзии (количество человек, находящихся в здании, составляет 3 человека):

$$R_{колл} = (3 \times 3,37 \times 10^{-10} + 3 \times 5,80 \times 10^{-8} + 3 \times 3,40 \times 10^{-8} + 3 \times 1,36 \times 10^{-9}) = 2,81 \times 10^{-7} \text{ чел/год}$$

4) Погибшие среди персонала предприятия возможны в случае их нахождения внутри здания экструзии в момент реализации каждого из наиболее опасных сценариев. Количество погибших для каждого из сценариев – до 3 человек. Социальный риск:

$$F_{(x)} = 3,37 \times 10^{-10} + 5,80 \times 10^{-8} + 3,40 \times 10^{-8} + 1,36 \times 10^{-9} = 9,37 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

На Площадке производства полипропилена границей потенциального риска гибели персонала является полностью здание экструзии.

1) Потенциальный риск $R_{пот}$ на территории площадочного объекта от реализации наиболее вероятных сценариев:

$$R_{пот} = (4,59 \times 10^{-6} + 1,31 \times 10^{-6} + 3,8 \times 10^{-5} + 1,97 \times 10^{-6}) \times 1 = 4,59 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

2) Индивидуальный риск $R_{инд}$ гибели персонала, который находится в здании экструзии:

$$R_{инд} = 4 \times 0,22 \times 4,59 \times 10^{-5} = 4,04 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

3) Коллективный риск $R_{колл}$ гибели персонала, находящегося в здании экструзии (количество человек, находящихся в здании, составляет 3 человека):

$$R_{колл} = (3 \times 4,59 \times 10^{-6} + 3 \times 1,31 \times 10^{-6} + 3 \times 3,8 \times 10^{-5} + 3 \times 1,97 \times 10^{-6}) = 1,38 \times 10^{-4} \text{ чел/год}$$

4) Погибшие среди персонала предприятия возможны в случае их нахождения внутри здания экструзии в момент реализации каждого из наиболее вероятных сценариев. Количество погибших для каждого из сценариев – до 3 человек. Социальный риск:

$$F_{(x)} = 4,59 \times 10^{-6} + 1,31 \times 10^{-6} + 3,8 \times 10^{-5} + 1,97 \times 10^{-6} = 4,59 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Согласно результатам количественного анализа риска, индивидуальный риск гибели персонала при реализации наиболее опасных сценариев составил $8,25 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$, а индивидуальный риск гибели персонала при реализации наиболее вероятных сценариев составил $4,04 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Предельно допустимый уровень индивидуального риска гибели людей на действующих объектах составляет $1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

Это позволяет считать уровень индивидуального риска для персонала эксплуатирующей организации и персонала сторонних организаций допустимым. Для населения декларируемый объект опасности гибели не представляет.

Проведенный сравнительный анализ показателей риска позволяет сделать вывод о том, что полученные расчетом значения рисков являются приемлемыми.

1.11 Предложенные мероприятия по повышению безопасности

В качестве идей для повышения безопасности производства работ при использовании оборудования я предлагаю следующие виды мероприятий:

1) Название идеи: Сигнализационное окно о необходимости перевода насосов 51-P-1001 А/В в автоматический режим.

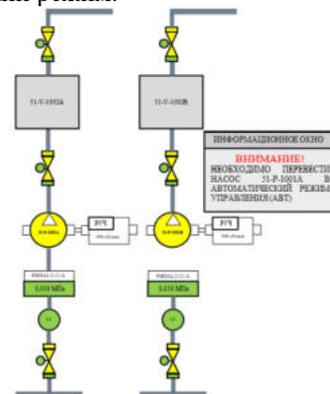


Рисунок 3 – Информационное окно

Проблема: Информирование и напоминание оператору о переводе насосов 51-P-1001 А/В в автоматический режим работы, при выводе их в ручной режим.

Решение: реализовать информационное окно с таймером от 1-3 минут при переводе насосов 51-P-1001 А/В высокого давления в ручной режим работы, на момент проведения работ по выравниванию давления и дальнейшего перехода по 51-V-1002 А/В. После перевода 51-P-1001 А/В информационное окно становится не активным, либо появляется раз в 6 часов для надёжности контроля.

Эффект: Снижается риск невнимательности и несвоевременного перевода насосов в автоматический режим, ввиду загруженности пультового персонала на период проведения большого количества технологических операций в дневную смену. Так же снижает риск просадки

давления в общем коллекторе масла, участвующего в критически важных позициях, ввиду своевременного набора давления посредством насосов, находящихся в автоматическом режиме управления.

2) Название идеи: Монтаж стационарных площадок обслуживания производства полипропилена Сферипол.

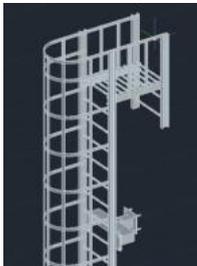


Рисунок 4 – Стационарная площадка обслуживания

Проблема: Отсутствие или ограничение доступа для выполнения необходимых действий в процессе эксплуатации производства, оборудования. Недостаточное количество площадок обслуживания.

Решение: Предлагаю установить стационарные площадки для выполнения необходимых действий персонала для обслуживания производства, а именно монтаж/демонтаж заглушек, открытие/закрытие запорной арматуры, расположенных на высоте 3,3 м. Монтаж и размеры площадки должны соответствовать п.34 Федеральным Нормам и Правилам «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».

Эффект: Снижение травмоопасности сотрудников при обслуживании производства, оборудования.

Исходя из методики оценки рисков при производстве работ определены показатели тяжести последствий, продолжительность воздействия опасного события и шкала вероятности реализации опасного события.

Тяжесть последствий (Т) = 600, продолжительность воздействия опасного события (П) = 0,25, шкала вероятности реализации опасного события (В) = 0,1.

Итоговая величина риска: $R = T \times П \times В = 600 \times 0,25 \times 0,1 = 15$ (средний риск).

По результатам расчета итоговой величины риска можно сделать вывод, что после монтажа стационарных площадок работу необходимо выполнять только после одобрения Руководителя, одновременно усилив контроль.

Таким образом можно сделать вывод, что предложенные мероприятия приведут к:

1. Ведению технологического режима согласно технологического регламента производства Полипропилен Сферипол, целостности при эксплуатации насосов 51-Р-1001А/В, снижению риска возникновения аварийных ситуаций при работе насосов 51-Р-1001А/В;

2. Безопасному/полноценному доступу к запорно-регулирующим арматурам (ЗРА), а также, безопасному проведению работ по выполнению технологических операций/обслуживанию

технологического оборудования операторами технологических установок.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дана характеристика деятельности предприятия ООО «ЗапСибНефтехим». Проведена идентификация опасностей и рисков при производстве полипропилена Сферипол. Выявлены факторы и причины, способствующие возникновению и развитию аварий при производстве полипропилена для емкостного, теплообменного и насосного оборудования. Определены сценарии возникновения и развития аварий на основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, с учетом особенностей применяемых технологических процессов, свойств и распределения опасных веществ. Проведены оценка вероятности (частоты) реализации возможных аварий и оценка показателей риска, в ходе которой были рассчитаны индивидуальный, коллективный и социальный риск для наиболее опасных и наиболее вероятных сценариев. Рассмотрены существующие меры безопасности при ведении технологического процесса, выполнении регламентных производственных операций в ООО «ЗапСибНефтехим». Предложены мероприятия по уменьшению возникновения аварийных ситуаций при производстве полипропилена Сферипол, такие как сигнализационное окно о необходимости перевода насосов 51-Р-1001 А/В в автоматический режим и монтаж стационарных площадок обслуживания производства полипропилена Сферипол. Для мероприятия по монтажу стационарных площадок обслуживания производства полипропилена Сферипол рассчитана величина риска, равная 15, что указывает на средний риск. По результатам расчета сделан вывод, что после монтажа стационарных площадок работу необходимо выполнять только после одобрения Руководителя, одновременно усилив контроль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Приказ «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: от 03.11.2022 года № 387 : введ в действие с 03.11.2022 / Российская Федерация. Законы. — Москва : 2022. — 78 с.

2. ООО «ЗапСибнефтехим» / Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта / ООО «ЗапСибНефтехим» - Тобольск : 2022. – 73 с.

3. ООО «ЗапСибНефтехим» / Изменение №1 к технологическому регламенту Производства полипропилена (ПП) ТР-ЗСНХ-13-21 / ООО «ЗапСибНефтехим» - Тобольск : 2022. – 49 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНОРАБОЧИХ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

1. АННОТАЦИЯ

Горная отрасль характеризуется высоким уровнем производственного травматизма, обусловленного как проявлением опасных и вредных факторов производственной среды, так и недостаточной квалификацией персонала. В работе исследован вопрос совершенствования методики обучения работников угольных шахт, на основе систем визуализации движения и эталонного образа, а также применения многофункциональных систем безопасности (МФСБ) в целях контроля параметров производственной среды при ведении подземных горных работ. В рамках проведенных исследований был обоснован выбор эталонного образа, используемого для обучения персонала, а также приведена апробация использования МФСБ в условиях действующей угольной шахты Кузнецкого угольного бассейна.

2. ВВЕДЕНИЕ

Уровень травматизма на горных предприятиях остается на сегодняшний день на недопустимо высоком уровне. За период с 2021 по 2023 года на угольных шахтах России было зафиксировано 73 смертельных несчастных случая. При этом, число случаев общего травматизма составило 206 несчастных случаев за три года (Ростехнадзор).

Выделяют две основные группы факторов, которые приводят к несчастным случаям при ведении подземных горных работ по добыче угля. Первая группа включает в себя факторы производственной среды:

- взрывы метана;
- горные удары;
- обрушения породы;
- воздействие электрического тока и т.д. [1].

Вторая группа связана непосредственно с проявлением человеческого фактора:

- сознательное пренебрежение правилами безопасного ведения производственных операций;
- нарушения при выполнении операций в результате недостаточной квалификации персонала [1, 2].

В целях предотвращения аварий, обусловленных проявлением опасных производственных факторов, в первую очередь, связанных с геогазодинамическими явлениями (взрывы метана, обрушения породы, выделения газов), целесообразно оборудовать угольные шахты МФСБ. Данные системы в режиме реального времени ведут автоматический контроль основных параметров, проявление

которых может привести к авариям на объекте и многочисленным жертвам среди работающего персонала. Так, система СГК «Метан-Радио» осуществляет контроль концентрации метана, система типа «МИКОН-ГЕО» позволяет определять параметры, характеризующие вероятность возникновения горного удара и обрушения на объекте [3, 4].

При обработке результатов измерений учитывается пороговое значение, характеризующее тот или иной опасный производственный фактор. В настоящее время все большее количество шахт оснащается системами данного типа и все большую актуальность приобретает разработка методики обработки результатов измерений, поступающих от МФСБ [3, 4].

Наиболее рациональным способом снижения числа несчастных случаев среди подземного персонала в результате различного рода ошибок, возникающих при выполнении производственных операций, является их превентивное предупреждение. Для этого необходима эффективная методика, способствующая качественному обучению работников методам выполнения различных операций в процессе ведения добычных работ [5, 6].

Целью данного исследования являлась разработка математического аппарата для обработки результатов измерения МФСБ, а также методики обучения работников угольных шахт безопасным приемам при выполнении ими производственных операций.

3. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Различные типы МФСБ характеризуются различными показателями, определяющими вероятность развития того или иного события. Данный показатель имеет пороговую величину, при превышении которой возникает вероятность возникновения аварии и последующего травматизма шахтеров. Так, для метана таким показателем будет являться его концентрация, при достижении которой возникает вероятность взрыва газовоздушной смеси. Для горного удара данным показателем будет являться градиент горного давления, при превышении установленного порога для которого в рамках конкретных горногеологических условий будет возникать вероятность выброса породы под давлением в выработку [7, 8].

Предлагается использование математической модели на основе методов математической статистики и теории вероятностей. Для принятия решения о возникновении риска травматизма персонала предлагается проведение расчетов в рамках математической модели на основе критерия максимального правдоподобия и теоремы Байеса. Ключевым моментом при этом будет являться наличие пороговой величины показателя и наличие периода и интервала измерений.

В рамках математической модели на основе критерия максимального правдоподобия вычисляют вероятность проявления опасного производственного фактора. Данная модель включает в себя вычисления плотности распределения и отношения правдоподобия значений показателя, характеризующего реализацию опасности. Далее, по формуле 1, будет вычисляться вероятность возникновения события:

$$S = m \cdot n \quad (1)$$

где S - вероятность проявления опасного производственного фактора; m - отношение правдоподобия его значений; n - плотность распределения.

Отношение правдоподобия вычисляется по формуле 2:

$$m = k/z \quad (2)$$

где k – количество значений показателя выше порога; z - количество значений ниже порога.

Плотность распределения (формула 3):

$$n = z/(z + k) \quad (3)$$

Полученный результат сопоставляется с допустимыми значениями вероятности реализации опасного события для общего травматизма. Также, возможно определение пороговых значений для легкого, тяжелого и смертельного травматизма в отдельности.

Допустимое значение вычисляется по формуле 4:

$$S_{\text{доп}} = \frac{C \cdot S_{\text{пр}}}{D} \quad (4)$$

где C - отношение числа несчастных случаев в результате проявления исследуемого фактора к общему количеству несчастных случаев в отрасли;

$S_{\text{пр}}$ – приемлемый риск по отрасли;

D – риск травматизма в результате проявления исследуемого фактора по отрасли.

Для определения опасности травматизма проводится сопоставление величин S и $S_{\text{доп}}$. При превышении величины S над $S_{\text{доп}}$ принимается решение о необходимости проведения организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение проявления опасного производственного фактора.

Обучение персонала безопасным приемам выполнения работ предлагается проводить на

основе визуализации движений в соответствии с эталонным образом.

В качестве эталонного образа предлагается использовать траекторию движения рабочих органов горнорабочих, имеющих достаточный опыт работы, а также трудовая деятельность которых сопровождается минимальной величиной риска травматизма.

Для обучения персонала предлагается использовать систему датчиков, регистрирующих амплитуду движения суставов рук и позвоночника горнорабочих при выполнении основных операций:

- установка стоек крепи;
- рубка породы;
- извлечение штыба.

В качестве системы, отслеживающей движение рук и позвоночника работника возможно использовать систему датчиков, работающих на основе технологии захвата движения. Также, данную функцию способны выполнять системы диагностики двигательных патологий.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В целях апробации разработанной математической модели были проведены расчеты, направленные на определение вероятности обрушения горных пород на угольной шахте Кузнецкого угольного бассейна в момент предшествующий обвалу кровли горной выработки.

Система «МИКОН» в целях прогноза обрушения горных пород определяет величину сейсмической энергии за период равный восьми часам. За данный временной отрезок система фиксирует 48 значений энергии с периодичностью 10 минут.

Было также определено допустимое значение вероятности обрушения горных пород для Кузбасса. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Вероятность обрушения горных пород, %	Допустимое значение вероятности обрушения, %	Число значений показателя выше пороговой величины
29	26	14 (из 48)

Таблица 1 – Результаты экспериментальной апробации математической модели [составлено авторами]

Исходя из полученных результатов расчетов установлено, что результаты математической апробации, свидетельствующие о превышении допустимой величины вероятности обрушения над допустимой, соответствуют возникновению аварийной ситуации на объекте.

В целях определения эталонного образа была проведена оценка риска травматизма работников

угольных шахт за пятилетний период. В рамках исследования использовались статистические данные по травматизму подземного горного персонала Кузбасса. Было установлено, что наименее подвержены травматизму горнорабочие в возрасте от 25 до 40 лет, имеющие стаж работы от пяти лет (рисунок 1).

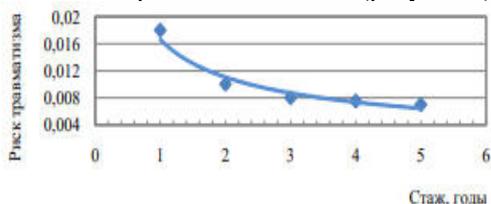


Рисунок 1 – Соотношение риска общего травматизма и трудового стажа [составлено авторами]

5. ВЫВОДЫ

Разработанная математическая модель показала свою актуальность в рамках экспериментальной апробации на реальной угольной шахте. В рамках дальнейших исследований планируется проведение экспериментальных расчетов по другим опасным производственным факторам в реальных производственных условиях. Актуальность данному исследованию придает использование в расчетах систем МФСБ, применение которых на угольных шахтах становится все более распространенным.

С учетом того, что предотвращение несчастного случая куда рациональнее и эффективнее, чем ликвидация его последствий, а также в целях снижения уровня травматизма на объектах отрасли, предложена система обучения персонала на основе эталонного образа. Установлен оптимальный возраст и стаж работы для работников, способных выступать в качестве данного эталонного образа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонова Г. И., Пиктушанская Т.Е., Горчакова Т.Ю., Серебряков П.В. Продолжительность жизни шахтеров-угольщиков с установленным диагнозом профзаболевания // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – № 63(6). – С. 419-426. DOI:10.31089/1026-9428-2022-62-6-419-426.
2. Чемезов Е.Н. Принципы обеспечения безопасности горных работ при добыче угля // Записки Горного института. - 2019. - Т. 240. - С. 649-653.
3. Eremeeva A. M., Kondrasheva N. K., Khasanov A. F., Oleynik I. L. Environmentally friendly diesel fuel obtained from vegetable raw materials and hydro-carbon crude // Energies. 2023, vol. 16, no. 5, article 2121, pp. 1—12. DOI: 10.3390/en16052121.

4. Машин А. Н. Концепция комплексной оценки технического состояния шахтных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — № 10. — С. 31—42. DOI: 10.25 018/0236_1493_2023_10_0_31.
5. Vasilenko T. A., Islamov A., Doroshkevich A.S., Ludzik K., Chudoba D., Kirillov A., Mita C. Permeability of a coal seam with respect to fractal features of pore space of fossil coals // Fuel. 2022, vol. 329, article 125113. DOI:10.1016/j.fuel.2022.125113.
6. Ковальский Е. Р., Конгар-Сюрюн Ч. Б., Петров Д. Н. Проблемы и перспективы внедрения многостадийной выемки руды при отработке запасов калийных месторождений // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15. — № 2. — С. 349—364. DOI: 10.21177/1998-45022023-15-2-349-364.
7. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Комплексная оценка геоэкологических рисков при ведении открытых и подземных горных работ // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 205—216. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-205-216.
8. Коршунов Г.И., Черкай З.Н., Мухина Н.В., Гридина Е.Б., Скударнов С.М. Профессиональные болезни рабочих в горнодобывающей промышленности / ГИАБ. - 2012. - № 2-5. - С. 5-10.

ТРАВМАТИЗМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ В ФРГ И РФ: 10-ЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА (2015–2025). СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

АННОТАЦИЯ

Сопоставляется динамика производственного травматизма в Германии и России за 2015–2025 годы с использованием источников DGUV/BAuA/Destatis (ФРГ), Росстата (форма 7-травматизм), ЕИСОТ и сводок Роструда. Показатели нормируются на 1 000 занятых/1 000 FTE с оговоркой методических различий ($ESAW \geq 4$ дня в ФРГ vs ≥ 1 дня в РФ). Германия демонстрирует устойчивое снижение, в 2024 г. уменьшаются как тяжёлые случаи (9 923; $-4,4\%$ г/г), так и «подлежащие учёту» НС; в России долгосрочно снижаются абсолютные величины и доля организаций с НС, а по 2024–нач. 2025 г. наблюдается дальнейшее улучшение. Выводы: таргет-меры в стройке/логистике, методическое сближение, развитие опережающих индикаторов.

Травматизм на производстве в ФРГ и РФ: 10-летняя динамика (2015–2025). Сравнительный анализ

Цель работы — сопоставить динамику производственного травматизма в Германии и России за 2015–2025 годы, выделив отрасле-драйверы и факторы расхождений. Используются официальные массивы DGUV/BAuA/Destatis (ФРГ) и Росстата (форма 7-травматизм), ЕИСОТ Минтруда РФ, а также оперативные сводки Роструда. Для сопоставимости применяются относительные показатели (на 1 000 занятых/полных занятых эквивалентов), оговариваются охват страховых систем и различия определений ($ESAW \geq 4$ дней нетрудоспособности в ФРГ vs « ≥ 1 дня» в форме 7-травматизм в РФ). В Германии фиксируется устойчивое снижение рисков: в 2024 году уменьшилось как число тяжёлых случаев (новых «рента-случаев»), так и показатель риска на 1 000 FTE; по данным DGUV, тяжёлые аварии составили 9 923 случая, а риск снизился на $4,4\%$ г/г, при этом в 2024 г. уменьшились и «подлежащие учёту» несчастные случаи по ряду отраслевых объединений (BG). В России длительный тренд также нисходящий: сокращается абсолютное число пострадавших и доля организаций, где фиксируются несчастные

случаи; за 2023 год Роструд сообщает 4 905 тяжёлых НС (из них 1 036 — со смертельным исходом), а региональные мониторинги и витрина ЕИСОТ указывают на продолжение снижения в 2024–начале 2025 года (с поправкой на неполную консолидацию данных). Практические выводы касаются приоритизации мер в строительстве и транспорте/логистике, методического сближения статистик и акцентирования «опережающих» индикаторов безопасности. [2]

ВВЕДЕНИЕ

Снижение производственного травматизма остаётся центральной целью политики охраны труда как в Германии, так и в России. Сопоставление этих стран информативно благодаря различию институтов: в ФРГ действует зрелая система обязательного страхования от несчастных случаев с отраслевыми страхователями (Berufsgenossenschaften), а статистическое наблюдение опирается на стандарты ЕС (ESAW); в РФ сбор и публикация показателей осуществляются через официальные формы Росстата и цифровые витрины Минтруда (ЕИСОТ), причём порог включения случаев иной. Это требует аккуратной стандартизации, чтобы сравнивать прежде всего траектории и ранги отраслей. Исследовательские вопросы сформулированы так: как изменялись уровни и структура травматизма в 2015–2025 гг.; какие отрасли определяли динамику; как повлияли шоки 2020–2021 гг.; какие управленческие выводы релевантны на горизонте ближайших лет. Дополнительно рассматриваются две поперечные темы, усилившиеся в 2022–2025 гг.: влияние климатических экстремов (жара/холод) и трансформации режимов занятости (удалённая/гибридная работа и её связь с путевыми НС). [4]

ДААННЫЕ И МЕТОДОЛОГИЯ

В немецкой части используются годовые панели DGUV по «подлежащим учёту» несчастным случаям (Arbeits- und Wegeunfälle), показатели риска на 1 000 FTE в разрезе страховых объединений (BG), а также агрегаты по тяжёлым случаям (новые Unfallrenten). Дополнительно привлекается обзор BAuA «Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2023» и тематические страницы Destatis по смертельным НС. В российской части опираемся на форму № 7-травматизм (указания по заполнению и охват респондентов), витрину ЕИСОТ с динамикой показателей и открытые/региональные сводки Роструда, позволяющие отследить тяжёлые и смертельные случаи за 2023–2025 годы. Методически сравнение строится на нормировании (на 1 000 занятых/FTE), оценке среднегодовых изменений и выделении «излома» 2020–2021 гг.; из-за различий порога включения ($ESAW \geq 4$ дней vs ≥ 1 дня в форме 7) акцент сделан на тенденциях и отраслевых рангах.

Чтобы повысить сопоставимость, используется набор стандартных приёмов: (i) представление уровней и относительных изменений одновременно на 1 000 FTE и на 100 000 занятых (где применимо);

(ii) отраслевая стандартизация по общей структуре занятости (метод Китагава для разложения «структура vs интенсивность»); (iii) проверка устойчивости результатов к включению/исключению путевых НС; (iv) учёт изменений в статистическом охвате (например, консолидация данных и цифровизация отчётности в РФ) через фиктивные переменные в простейшей регрессионной постановке «разрыв тренда». В рамках пространственной чувствительности выделяются индустриальные кластеры (строительство, транспорт/логистика, добыча, обрабатывающие производства, здравоохранение/соцслужбы) и сравниваются их долевые вклады в совокупную динамику. [1]

Общая динамика в Германии характеризуется устойчивым снижением рисков на протяжении десятилетия, с заметным улучшением в 2024 году. По данным DGUV, число новых «рента-случаев» (тяжёлых НС, повлекших назначение пенсии) составило 9 923, а риск тяжёлого НС сократился с 0,237 до 0,227 на 1 000 FTE (-4,4% г/г). Параллельно снижается и показатель «подлежащих учёту» НС во многих объединениях: суммарный риск в «обязательном страховании от НС коммерческого сектора (UV der gewerblichen Wirtschaft)» уменьшился с 20,85 до 20,24 на 1 000 FTE (-2,9% г/г). По отраслевой высоте риска на первом месте стабильно находится строительство (BG Bau \approx 44 случаев на 1 000 FTE), за ним следуют транспорт/логистика (BG Verkehr) и отдельные сегменты обрабатывающих производств; ниже располагаются электроэнергетика, химия и высокоавтоматизированные отрасли. В сумме это формирует «модель каскада»: технологическая модернизация и системный менеджмент безопасности дают наибольший эффект в отраслях с устойчивыми процессами и высокой долей стационарных рисков, в то время как в стройке и логистике доминируют динамические и поведенческие факторы, замедляющие снижение. [1]

В российской статистике с 2015 года наблюдается поступательное снижение агрегированных показателей, что видно как по абсолютному числу пострадавших (по линиям ЕИСОТ), так и по доле организаций, где фиксируются НС. За 2023 год Роструд сообщил о 4 905 тяжёлых несчастных случаях, из которых 1 036 завершились смертельно; в 2024-м и в I полугодии 2025-го региональные отчёты демонстрируют дальнейшее снижение, хотя консолидация федерального массива за весь 2025 год по состоянию на сентябрь 2025 г. ещё не завершена. Важно подчеркнуть, что российские величины по форме 7 включают случаи с « \geq 1 дня» утраты трудоспособности, тогда как немецкая ESAW-методика — « \geq 4 дней»; прямое сравнение уровней было бы методически некорректно, поэтому сопоставление ведётся по направлению тренда и рангу отраслей. Разложение по Китагава показывает, что вклад «структуры занятости» в снижение совокупного показателя невелик по сравнению с падением «внутриотраслевой интенсивности»

(особенно в обрабатывающем секторе и части логистики), что согласуется с тезисом о влиянии инженерных и организационных мер (обновление оборудования, стандарты безопасности, обучение). [8]

На стыке 2020–2021 гг. в обеих странах наблюдается «излом» тренда: закрытия и удалённая работа временно снизили воздействие производственных факторов риска, а затем произошла частичная компенсация при перезапуске отраслей. Для Германии этот эффект отчётливо прослеживается в сводных таблицах BAuA/DGUV, где одновременно видно сокращение путевых НС (меньше поездок) и умеренное восстановление по мере возвращения к очному формату. В России помимо аналогичных механизмов возможны сдвиги в полноте регистрации «лёгких» случаев, что дополнительно мотивирует публикацию параллельных индикаторов в «ESAW-логике» (\geq 4 дней) рядом с национальными. Начиная с 2022–2025 гг. в немецких материалах усиливается повестка климатических экстремов: жара и холод увеличивают как производственные, так и путевые риски, требуя адаптации регламентов (графики работ, гидратация, дополнительные перерывы, пересмотр СИЗ). [1]

ОБСУЖДЕНИЕ

Объяснение расхождений между странами начинается с институциональной архитектуры: в ФРГ отраслевые страхователи (BG) объединяют тарифные стимулы и профилактику, что делает «экономику безопасности» для работодателя прозрачной и предсказуемой; эффект усиливается качественной отчётностью и регуляторной публичной аналитикой (DGUV/BAuA). Эта связка снижает как частоту, так и тяжесть НС, причём именно тяжёлые случаи быстрее реагируют на системные меры (инженерные барьеры, стандарты процедур, культура безопасного поведения). В РФ за последнее десятилетие заметно выросла «наблюдаемость» условий и травматизма благодаря ЕИСОТ, унификации отчётности и связке с контрольной деятельностью Роструда; в то же время сохраняются различия в практике регистрации «лёгких» случаев и межрегиональная гетерогенность, а также неодинаковая зрелость систем менеджмента безопасности в МСП. Существенной темой ближайших лет становятся климатические экстремумы (жара/холод), уже отражённые в немецких сводках 2025 г., и их учёт в регламентах безопасности: перенос смен, стандарты микроклимата, пересмотр норм времени и перерывов, обучение раннему распознаванию тепловых/холодовых симптомов. На фоне автоматизации и внедрения системного менеджмента безопасности максимальный маржинальный эффект дают «тяжёлые» отрасли — строительство и логистика, где концентрируются адресные меры (обучение, инженерные решения, поведенческие интервенции), а также усиленные требования к подрядной цепочке (поставщики/субподрядчики). [4]

ИМПЛИКАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИКИ

С практической точки зрения приоритет — таргетирование мер по отраслям высокого риска с учётом локальной специфики: для обеих стран это строительство и транспорт/логистика; в РФ помимо типовых программ обучения и контроля имеют смысл точечные проекты на предприятиях с повторяемыми инцидентами, а также усиление инженерных решений в малом и среднем бизнесе (простые физические барьеры, блокировки, чек-листы перед началом работ, «карманные» JSA-карты). Методическое сближение статистики — вторая опора: публикация параллельных индикаторов «в ESAW-логике» (≥ 4 дней) рядом с национальными (≥ 1 дня) облегчила бы международный бенчмаркинг и оценку политики; это особенно важно для отслеживания тяжёлых и смертельных НС, на которые влияют системные меры. Наконец, развитие «опережающих» индикаторов (поведенческих и процессных: охват обучением, частота микропауз, закрытия нарядов-допусков, соблюдение LOTO, результаты поведенческих аудитов) и открытых машиночитаемых витрин данных (по образцу панелей DGUV/BAuA и EICOT) повысит скорость обратной связи и качество управленческих решений. Рекомендация для обеих стран — внедрение «климатических» SOP в уязвимых отраслях, а также пилотирование простых дашбордов для линейных руководителей с ежедневными опережающими метриками. [1]

ОГРАНИЧЕНИЯ

Ключевые ограничения связаны с несопоставимостью определений ($ESAW \geq 4$ дней vs ≥ 1 дня), различиями охвата страховых подсистем, неоднородностью российской региональной отчётности, а также с тем, что консолидированные федеральные данные РФ за 2025 год ещё не закрыты. Кроме того, в открытом доступе ограничена детализация микроданных по профессиям, стажу и возрасту, что затрудняет единые стандартизованные расчёты на стороне исследователя. В части методики учитываем, что «путевые» НС могут по-разному классифицироваться и влиять на тренд; поэтому ключевые выводы формулируются в терминах направлений изменения и отраслевых рангов, а не сравнения абсолютных уровней между странами. [6]

Заключение

За 2015–2025 годы Германия и Россия демонстрируют нисходящую траекторию производственных рисков. В ФРГ это подтверждается несколькими независимыми индикаторами (совокупные «подлежащие учёту» НС, тяжёлые случаи, пути к/с работы) и отражено в годовых сводках DGUV/BAuA; в РФ — снижением абсолютных величин, доли организаций с НС и оперативной динамикой тяжёлых/смертельных случаев по данным Роструда и EICOT. Схожесть отраслей-лидеров риска облегчает перенос

«адресных» практик, а приоритизация климат-адаптации процедур и методическое сближение статистики позволяют повысить точность бенчмаркинга и эффективность мер безопасности. В перспективе интерес представляют: (i) подетальность по профессиям и задачам (task-level risk); (ii) квази-эксперименты по эффектам инженерных вмешательств; (iii) переход на «сквозные» опережающие индикаторы от участка до федерального уровня. [2]

Список используемых обозначений

ESAW — европейская методика учёта НС (порог включения ≥ 4 дней нетрудоспособности).

FTE — эквивалент полной занятости; нормирование показателей «на 1 000 FTE».

DGUV — система обязательного страхования от несчастных случаев в Германии.

BAuA — Федеральный институт охраны труда и условий труда (Германия).

BG — отраслевые страхователи в системе DGUV (Berufsgenossenschaften).

UV der gewerblichen Wirtschaft (UV-KC) — сегмент обязательного страхования от НС коммерческого сектора в Германии.

НС — несчастный случай (на производстве); Arbeitsunfall / Wegeunfall — рабочий / путевой НС.

EICOT — Единая информационная система охраны труда (Минтруд РФ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DGUV. Meldepflichtige Arbeitsunfälle je 1 000 Vollarbeiter (панель по BG, 2023–2024) — [<https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/au-wu-geschehen/au-1000-vollarbeiter/index.jsp>] Дата обращения: 21.09.2025]
2. DGUV. Arbeits- und Wegeunfallgeschehen: DGUV — [<https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/au-wu-geschehen/index.jsp>] Дата обращения: 21.09.2025]
3. DGUV. Пресс-материалы: итоги 2024 по Arbeits-/Wegeunfälle
4. BAuA. Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2023 — [<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Berichte/Suga-2023>] Дата обращения: 21.09.2025]
5. Destatis. Тематическая страница по смертельным НС
6. Росстат. Форма № 7-травматизм — [<https://78.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Указания%20к%207-травматизм.pdf>] Дата обращения: 21.09.2025]
7. Минтруд РФ. EICOT — Мониторинг условий и охраны труда
8. Роструд. Итоги 2023 года по тяжёлым/смертельным НС — [<https://lgss.ru/tpost/gvv8pp0151-rostrud-obnarodoval-statistiku-proizvods>] Дата обращения: 21.09.2025]
9. Региональные отчёты ГИТ/Роструда

Р.В. Дадашов

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», филиал в г. Нижневартовске

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРЕНОСНЫХ ПЛОЩАДОК ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ СЛУЧАЕВ ТРАВМАТИЗМА

АННОТАЦИЯ

Работа относится к сфере охраны труда и техники безопасности полевого персонала, а именно к средствам защиты от падения и получения травматизма при работе с ПО. Данный фактор воздействует на персонал при эксплуатации и ремонте переносных площадок обслуживания на скважинах, вызывая травматические случаи дела человека инвалидом. Результатом работы является внедрение улучшение конструкции площадок обслуживания, обеспечивающее прочные и легкие материалы, модульную систему и складную конструкцию. Проведенные исследования и испытания в АО «Самотлорнефтегаз» а именно в цехе №3 подтвердили возможность применения данных площадок. Модернизированные площадки обслуживания скважин внедрены в АО «Самотлорнефтегаз» ЦДНГ-3.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Введение

Проект посвящен вопросам охраны труда и техники безопасности полевого персонала, эксплуатирующего и ремонтирующего переносные площадки обслуживания (ПО) на нефтяных скважинах – средству коллективной защиты от падения и травматизма. Согласно анализу в АО «Самотлорнефтегаз» за десятилетие (2015–2025 гг.) зафиксировано 127 несчастных случаев различной степени тяжести, из которых 47 травм были получены в результате падения с площадок, а 8 из них привели к инвалидности. Причины травматизма – неисправные или отсутствующие перила, скользкость и износ ступеней, ржавые разрушенные конструкции вследствие воздействия химических реагентов, несвоевременное устранение нарушений техники безопасности. Исследование подтверждает, что индивидуальный риск получения травм при работе с ПО превышает среднее значение аналогичного риска по отрасли, что указывает на особую актуальность проблемы для нефтяных предприятий. Проект базируется на задачах корпоративной политики АО «Самотлорнефтегаз» в области охраны труда и промышленной безопасности; определены основные векторы развития корпоративной системы безопасности с фокусом на снижение производственного травматизма и внедрение современных стандартов безопасного труда до 2030 года.

Актуальность

Индивидуальный риск получения травм у работников при эксплуатации и ремонте переносных площадок обслуживания и превышает риск травмирования в целом по стране, что

свидетельствует о чрезвычайной актуальности проблемы.

Актуальность проблемы основана на задачах Политики компании АО «Самотлорнефтегаз» в области охраны труда, промышленной безопасности.

Данный корпоративной системы безопасности труда работников компании.

1.3 Цель проведения исследования

Основной целью работы является совершенствование безопасности производства работ персонала от получения травм при работе и эксплуатации с переносными площадками обслуживания.

Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

6. Выполнить оценку и анализ риска травм работников добычи нефти при обслуживании переносных площадок обслуживания.
7. Предложить методику системы модернизирования ПО, обеспечивающую снизить уровень травматизма, а также повысить общую эффективность работы на скважинах, создавая более безопасные условия труда работников.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы и методы исследования включают комплексный анализ производственного травматизма работников цеха добычи нефти АО «Самотлорнефтегаз» при эксплуатации и ремонте переносных площадок обслуживания за период 2015–2025 годы. Для анализа использовались статистические данные о случаях травм различной степени тяжести, результаты журналов учёта происшествий, осмотров и проверок технического состояния площадок, экспертные оценки инженеров охраны труда и специалистов предприятия; с целью объективизации рисков организованы целевые опросы и анкетирование персонала, выявляющие ключевые типичные нарушения в эксплуатации, а также сбор мнений о предложениях по улучшению конструкции, проведено сравнительное инженерно-конструкторское моделирование существующих и модернизированных конструкций площадок с учётом эргономики, прочности и устойчивости, а также выбор оптимальных материалов по критериям легкости, прочности и антикоррозионной стойкости; апробация новых модульных складных площадок велась на действующем объекте — в цехе №3, где в ходе опытной эксплуатации велся постоянный контроль состояния площадок, регистрировались возникающие неисправности и анализировались обратная связь персонала и статистика новых инцидентов; эффективность новых технических решений оценивалась на основании сравнения

показателей уровня травматизма, аварийности и удобства обслуживания до и после внедрения модернизированных площадок, а также экспертной экспертизы с привлечением специалистов по промышленной безопасности.



Рисунок 1 – Переносная площадка обслуживания в АО «Самотлорнефтегаз»

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты

Расчет прочности и устойчивости переносных площадок осуществлялся с применением метода конечных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния конструкций под воздействием расчетных сосредоточенных и распределенных нагрузок, в том числе собственной массы оборудования и динамических усилий, возникающих при эксплуатации; учитывались коэффициенты запаса по ГОСТ и СП для групп предельных состояний по прочности ($\sigma_{max} \leq \sigma$) и устойчивости к опрокидыванию или прогибу при максимальной эксплуатационной нагрузке; проектирование предусматривало проверку устойчивости площадки к смещению, опрокидыванию и потере формы согласно нормативной документации по промышленной безопасности. Для выбора оптимальных материалов учитывались показатели плотности, предела прочности при растяжении и модуля Юнга, методом сравнительного анализа рассматривались легированные стали (в том числе нержавеющей) и алюминиевые сплавы серий 5000 и 6000; основными критериями выступали: высокая удельная прочность, антикоррозионная устойчивость, долговечность покрытия, технологичность и стоимость изготовления. В результате алюминиевые сплавы типа 6061-Т6 и 6082 продемонстрировали лучший баланс легкости (плотность алюминия примерно в 3 раза ниже, чем у стали), достаточной

прочности (предел прочности на разрыв до 240 МПа) и антикоррозионной стойкости за счет формирования оксидного слоя, что позволяет исключить необходимость дополнительных обработок — в отличие от черных сталей, склонных к ржавлению в условиях скважин и требующих окраски или гальванизации; таким образом конструкции на основе алюминиевых сплавов выбраны как оптимальные для эксплуатации в нефтедобывающей отрасли с точки зрения обеспечения прочности, легкости переноски и минимизации затрат на обслуживание.

Обсуждения

В результате проведенных исследований и внедрения модернизированных переносных площадок обслуживания в цехе №3 АО «Самотлорнефтегаз» отмечено существенное снижение производственного травматизма за счет устранения ключевых факторов риска — износа и скользкости ступеней, коррозии металлоконструкций, отсутствия или неисправности перил; статистический анализ показывает, что после применения новых площадок число несчастных случаев снизилось более чем на 25% по сравнению с предыдущим пятилетним периодом эксплуатации традиционных конструкций, кроме того, отсутствуют случаи тяжелых и непоправимых травм, связанных с падениями при обслуживании скважин; результаты опытной эксплуатации подтверждают высокую прочность и устойчивость новых площадок, рассчитанных с учетом максимальных нагрузок и применения алюминиевых сплавов, обладающих оптимальным соотношением легкости конструкции, несущей способности и антикоррозионной стойкости; использование модульной складной схемы позволило повысить мобильность и облегчить транспортировку площадок между объектами, а также сократить время на монтаж и демонтаж; обратная связь от персонала свидетельствует о росте удобства и безопасности рабочих мест, а внедрение системы дистанционного мониторинга технического состояния площадок обеспечивает своевременное выявление и устранение потенциальных неисправностей, что дополнительно повышает общий уровень производственной безопасности; в итоге, комплексная модернизация площадок обслуживания позволила не только значительно снизить риск травмирования персонала, но и повысила эффективность эксплуатации нефтяных скважин, сокращая трудозатраты и расходы на обслуживание оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение по результатам выполненного исследования показывает, что модернизация переносных площадок обслуживания на нефтяных скважинах с использованием легких и прочных алюминиевых сплавов, модульных складных конструкций и современных средств контроля технического состояния приводит к существенному

снижению уровня производственного травматизма среди полевого персонала, повышает надежность, мобильность и удобство эксплуатации оборудования, а также способствует формированию современной корпоративной культуры безопасности труда; достигнутые результаты полностью соответствуют поставленным целям и задачам, а полученный положительный опыт может служить основой для дальнейшего внедрения и развития технологий в других подразделениях нефтегазовых компаний, а также требует последующего совершенствования конструкций с учетом специфических условий эксплуатации и задач цифровизации мониторинга безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярышкин В. И. Анализ случаев травматизма при работе с ПО в АО «Самотлорнефтегаз» за период 2001–2018 гг.
2. Тарасов А. Н., Иванов А. А. Оценка рисков при работе с переносными площадками обслуживания АО «Самотлорнефтегаз». // 2022. — С. 115–130.
3. Ермилов О. М., Ремизов В. В., Ширковский А. И., Чугунов Л. С. Охрана труда, добычи и наземного оборудования. — М. : Наука, 1996. — 541 с.
4. Бойко В. С. Разработка и эксплуатация ПО в АО «Самотлорнефтегаз». — М. : Недра, 1990.
5. Максимов М. И. Инновационные подходы к снижению травматизма. — М. : Недра, 2014. — С. 48–53.
6. Карнаухов М. Л., Рязанцев Н. Ф. Справочник по испытанию переносных площадок обслуживания скважин в АО «Самотлорнефтегаз». — М. : Недра, 1984.

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА НА
УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ****АННОТАЦИЯ**

В соответствии со статистическими данными, одним из основных вредных производственных факторов, воздействующим на персонал горных предприятий, является угольная пыль. Данный фактор приводит к развитию профессиональных заболеваний органов дыхания, таких как силикозы и пневмокониозы. Данная работа посвящена выбору и обоснованию оптимальной концентрации пылеподавателя на основе поверхностно-активных веществ. Проведена экспериментальная апробация с образцами угольной пыли с реального производственного объекта. Установлено время смачивания частиц угольной пыли в зависимости от типа раствора-пылеподавателя. Также, была проведена оценка экономической эффективности предложенных мероприятий.

1. ВВЕДЕНИЕ

Угольная отрасль занимает одно из ведущих мест в отечественной экономике, являясь системообразующей. Данная отрасль рассматривается как один из основных источников энергоносителей в долгосрочной перспективе. Все производственные операции, выполняемые на угольных разрезах, сопровождаются пылеобразованием. Пылевые выбросы от технологических источников находятся в размере нескольких десятков тысяч тонн в год, а перенос пыли осуществляется на несколько десятков километров. Дисперсный состав такой пыли представлен размером 10 мкм, преобладают частицы с размером менее 5 мкм [1].



Рисунок 1 – Угольный разрез [составлено авторами]

Наличие технологических автодорог ведет к

увеличению запыленности рабочих мест. Увеличение пылевых выбросов напрямую зависит от интенсивности движения. Скорость воздушного потока, влажность верхнего слоя дорожного покрытия и его фракционный состав также влияет на количество пыли, взмываемой с поверхности техногенных автодорог [2].

Аэротехногенное воздействие на персонал карьера, вызванное повышенной запыленностью воздуха, в условиях горнодобывающего предприятия приводит к развитию заболеваний органов дыхания. Основными источниками образования пыли на предприятиях, ведущих разработку открытым способом, являются буровзрывные работы, экскавация, транспортирование, пыление отвалов. Наиболее негативное влияние на органы дыхания оказывает респираторная фракция пыли, с диаметром частиц до 10 мкм. При производстве массового взрыва энергия взрыва измельчает породу, что приводит к одномоментному выделению значительного количества мельчайших фракций пыли. Эффективность борьбы с пылью при производстве массовых взрывов определяется климатическими особенностями расположения карьера, физикомеханическими свойствами пород и параметрами буровзрывных работ [2].

Структура выбросов по этапам технологического процесса существенно различается между предприятиями. При этом, доля буровзрывных работ в структуре выбросов может изменяться от 0,001 % до 52 %, выемочно-погрузочных работ - от 0,4 % до 64 %, транспортировки горной массы - от 5 % до 58 %, складирования угля - от 0,3 % до 20 %, складирования отходов - от 4 % до 69 %. Подобные различия связаны с используемыми технологиями [3].

В соответствии с данными Ростехнадзора заболевания органов дыхания являются одними из наиболее распространенных среди горнорабочих, в том числе персонала угольных разрезов. Среди всех отраслей промышленности от общего числа профзаболеваний заболевания органов дыхания составляют 18,2%, а по угольной отрасли около 40% всех профзаболеваний составляют силикозы и пневмокониозы.

В период отрицательных температур воздуха пылеподавление при производстве массовых взрывов достигается применением снежного покрова на взрываемом блоке, а при положительных температурах – применением поверхностно-активных веществ в составе гидрозабойки скважин. В работе представлено обоснование выбора состава

гидрозабойки с применением поверхностно активных веществ для пылеподавления при производстве массовых взрывов [4].

2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на разнообразное количество способов и средств пылеподавления «мокрые» способы борьбы с пылью нашли большее применение, поскольку они являются простыми, надежными и выгодными с экономической точки зрения [4].

Наиболее эффективным способом борьбы с пылью на дорожных покрытиях (гравийных, щебеночных, грунтовых, улучшенных и др.) является обработка их обеспыливающими материалами, обеспечивающая уменьшение износа, сохранение первоначальной ровности, снижение загрязнения атмосферы, улучшение условий движения автомобилей и санитарно-гигиенического состояния прилегающих к дорогам населенных пунктов и объектов сельскохозяйственного производства [5].

Для увеличения эффективности гидрообеспыливания используются растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). В настоящее время на угольных разрезах при пылеподавлении бортов разреза и автодорог нашли применение смачиватели: ДБ, ОП-7, ДС-РАС, ДС-На и др.



Рисунок 2 – Обеспыливание бортов разреза [составлено авторами]

При взятии проб воздуха на данном угольном разрезе было выявлено, что фактическая среднесуточная концентрация взвешенных веществ размером менее 10 мкм и 2,5 мкм в атмосфере воздуха в разы превышает ПДК (таблица 1).

ПДК _{сс} , мг/м ³	К _{сс} (факт.), мг/м ³
0,035	0,102
0,035	0,089
0,035	0,092
0,035	0,088

Таблица 1 – Концентрации пыли крупностью 2,5-10 мкм в воздухе рабочей зоны [составлено авторами]

Для проведения исследования по

смачиванию угольной пыли были взяты образцы угля марки Д с одного из разрезов Сахалина.

В рамках эксперименты брались навески образца угольной пыли марки Д, помещались в емкости с раствором выбранных ПАВ (кокоглюкозид, кокомидопропил, децилглюкозид) с их концентрациями от 0,05 до 1,2 %. Определялась скорость осаждения пылевых частиц.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенного эксперимента было установлено время оседания частиц при использовании растворов на основе ПАВ, установлены зависимости скорости оседания от времени (рисунок 3).

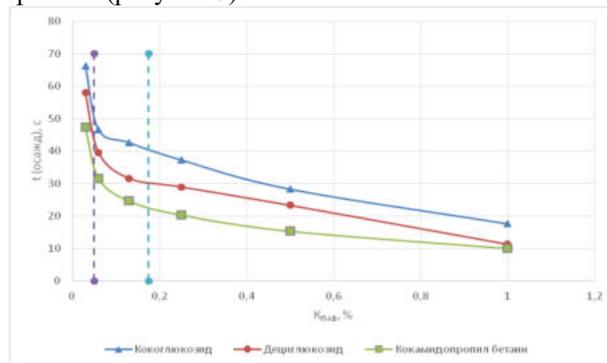


Рисунок 3 – Зависимость скорости оседания пылевых частиц от концентрации пылеподавляющих растворов [составлено авторами]

Чем больше скорость смачивания частиц пыли, тем быстрее будет происходить процесс их коагуляции и осаждения и тем меньше витающей пыли будет в воздухе. Исходя из этого, предлагается оптимальную концентрацию смачивателя определять по времени смачивания, не превышающему 60 секунд. Наилучший показатель имеет кокомидопропил бетаин.

Было проведено экономическое обоснование предложенного мероприятия по пылеподавлению. Результаты представлены в таблице 2.

№ п.п.	Показатель	Значение
1	Общая сумма амортизационных отчислений, руб.	215 650
2	Общая стоимость основного электрооборудования, руб.	1536000
3	Рентабельность производства, %	58,5
4	Валовая прибыль, руб.	4172400
5	Рентабельность продукции, %	8
6	Полная себестоимость годового производства	52155000

	смачивателя, руб.	
7	Капитальные затраты, руб.	1979215
8	Срок окупаемости инвестиций, лет	1,85
9	Коэффициент общей экономической эффективности	0,54

Таблица 2 – Экономические показатели [составлено авторами]

4.ВЫВОДЫ

В работе рассмотрен вопрос снижения концентрации угольной пыли в рабочей зоне угольного разреза. Рассмотрены статистические данные по отрасли. Проведены замеры концентрации респираторной фракции на реальном производственном объекте.

Проведено исследование с применением растворов-пылеподавителей на основе поверхностно-активных веществ. Используемая в эксперименте угольная пыль марки Д взята с реального угольного разреза. Установлена скорость оседания частиц при применении различных составов, определен наиболее эффективный из них.

Также, проведено экономическое обоснование применения наиболее эффективного состава-смачивателя. Установленный срок окупаемости составил менее двух лет, что свидетельствует о целесообразности применения выбранного раствора на производственном объекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huang Z. et al. Preparation and properties of a rock dust suppressant for a copper mine // Atmospheric Pollution Research. – 2019. – Vol.10, № 6. – p. 2010–2017. DOI: 10.1016/j.apr.2019.09.008.
2. Kornev A. V., Korshunov G. I., Kudelas D. Reduction of dust in the longwall faces of coal mines: Problems and perspective solutions // Acta MontanisticaSlovaca. – 2021. – Vol. 26, № 1. – p. 84–97. DOI: 10.46544/AMS.v26i1.07.
3. Zhou Q. et al. Novel technology for synergetic dust suppression using surfactant-magnetized water in underground coal mines // Process Safety and Environmental Protection. – 2017. – Vol. 109. – p. 631–638. DOI: 10.1016/j.psep.2017.05.013.
4. Коршунов Г. И., Сафина А. М., Каримов А. М. Исследование и анализ источников выделения респираторной фракции пыли на угольных разрезах // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 10. – С. 65–70. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-10-65-70.
5. Летуев К. В., Ковшов С. В., Гридина Е. Б. Технология гидрообеспыливания автомобильных дорог угольных разрезов с применением

очищенных сточных и дренажных вод // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 30–33. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-1-30-33.

А.О. Захарова
ФГБОУ ВО «БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова», г. Санкт-Петербург,
ул. 1-я Красноармейская, 1/21, Россия

РАЗРАБОТКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В МЕДИЦИНСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

АННОТАЦИЯ

Развитие и распространение болезнетворных микроорганизмов в помещениях медицинских и социальных учреждений являются насущной проблемой современности. Применяемые методы высокочрезвычайно затратны, и могут быть причиной возникновения профессиональных заболеваний, аллергических реакций. Данным исследованием решается проблема распространения бактерий на предметах и поверхностях путем применения тонкопленочных антибактериальных покрытий на основе оксидов металлов, полученных инновационным экстракционно-пиролитическим методом. Была произведена оценка механических свойств покрытий в результате чего был сделан вывод о возможности применения разработки в качестве мер снижения биологического фактора в медицинских и социальных учреждениях.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Основные требования по дезинфекции и защите поверхностей в больницах включают обработку контактных поверхностей (ручек, перил, столов) и использование антисептиков и антимикробных покрытий [1]. Обработка растворами антисептиков имеет кратковременный характер, поэтому является затратной. Кроме того, избыток хлорсодержащих реагентов может привести к нарушению работы желудочно-кишечного тракта человека и отравлению.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к росту профессиональных аллергических заболеваний среди работников здравоохранения. [2,3] Как выяснили исследователи, ключевым провоцирующим фактором является именно использование дезинфицирующих и антисептических средств в медицинских учреждениях. [4] Эти химические вещества, несмотря на свою необходимость для обеспечения стерильности, обладают выраженной агрессивностью и способны проникать в организм несколькими путями: через кожные покровы, слизистые оболочки и дыхательные пути. Вдыхание паров или аэрозолей дезинфицирующих средств нередко приводит к развитию аллергического ринита, гиперреактивности бронхов или хронического бронхита. Контакт с кожей, особенно при регулярном и длительном воздействии, вызывает воспалительные реакции — от легкого раздражения до тяжелых форм профессионального дерматита. Именно дерматиты сегодня стоят на первом месте среди профессиональных заболеваний медицинских работников, связанных с химическим

воздействием: кожа, подверженная постоянному контакту с агрессивными составами, теряет защитные свойства, превращая повседневную работу в источник хронического дискомфорта.

Для обеспечения безопасности медицинских учреждений часто дверные ручки и другие контактные поверхности изготавливают из меди, которая обеспечивает антибактериальные свойства. Но медь — достаточно дорогой материал. В настоящее время особенную актуальность приобрели антибактериальные покрытия, научный интерес к которым возник в последние десятилетия. Применение меди и ее сплавов в больницах для поверхностей дверных ручек, элементов мебели, поручней кроватей, капельных подставок, кнопок вызова медсестры, кранов, выключателей освещения и т. д. значительно способствовало сокращению числа случаев госпитальных инфекций. В больничном оборудовании, содержащем на поверхности медь, обнаружили на 90-100% меньше бактериальных инфекций, чем в больнице с обычными материалами, такими как сталь или пластик. [5]

Известно, что ZnO проявляет доказанную антимикробную активность и широко применяется в составах средств для личной гигиены. Механизм антибактериальной защиты данного металла заключается в блокировке бактериального белка-транспортера (PsaBCA), вследствие чего рост бактерий ингибируется. Также, оксид цинка обладает высокими антикоррозионными свойствами, благодаря чему покрытия на основе ZnO активно применяются в машиностроительной отрасли.

Диоксид титана известен как фотоактивный материал, который под действием света способствует разложению органических веществ, в том числе бактерий на его поверхности. Диоксид титана TiO₂ часто используется в фотокаталитическом процессе, как один из самых перспективных, химически и термически стабильных и нетоксичных продуктов с низкой ценой.

Применение данных металлов в качестве покрытий является полезным методом для улучшения гигиены. Однако использование объемной меди, цинка или титана сильно ограничено из-за высокой цены. Следовательно, применение тонких плёнок на основе оксидов данных металлов приобретают все большую популярность, как мера борьбы с патогенными микроорганизмами.

1.2 Актуальность

Ввиду отсутствия технологичного метода нанесения оксидных плёнок на большие и сложные поверхности и роста потребности в антибактериальных покрытиях, возникает необходимость разработки метода, который позволит с наименьшими затратами получить антибактериальные покрытия на поверхностях различных размеров и сложных форм.

1.3 Цель проведения исследования

Целью работы является получение тонких плёнок сложного оксида меди и титана и цинка которые обладают антибактериальными свойствами, разработка метода нанесения антибактериальных покрытий на поверхности различных размеров и сложных форм, а также оценка безопасности использования разработки человеком посредством изучения физико-механических свойств получаемых покрытий.

1.4 Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо получить тонкие плёнки Cu-Ti-O и Zn-Cu-Ti-O с различным соотношением компонентов, отожженные при различных температурах с помощью экстракционно-пиролитического метода. Экстракционно-пиролитический метод позволяет получить тонкие наноструктурные плёнки, а также равномерно распределить компоненты в плёнках и ввести наночастицы, то есть относится к нанотехнологиям. Полученные плёнки необходимо испытать на антибактериальные свойства в специализированной лаборатории и исследовать их физико-механические характеристики.

2. ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

2.1 Экстракционно-пиролитический метод

В ходе научно-исследовательской работы был разработан [6] экстракционно-пиролитический синтез антибактериальных плёнок оксидов меди-титана Cu-Ti-O и цинка-меди-титана Zn-Cu-Ti-O и который позволяет покрывать большие и сложные поверхности без использования вакуума и громоздкого оборудования. Метод заключается в катионообменной экстракции отдельных компонентов сложного оксида (меди и титана) из растворов их неорганических солей (CuCl_2 , TiOSO_4 , ZnCl_2) с помощью органического экстрагента (смеси карбоновых кислот C_5 - C_9) [7]. Полученные экстракты с заданной и уточненной концентрацией металлов смешиваются в определённых стехиометрических соотношениях с образованием истинного раствора. Благодаря высокой смачивающей способности органических растворов экстрактов, они формируют тонкие самоорганизующиеся плёнки на любых, предварительно очищенных, подложках. Последующая термообработка (окислительный пиролиз) приводит к формированию гомогенных оксидных плёнок.

В экстракционно-пиролитическом методе исходные растворы смешиваются на молекулярном уровне, что обеспечивает гомогенность полученных продуктов и смягчает режимы синтеза сложных оксидов. Для обеспечения точной стехиометрии компонентов сложного оксида предварительно перед смешиванием уточнялась концентрация каждого раствора (экстракта меди и экстракта титана) методами атомной абсорбции и взвешивания пиролизированных остатков. Экстракты меди и титана и цинка смешиваются в соотношениях Zn: Cu: Ti = 6:1:3, Cu:Ti = (9:1). Также можно получить растворы прекурсоров с добавками наночастиц диоксида титана.

2.2 Антибактериальный тест

Плёнки нанесены методом погружения круглых покровных стекол, диаметром 13 мм, полученных от МиниМед [10] в раствор прекурсора – смеси экстрактов меди и титана. Далее образцы помещали в открытую вертикальную печь, нагретую до температуры 450 °С, находящуюся в вытяжном шкафу. При нагревании происходит термическое разложение органической части молекул прекурсора с образованием на подложке плёнок оксидов меди и титана. Последующий отжиг при более высокой температуре приводит к формированию сложных оксидов.

Получены тонкие плёнки Cu-Ti-O и Zn-Cu-Ti-O с различным соотношением компонентов, синтезированные при температурах 450, 550 и 600 °С, а также образцы, содержащие наночастицы оксида титана.

Антимикробную активность полученных образцов исследовали в отношении грамотрицательной бактерии *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 и грамположительной бактерии *Staphylococcus aureus* 25923 с помощью антибактериального теста.

В лунки 24- или 96-луночного пластикового планшета вносили суспензию бактерий, находящихся в логарифмической фазе роста, в концентрации $5 \cdot 10^4$ колониеобразующих единиц на 1 мл питательной среды - бульона Мюллера-Хинтона. В лунки погружали образцы стекол с покрытием и без покрытия. Лунка, в которую не вносили ничего, кроме суспензии бактерий, была положительным контролем (контроль бактерий), а лунка, где была только стерильная питательная среда - отрицательным контролем (контроль среды).

Планшеты с образцами инкубировали в течение 18 ч при 37 °С. Далее для регистрации результатов вносили по 30 и 60 мкл 0,01 % раствора резазурина (Alamar Blue) в лунки 24- и 96-луночного планшета, соответственно. Резазурин является маркером жизнеспособности клеток – в присутствии продуктов метаболизма клеток цвет маркера изменяется с голубого на розовый в результате реакции, в ходе которой образуется продукт – резазуфин.

2.3 Результаты

Были приготовлены пленки на стекле с соотношением компонентов Cu:Ti = 9:1 и Zn: Cu: Ti = 6:1:3.

Полученные образцы прошли предварительное и повторное тестирование в Институте экспериментальной медицины РАН на антибактериальные свойства (рис.).



Рисунок 1 – Пробный антибактериальный тест

Стекло необработанное и контроль бактерии – розовые - активный рост бактерий, контроль среды – голубой (отсутствие бактерий, нет продуктов дыхания).

Полученные предварительные результаты свидетельствуют о том, что превышение содержания титана в сложном оксиде Cu-Ti-O нежелательно для активности пленки против роста бактерий. Предварительные результаты позволяют судить об эффективности ряда образцов пленок Cu-Ti-O. Последующие эксперименты позволили уточнить полученные результаты.

Кроме того, предварительные эксперименты показали, что повышение содержания меди в образцах и температуры отжига сложного оксида Cu-Ti-O повышает антимикробную активность. Поэтому были приготовлены образцы с соотношениями Cu:Ti = 9:1 и Zn: Cu: Ti = 6:1:3, термически обработанные при 500 и 600 °C.

Проведен повторный антибактериальный тест в котором все испытанные образцы показали высокую антимикробную активность.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

3.1 Определение адгезии

Определение адгезии образцов покрытий на основе композиции Zn:Ti:Cu = 6:3:1 (полученного при T = 500 °C) и Cu:Ti = 9:1 (полученного при T = 500 °C) проводилось по методике стандарта ГОСТ 31149-2014 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза». Испытания проводились при температуре (23±2)°C и относительной влажности (50±5) %. Перед началом проведения испытаний бритвенное лезвие заменялось на новое.

Подготовка образцов к оценке адгезии состояла из нанесения решетчатых надрезов на участки поверхности, предназначенные для испытаний. Надрезы формировались с помощью адгезиометра-решетки «Константа-АР». Минимальное расстояние от области надрезов до края образца составляло 10 мм, что позволяло исключить краевые эффекты при оценке адгезии. Надрез выполняют путем нанесения

не менее шести параллельных царапин до подложки (металла) длиной не менее 20 мм, расположенных на расстоянии 1 мм друг от друга. Инструмент для резки был расположен перпендикулярно поверхности образца. Затем перпендикулярно первым надрезам наносились аналогичные надрезы, образуя решетку из квадратов одинакового размера.

Для оценки адгезии, на поверхность образца с получившейся решеткой наклеивают клейкую ленту для её последующего удаления вместе с остатками отслоившегося покрытия. Результат испытаний представлен на рисунке 2.

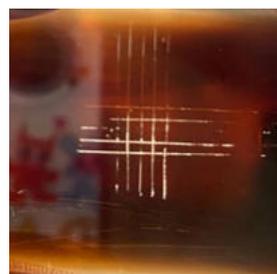


Рисунок 2 – Результаты эксперимента на адгезию

Тем самым, тонкие оксидные пленки, полученные на основе композиции из смеси экстрактов металлов Zn:Ti:Cu = 6:3:1 и Cu:Ti = 9:1 имеют достаточно прочное сцепление с подложкой, что положительно сказывается на безопасности применения покрытий и их долговечности при эксплуатации.

3.2 Определение твердости покрытий

Твердость покрытий определялась по методике из стандарта ГОСТ 5233-89 «Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытий по маятниковому прибору». Испытания проводились по маятнику Персоза, на приборе маятниковом 2123 ТМЛ.

Перед испытанием было определено «стеклянное число» X₀ – число колебаний маятника для подложки без покрытия, оно равнялось 480. Далее в прибор устанавливались поочередно образцы с покрытиями Zn:Ti:Cu = 6:3:1 (полученного при T = 500 °C), Cu:Ti = 9:1 (полученного при T = 500 °C), Cu:Ti = 9:1 (полученного при T = 600 °C).

Твердость подложки оценивается при помощи коэффициента Y_n, который высчитывается по формуле 1:

$$Y_n = \frac{X_n}{X_0} \quad (1)$$

где: X_n – число колебаний маятника для испытуемого образца.

Для покрытия состава Cu:Ti = 9:1 было получено среднее значение X_n = 462. Тогда Y_n = 462/480 = 0,96.

Образец со значением коэффициента Y_n ≥ 0,8 у.е. оценивается как имеющий высокую твердость покрытия.

3.3 Результаты

Анализируя результаты испытаний, можно заключить, что полученные покрытия обладают достаточно высокой твердостью.

По сравнению с лакокрасочными покрытиями, которые имеют твердость 0,60 – 0,80, оксидные пленочные покрытия обладают твердостью 0,97-0,99.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из вышесказанного и нормативно-правовых документов [1,8], можно с уверенностью заявить об актуальности проведенного исследования и о пользе, которую могут принести антибактериальные тонкие оксидные пленки в борьбе с биологическим фактором на рабочих местах в медицинских и социальных учреждениях. Также, исходя из того что в организациях постоянно должны проводиться как уборки помещений, так и стерилизация медицинских приборов, антибактериальные покрытия могут упростить эту процедуру, так как применение тонких пленок снижает не только рост микроорганизмов на их поверхности, но также уменьшает скапливаемость пыли за счет фотокаталитической активности диоксида титана. Важно отметить, что уменьшение распространения бактерий на различных поверхностях снизит содержание микроорганизмов в воздушной среде, что также позволит соблюдать нормативы и обезопасит людей от распространения инфекций.

В результате механических испытаний тонкопленочных покрытий Zn-Ti-Cu-O и Cu-Ti-O показано, что полученные экстракционно-пиролитическим методом антибактериальные оксидные пленки обладают высокой адгезией, составляющей 1 балл, что гарантирует безопасности применения покрытий и долговечность их эксплуатации.

Высокие прочностные характеристики полученных покрытий обеспечивают их износостойкость и гарантию прочной связи компонентов в покрытии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 3.1.3597-20. Санитарно-эпидемиологические правила «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)»: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 декабря 2020 г. № 43. — М., 2020.
2. Roslaya N. A., Plotko E. G., Lebedeva A. V. Vliyaniye faktorov professional'nogo riska na sostoyaniye zdorov'ya medicinskih rabotnikov Sverdlovskoy oblasti // Vestnik RGMU. — 2013. — № 5–6. — S. 129–132.
3. Dumas O., Varraso R., Boggs K. M., et al. Association of Occupational Exposure to Disinfectants With Incidence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Among US Female Nurses. *JAMA Netw Open*. 2019; 2(10):e1913563.]
4. Barbaud, An & Vigan, Martine & Jean Louis, Delrous & Assier, H. & Avenel-Audran, Martine & Collet, E. & Dehlemmes, A. & Dutartre, H. & Gérard, C. & Girardin, P. & Coz, C. & Milpied-Homsy, B. & Nassif, Aude & Pons-Guiraud, A. & Raison-Peyron, N.. (2005). Allergie de contact aux antiseptiques: 75 cas analysés par le réseau Revidal de dermato-allergovigilance. *Annales*

de Dermatologie et de Vénérologie. 132. 962-965. 10.1016/S0151-9638(05)79557-0.

5. Michaels H.T. Copper alloys in the fight against microorganisms // *Plumbing Standarts* 2004. № 4. P.22-34.

6. 1. Т. Н. Патрушева, А. О. Захарова, О. В. Шамова, Е. В. Владимирова. Способ получения антибактериального покрытия Cu-Ti-O экстракционно-пиролитическим методом : пат. 2801505.

7. Рос. Федерация : МПК C23C 16/00 – № 2022100001 ; заявл. 01.01.2022 ; опубл. 09.08.2023. — 7 с. Холькин А.И., Патрушева, Т.Н., Экстракционно-пиролитическому методу 25 лет. Результаты и перспективы // *Химическая технология* 2015. №10. С. 3-5.

8. СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18 мая 2010 г. № 58. — Введ. 2010-09-01. — М. : Минздравсоцразвития России, 2010. — 40 с.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ЭТАП В ПОСТРОЕНИИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается значимость влияния комплексной оценки профессиональных рисков на культуру безопасности. Также проанализирована важность данного вопроса и актуальность. Необходимость создания безопасной атмосферы является важным фактором.

1. ВВЕДЕНИЕ

На любом современном предприятии существует большое количество потенциальных опасностей, которые могут привести к негативным последствиям, ухудшению самочувствия сотрудников и травматизму [1].

Целью исследования является построение культуры безопасности на производстве посредством применения комплексной оценки профессиональных рисков.

Задачами исследования является проведение анализа для определения важности проведения оценки профессиональных рисков, а также необходимости применения комплексной оценки профессиональных рисков.

Объектом исследования является процесс комплексной оценки профессиональных рисков на предприятии.

Методом исследования является сравнительный анализ.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Решение проблемы обеспечения безопасности является актуальной и по сей день, так как опасностями, в широком понимании, может быть все живое и неживое. При их возникновении они могут причинить вред всей материальной среде.

Источниками опасностей являются:

- действия людей;
- техногенная среда;
- естественные процессы.

Реализуются опасности в виде:

- потоков энергии;
- потоков вещества;
- информации.

На рабочем месте сотрудник воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности. При чем, чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше число антропогенных опасностей, с которыми сотрудник может столкнуться.

Данные опасности могут воздействовать на человека в течение всего рабочего дня, периодически или импульсно [2].

В соответствии с диаграммой, можно заметить, что во многих отраслях промышленности в настоящий момент присутствуют риски, связанные с трудовой деятельностью сотрудников.

В каких отраслях больше всего производственных травм

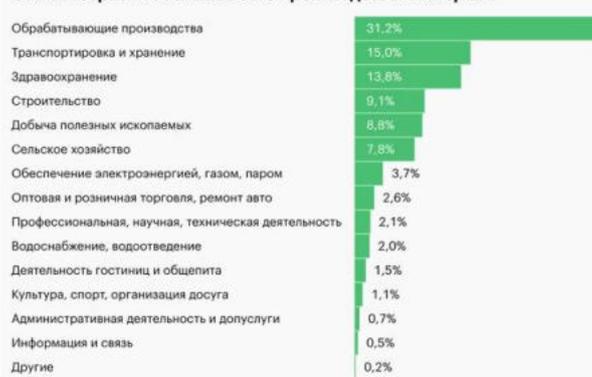


Рис.1 Производственные травмы в отраслях

Для более глубокого изучения данной темы разберем определение «оценка профессиональных рисков» и «культура безопасности».

Оценка профессиональных рисков - процедура по выявлению вредных и опасных производственных факторов условий труда сотрудника на рабочем месте.

Культура безопасности – элемент организационной культуры, связанный с обеспечением безопасности и соблюдением стандартов безопасности.

Культура безопасности в организации в конечном счете отражается в том, как обеспечивается безопасность на рабочих местах. Также она оказывает решающее влияние на эффективность работы сотрудников при выполнении задач, связанных с безопасностью, и, следовательно, на уровень безопасности в организации.

Культура безопасности формируется на вовлеченности, приверженности, лидерстве, коммуникации, информировании о происшествиях.

Также культура безопасности не может быть создана или изменена за один момент. Она формируется с течением времени под влиянием истории, методов обеспечения охраны труда и техники безопасности.

Культура безопасности присутствует в каждом предприятии, просто в некоторых организациях она может быть развита лучше, чем в других.

Культура безопасности оказывает значительное влияние на эффективность работы сотрудников и, следовательно, на уровень безопасности организации в целом [3].

Культура безопасности включает в себя:

- Нормы.
- Правила.
- Способы выполнения норм и правил.

Культура безопасности может быть высокой только в том случае если сотрудники начнут соблюдать правила безопасности только потому, что считают это действительно верным и единственным вариантом выполнения работы, а не под принуждением. Сотрудники ставят на первое место свое здоровье и безопасность, понимают, что это является ключевой ценностью организации.

Достойную культуру безопасности на любом предприятии можно достичь с помощью:

- Заботы и внимания к опасным факторам.
- Реалистичных методов работы с опасными факторами.
- Непрерывного организационного обучения.
- Лидерства руководства в вопросах безопасности.
- Открытая коммуникацию по вопросам возникших рисков.

Забота и внимание к опасным факторам. Рассмотрим этот пункт более подробно, а также изучим действительно ли он является важным в культуре безопасности и занимает главную позицию.

Опасные и вредные факторы – это факторы трудового процесса и обстоятельства, которые могут причинить вред здоровью человека и привести к ухудшению его самочувствия.

Существующая процедура по оценке профессиональных рисков поможет вовремя выявить существующие риски, предотвратить опасные и вредные ситуации, которые могут произойти с сотрудником во время выполнения какой-либо рабочей обязанности.

Данная процедура оценки рисков состоит из нескольких этапов:

1. Выявление всех возможных опасностей.

На данном этапе выявляются все возможные ситуации, которые могут произойти с сотрудником, а также потенциальные источники возникновения травмы.

2. Оценка уровней рисков.

Данную процедуру проводят для того, чтобы ранжировать оценку уровней рисков и определить меры для снижения уровня наиболее высоких мер. Риск распределяют и рассчитывают, как сочетание вероятности причинения ущерба и тяжести ущерба [4].

3. Разработка мероприятий по снижению или контролю уровней риска.

Данный пункт позволяет провести мероприятия, которые бы снизили уровень риска.

Примеры мероприятий:

- исключение опасной работы и материала, которую может совершать работник;
- замена опасной работы или материала на более безопасную;
- внедрение технологий и методов, которые позволят ограничить риски;
- внедрение административных мер для контроля качества выполнения мероприятий по безопасности;
- назначить обучение;
- обеспечить СИЗ.

Обратимся к конкретному примеру выполнения работы сотрудника, который пилит деревья.



Рис.2 Выполнение работы с использованием ненадлежащего защитного снаряжения.

Составим несколько возможных очевидных рисков для дальнейшего внесения их в карту оценки профессиональных рисков.

Риски для работника-лесоруба в соответствии Приказом Минтруда РФ от 28.12.2021 N926 могут быть:

1. Физические.
 - Падение с высоты.
 - Падение объектов (деревья, ветви, оборудование).
 - Удар инструментом и оборудованием.
 - Порезы от оборудования, деталей.
 - Травмы опорно-двигательной системы.
2. Химические риски.
 - Воздействие токсичных веществ (гербициды, пестициды).
 - Аллергические реакции на растения.
3. Пожарные риски.
 - Возникновение пожара из-за работы с оборудованием.
 - Использование в работе легковоспламеняющихся материалов.
4. Электрические риски.
 - Удары электрическим током.
5. Экологические.
 - Воздействие различных неблагоприятных погодных условий.
 - Опасности от диких животных и растений.
6. Организационные.
 - Неправильная организация рабочего процесса.

— Недостаток информации о новых методах работы.

7. Психосоциальные риски.

— Стресс.

— Переутомление.

Этот список также можно дополнить при более полном изучении профессии и особенностей проведения работ.

При отсутствии проведения данной процедуры сотрудник не будет знать данных рисках.

Обсудим, что может произойти с сотрудником если выдать ему средства индивидуальной защиты, которые потребуются, оборудование и даже обучить охране труда, но не провести процедуру оценки профессиональных рисков.

Как мы видим, если первым делом не провести процедуру и не ознакомить с ней сотрудника, то могут произойти следующие ситуации:

— Полное непонимание действительных рисков во время работы.

Сотрудник во время исполнения трудовых обязанностей даже не сможет оценить потенциальные угрозы. Например, сотрудник не знает об опасности работы с электрооборудованием, он может проигнорировать данные предостережения или использовать средства индивидуальной защиты не должным образом.

— Не придание значения неподходящему СИЗ.

Например, сотрудник лесопилки во время работы может использовать обычные перчатки, не защищающие от порезов со специальным покрытием, то это может его травмировать.

— Игнорирование специфики данного рабочего места.

Например, во время работы могут быть специфические условия труда или условия, которые сотрудник может просто не узнать, не ознакомившись заранее с картой оценки профессиональных рисков. Получение травм и заболеваний.

Далее рассмотрим основные методы, которыми можно воспользоваться для проведения процедуры. Изучим их основные преимущества и недостатки [5].

Методы оценки профессиональных рисков:

1. Контрольные листы.

Данный метод удобен в использовании, можно использовать для различных отраслей и работ. Также он четок, структурирован и используется как часть документации по охране труда специалистов.

Недостатком использования метода является шаблонность. Это также может охватывать не все возможные риски, то есть недостаточное углубление в анализ в процессе применения.

2. Матричный метод.

В процессе использования есть возможность визуально представить риски, также данный метод можно использовать в различных отраслях и видах деятельности. Также данный метод не требует дополнительного обучения перед использованием метода.

Обратимся к недостаткам. Данный метод не учитывает взаимосвязь между различными рисками. Также не учитывает все возможные факторы, влияющие на риск.

3. Анализ «Галстук-Бабочка».

Использование данного метода позволяет простое, ясное графическое использование всех возможных рисков. Использование не требует дополнительного обучения.

Недостатками метода является отсутствие сравнения с другими методами и недостаточное рассмотрение всех возможных вариантов исходов событий.

4. Анализ причинно-следственных связей.

С помощью данного метода можно получить четкое понимание проблемы, рассмотреть все возможные факторы и связи. Получение четкой визуальной проблемы.

В то же время, в методе можем наблюдать ситуацию, в которой причину можно принять за следствие, наличие большого количества причин одного следствия и множественные следствия одной причины.

5. Сценарный анализ.

Данный метод удобен в использовании, применяется для анализа всех возможных последствий и для расчета вероятности каждого из последствий. Также не требует много времени для проведения исследования и финансовых затрат.

Недостатком проведения данного метода является его сложность и необходимость наличия специального обучения.

6. Метод анализа «Дерево событий».

Данный метод последовательно предоставляет события, схематично и наглядно. Схематично можно изобразить предполагаемые развития событий и оценить обстановку.

Недостатком является то, что в итоге можно наблюдать только положительную оценку риска, что является неэффективным и не до конца качественным методом. Нужно сверять с другими начальными событиями.

7. Метод анализа уровней защиты.

Метод определяет самые критичные уровни защиты с дальнейшим обеспечением ресурсов. Метод может выявлять процессы с низким уровнем защитных мер.

Недостатком является сложность в проведении, расчетах. Для проведения метода нужны особые знания и навыки.

8. Метод технического обслуживания, направленный на обеспечение надежности.

Данный метод эффективен, используется при создании новых процессов на предприятии.

Недостатком является сложность в использовании. Может потребоваться дополнительное обучение, повышение квалификации.

9. Анализ опасности и критических контрольных точек.

Преимуществом данного метода является структурированность. Данный метод направлен на

обеспечение высокой надежности и безопасности. В структуре четко прослеживается идентификация опасностей во всех этапах процесса.

Недостатком является большой расход времени и дополнительных расходов на проведение.

10. Исследование HAZOR.

Метод помогает выявить и детально разобраться в причинах возникновения рисков. Поэтапно рассматриваются все ситуации, которые привели к риску.

Недостатком применения является сложность выполнения и требует определенных знаний и подготовки для проведения.

11. Структурированный метод «Что, если?».

Метод прост в использовании, можно проводить в любом предприятии. С помощью него можно четко и детально разобраться в последствиях риска.

Недостатком является то, что данный метод может носить рекомендации общего характера. В процессе можно не обнаружить всех причин возникновения рисков.

12. Анализ влияния на надежность человеческого фактора.

Метод используется для решения операционных или тактических задач. В итоге можно получить количественные данные об отказах.

Недостатком являются временные и финансовые затраты.

13. Оценка риска получения профессионального заболевания.

Метод эффективен и выявляет риски получения профессионального заболевания на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на основе СОУТ.

Недостатком является узкая специализация использования данного метода.

14. Анализ эффективности затрат.

Метод эффективен и позволяет выявить все возможные затраты, выгоды и активно используется предприятиями для управления профессиональными рисками.

Недостатком использования метода является сложность и большое количество ресурсов для его выполнения.

15. Метод Файна-Кинни.

Метод структурированный, четкий и организованный. Можно детально изучить и получить полное представление о возникновении риска.

Недостатком является то, что метод предусматривает постоянную актуализацию и не учитывает взаимосвязи между различными рисками [6].

Каждый перечисленный риск имеет свои недостатки и преимущества. В соответствии с эти проведение комплексной оценки профессиональных рисков поможет более четко провести процедуру оценки профессиональных рисков.

Система комплексной оценки профессиональных рисков должна быть гибкой, так как в другом случае некоторые методы будут подходить для анализа только одного конкретного события, а для другого уже в меньшей степени.

Методы: «Что, если?», «Контрольные листы» и «Матричный метод» являются основой проведения комплексной оценки профессиональных рисков.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что культура безопасности требует от специалистов по охране труда новых подходов, идей и действий.

Нужно стараться совершенствовать уже существующие мероприятия для уменьшения уровня травматизма, способствовать выявлению всех ситуаций, способных травмировать сотрудников, создавать карты оценки профессиональных рисков, ознакомлять с ними сотрудников.

Задачи исследования выполнены. Проведен анализ для определения важности проведения оценки профессиональных рисков, а также необходимости применения комплексной оценки профессиональных рисков.

Таким образом, именно проведение комплексной оценки профессиональных рисков является неотъемлемой частью формирования высокой культуры безопасности на любом предприятии. Данная процедура выявляет все возможные риски и угрозы [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обознов, А. А. Культура безопасности в техногенном мире / А. А. Обознов, Ю. В. Бессонова // Мир психологии. – 2018. – № 4(96). – С. 115-123.
2. Мусаханова, А. К. Оценка культуры безопасности в медицинской организации и влияние мероприятий по культуре безопасности на отчетность об инцидентах / А. К. Мусаханова, С. К. Омарова, А. Ж. Байбусинова // Journal of Health Development. – 2023. – Т. 1, № 50. – С. 60-71.
3. Safety culture [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Safety_culture (дата обращения: 18.09.2025).
4. Лисянский, А. Б. Культура безопасности компании / А. Б. Лисянский // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 1(138). – С. 1039-1043.
5. Малышев, Д. В. Метод комплексной оценки профессионального риска / Д. В. Малышев // Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5, № 3. – С. 40-59. – EDN NUFHVD.
6. Айткенова, Г. Т. Идентификация опасностей на рабочих местах как элемент оценки профессиональных рисков / Г. Т. Айткенова, Ж. Х. Есбенбетова // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2019. – № 4. – С. 194-196.
7. Тимашов, А. В. О методах оценки профессиональных рисков / А. В. Тимашов // Охрана и экономика труда. – 2011. – № 1(2). – С. 17-19.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИМЕНЕНИЯ РАБОТНИКАМИ АПТЕЧЕК ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена актуальной проблеме применения аптечек первой помощи на предприятиях, что является важным направлением повышения уровня охраны труда и культуры безопасности работников.

Рассмотрены объективные и социально значимые факторы, которые обязывают работодателя и работника обеспечивать грамотное использование аптечек первой помощи.

В целях совершенствования процесса применения аптечек ПП на предприятии, разработаны рекомендации, направленные на повышение эффективности использования аптечек первой помощи, за счет внедрения IoT-аптечек с RFID-метками, которые позволят на постоянной основе отслеживать состояние и срок годности медицинских изделий.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Проблема оказания первой помощи человеку, получившему повреждения здоровья, актуальна на любом историческом этапе развития общества. Аптечки первой помощи, в различных вариациях, применялись человечеством с глубокой древности. Они были необходимым инструментом врачей, посещающих больных на дому и являлись частью бытовых средств в обиходе населения.

По оценкам Международной Организации Труда (МОТ) около 2,3 миллионов человек каждый год погибают в результате несчастных случаев на рабочем месте – в среднем 6 000 человек ежедневно. Мировая статистика ежегодно регистрирует около 340 миллионов несчастных случаев на производстве [1]. Обеспечение безопасности труда на предприятии является одной из ключевых задач работодателя в соответствии с требованиями законодательства и международными стандартами.

Одним из важных элементов системы охраны труда является своевременное и эффективное оказание первой помощи пострадавшим в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Однако, как показывает практика, даже при наличии аптечек первой помощи на предприятии их использование зачастую остается неэффективным из-за недостаточной осведомленности сотрудников, неправильного комплектования или несвоевременного контроля за состоянием медицинских средств.

1.2 Актуальность

В настоящее время использование аптечек первой помощи на предприятиях Российской Федерации регламентируется законодательством, в частности, «Трудовым кодексом Российской Федерации» от

30.12.2001 №197-ФЗ, Федеральным законом «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ и приказами Министерства здравоохранения [2; 3].

В соответствии с требованиями статьи 214 ТК РФ работодатель обязан обеспечить наличие аптечек для оказания первой помощи, укомплектованных согласно установленными требованиями и контролировать их состояние [2]. Статьи 216.3, 225, 228 ТК РФ регламентируют другие аспекты деятельности работодателя (финансирование, обучение, оказание первой помощи при несчастном случае на производстве).

Статьей 215 ТК РФ, для работников предусмотрена обязанность проходить обучение мероприятиям первой помощи [2].

Совершенствование использования аптечек первой помощи может значительно повысить уровень готовности предприятия к оказанию экстренной помощи, снизить риски осложнений после травм и улучшить общие показатели безопасности на рабочем месте.

Проблема комплектования и применения аптечек первой помощи не только очень актуальна, но и дискуссионна. Исследователи и специалисты (Г. Я. Ибрагимов, Д. Ш. Хабибуллина, А. Х. Гайсаров, А. М. Халмуратов, Л. И. Дежурный, Г. В., Неудахин, Б. и др.) изучают проблемы и ведут дискуссии относительно вида и содержания аптечек, требований к комплектации, принципов разработки состава и другим аспектам [4; 5; 6; 7].

1.3 Объект и цель исследования

Актуальность проблемы обусловила выбор объекта и постановку цели исследования. Объектом исследования является процесс применения работниками аптечек первой помощи на предприятии.

Цель исследования: Совершенствование процесса применения работниками аптечек первой помощи на предприятии.

1.4 Материалы и методы исследования

Проведен анализ действующих законодательных и нормативных актов, регламентирующих вопросы применения аптечек первой помощи, который показал, что в настоящее время аптечки ПП имеют различное назначение (производственные, автомобильные и др.), но комплектация их примерно одинакова. Все они лишены лекарственных препаратов и оснащены только медицинскими средствами. Комплектация и порядок применения строго регламентированы специальными правовыми

документами.

В ходе исследования использованы теоретические методы: анализ, обобщение, систематизация.

1.5 Результат исследования

Аптечка первой помощи – это набор медицинских изделий, которые предназначены для оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях, отравлениях, ожогах, ранениях и других угрожающих состояниях до прибытия медиков.

Производственная аптечка первой помощи предназначена для оказания первой помощи на рабочем месте при несчастных случаях, отравлениях, ожогах, ранениях и других угрожающих состояниях. В Российской Федерации требования аптечкам ПП, используемым на предприятиях, регламентированы:

- Приказом Минздрава РФ от 24.05.2024 №262н «Об утверждении требований к комплектации аптечки для оказания работниками первой помощи пострадавшим с применением медицинских изделий», которым утверждена базовая комплектация аптечек первой помощи на предприятии [8].

- Приказом Минтруда России от 09.08.2024 №398н «Об утверждении требований к размещению, хранению и использованию аптечки для оказания работниками первой помощи пострадавшим с применением медицинских изделий» [9].

Комплектация аптечек первой помощи может отличаться в зависимости от вида производства.

Места для размещения и хранения аптечек на предприятиях должны быть в беспрепятственном доступе. Их нужно обозначать сигнальными цветами и знаками. Эти места нужно указывать на стендах, уголках по охране труда, на плане эвакуации. Место, где размещена аптечка, должно обеспечивать сохранность аптечки в соответствии с указанными на упаковке требованиями производителей медицинских изделий.

Содержание, пополнение аптечек, сроки годности контролирует работодатель. Он же устанавливает периодичность проверок. Лучшей формой контроля над комплектацией аптечек, своевременным пополнением, сроками годности изделий и правильным хранением является аудит.

Аудит аптечек первой помощи проводится для обеспечения готовности средств оказания первой помощи к использованию в случае необходимости и включает в себя проверку наличия, срока годности, комплектности и правильности хранения медикаментов и медицинских изделий, а также соблюдение требований по размещению и информированию сотрудников о наличии аптечек.

Для облегчения аудита аптечек первой помощи и процесса применения работниками аптечек ПП необходимо внедрить систему регулярной проверки и пополнения, вести учет сроков годности медикаментов, использовать четкую маркировку и стандартизировать комплектность аптечек в соответствии с законодательными требованиями и

условиями труда. Это обусловило разработку рекомендаций по совершенствованию данного процесса.

С целью повышения эффективности использования аптечек первой помощи, рекомендуется внедрить IoT-аптечки с RFID-метками, которые позволят автоматизировать контроль состояния аптечки и обеспечить своевременное пополнение материалов.

IoT-аптечка (от английского Internet of Things — Интернет вещей) – это умная аптечка, оснащённая технологиями, которые позволяют автоматически отслеживать наличие, состояние и срок годности медицинских изделий (рисунок 1).



Рисунок 1 – IoT-аптечка первой помощи.

Такая аптечка связана с компьютерной системой или облачным сервисом, передавая данные о своём содержимом в режиме реального времени.

Пользоваться такими аптечками можно, следуя принципу: датчик или RFID-метка передаёт данные на устройство IoT, а затем эти данные становятся доступны для анализа и использования. Принцип работы IoT-аптечки представлен на рисунке 2.

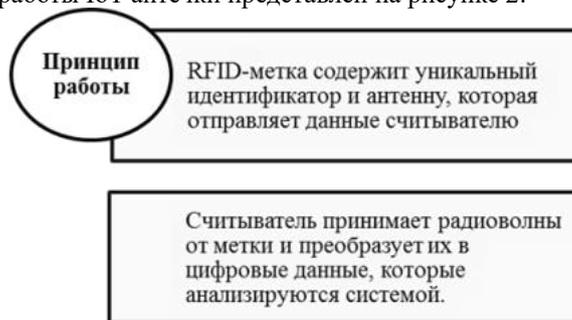


Рисунок 2 – Принцип работы IoT-аптечки.

RFID-метки (Radio-Frequency Identification) – это миниатюрные чипы, которые прикрепляются к каждому лекарству или медицинскому изделию внутри аптечки. RFID-метки хранят информацию о: названии препарата или изделия, дате выпуска, сроке годности, номере партии, инструкциях по применению.

Рассмотрим основные функции IoT-аптечки:

- Автоматический контроль сроков годности: каждый элемент аптечку имеет метку с данными о дате производства и сроке годности.

- Система отслеживает параметры, и отправляет уведомление о необходимости замены

просроченного препарата.

- Учет расхода материалов: при изъятии любого элемента из аптечки RFID-фиксирует факт использования.

- Интеграция с корпоративной сетью и мобильным приложением. Все данные передаются в центральную систему мониторинга. Работники могут через мобильное приложение получить информацию о состоянии ближайшей аптечки, доступных материалах и порядке оказания первой помощи. В случае обращения к аптечке приложение может предоставить демо инструкцию по оказанию первой помощи.

- Если количество определенного материала становится ниже установленного порога, система автоматически формирует заявку на пополнение.

Преимущества внедрения IoT-аптечек:

- Исключение использования просроченных препаратов.

- Своевременное пополнение запасов.

- Повышение скорости оказания первой помощи благодаря быстрому поиску нужных материалов.

- Автоматизация учета и контроля.

- Повышение уровня информативности работников.

- Снижение административной нагрузки на службу охраны труда.

- Улучшение показателей безопасности труда на предприятии.

Внедрение IoT-аптечек с RFID-метками и мобильным приложением является перспективным направлением для повышения эффективности использования аптечек. Автоматизация учета, контроль сроков и оперативное оповещение о необходимости пополнения запасов позволяют минимизировать человеческий фактор и обеспечить постоянную готовность средств первой помощи.

Для внедрения инновационных аптечек первой помощи на предприятии необходимо разработать подробный план, результаты реализации которого позволят оценить эффективность данной инновации. Приведем вариант такого плана.

План внедрения инновационных аптечек первой помощи на предприятии:

1. Анализ потребностей и выбор модели аптечки.

- Изучить условия работы на объектах (температура, влажность, доступность).

- Сбор требований от подразделений: количество препаратов, условия хранения, уровень автоматизации.

- Сравнительный анализ моделей IoT-аптечек на рынке (цена, функционал, надежность, совместимость с ИТ-инфраструктурой).

- Ответственность будет возложена на руководителя службы охраны труда, специалиста по закупкам отдела материально-технического обеспечения.

2. Закупка и установка аптечек.

- Формирование заявки на закупку.

- Проведение тендера или заключение договора с

поставщиком.

- Приемка оборудования по количеству, качеству и комплектации.

- Установка аптечек в соответствии с правилами размещения (видимость, доступность, безопасность).

- Настройка с внутренней системой учета и мобильным приложением.

Ответственные лица за данный этап – отдел материально-технического обеспечения, ИТ-служба, служба охраны труда.

3. Обучение персонала работе с IoT-аптечками и мобильным приложением.

- Разработка обучающих материалов (инструкции, презентации, видео-уроки).

- Создание учебной базы данных лекарств и их применения.

- Подготовка демонстрации аптечек и мобильных устройств.

- Общее информирование (видео/презентации для всех сотрудников).

- Информация о работе IoT-аптечки.

- Групповое обучение по подразделениям с практическими занятиями по использованию аптечки.

- Работа с мобильным приложением.

- Оповещения и уведомления о сроках годности.

- Для ответственных лиц необходимо специальное обучение.

- Управление списком препаратов.

- Внесение изменений в систему.

- Мониторинг состояния аптечек.

- Работа с системой отчетности.

- Ответственность за этап обучения возложена на специалистов по обучению персонала, службы охраны труда, ИТ-отдела.

4. Использование аптечек.

- Сбор статистики использования аптечек: частота обращений, наличие препаратов, отправка уведомлений.

- Регистрация случаев неполадок: технические сбои, истечение сроков, ошибки пользователей.

- Проведение промежуточного опроса сотрудников (с акцентом на новые возможности).

- Корректировка системы: замена оборудования, доработка приложения, дополнительное обучение.

5. Анализ эффективности и масштабирования решения.

- Сравнение показателей до и после внедрения.

- Количество случаев использования просроченных препаратов.

- Удовлетворенность работников.

- Частота пополнения аптечек.

- Составление отчета по эффективности.

- Принятие решения о полном внедрении или доработке.

- Расширение системы на другие филиалы / объекты.

Распределение ответственности при реализации проекта: руководитель предприятия, координатор проекта (назначается из числа структурных руководителей), служба охраны труда, ИТ-служба,

HR-отдел, финансовый отдел.

Разработанный поэтапный план реализации данного инновационного подхода включает анализ потребностей, закупку оборудования, его установку и интеграцию в корпоративную систему, обучение персонала, тестовый период и последующую оценку эффективности. Особое внимание уделено обучению, в том числе созданию обучающих материалов и проведению практических занятий, что обеспечит высокий уровень осведомленности и готовности к использованию новых аптек.

Из вышесказанного следует, что внедрение на предприятиях IoT-аптек с RFID-метками позволит снизить административную нагрузку на службу охраны труда, повысить оперативность и качество оказания первой помощи, минимизировать риски, связанные с человеческими факторами, и улучшить общие показатели безопасности на рабочих местах.

Проведенное исследование имеет практической значение, поскольку разработанные рекомендации по совершенствованию процесса применения работниками аптек первой помощи могут быть использованы на любом предприятии независимо от специфики деятельности и формы собственности.

Реализация предложенных мер позволит существенно повысить уровень готовности предприятия к оказанию первой помощи, снизить риски осложнения при получении травмы на рабочем месте, а также улучшить общие показатели производственной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ТК РФ – Трудовой Кодекс Российской Федерации.
Аптечка ПП – аптечка первой помощи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мировая статистика травматизма. // — [Электронный ресурс] — Режим доступа URL: https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249276/lang--ru/index.htm (дата обращения 15.09.2025).

2. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 15.09.2025).

3. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». // — [Электронный ресурс] — Режим доступа URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 15.09.2025).

4. Ибрагимова Г. Я., Хабибуллина Д. Ш., Гайсаров А. Х. Сравнительный анализ требований к комплектации аптек и упаковок, предназначенных для оказания первой помощи в Российской Федерации // Здоровье и образование в XXI веке. 2020. №1. // [Электронный ресурс]. — Режим доступа URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-trebovaniy-k-komplektatsii-aptechek-i-ukladok-prednaznachennyh-dlya-okazaniya-pervoy-pomoschi-v-](https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-trebovaniy-k-komplektatsii-aptechek-i-ukladok-prednaznachennyh-dlya-okazaniya-pervoy-pomoschi-v-rossiyskoy)

rossiyskoy (дата обращения: 15.09.2025).

5. Халмуратов А. М., Дежурный Л. И., Неудахин Г. В., Ганжурова Б. Ц. Современные принципы разработки состава наборов средств и устройств для оказания первой помощи // Социальные аспекты здоровья населения. 2008. №2. // [Электронный ресурс]. — Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-printsipy-razrabotki-sostavanaborov-sredstv-i-ustroystv-dlya-okazaniya-pervoy-pomoschi> (дата обращения: 15.09.2025).

6. Хомякова В. С. Проблемы использования населением аптек первой помощи / В.С. Хомякова, И.А. Комарова // Теория и практика защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время: Сборник трудов XXXV Международной научно-практической конференции, Химки, 26 февраля 2025 года. — Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2025. — С. 448-451. — EDN DGDТМС.

7. Приказ Минздрава РФ от 24.05.2024 №262н «Об утверждении требований к комплектации аптечки для оказания работниками первой помощи пострадавшим с применением медицинских изделий».

// — [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=472127&ysclid=mby3t6h2sj133477456> (дата обращения 15.09.2025)

8. Приказ Минтруда России от 09.08.2024 №398н «Об утверждении требований к размещению, хранению и использованию аптечки для оказания работниками первой помощи пострадавшим с применением медицинских изделий». // — [Электронный ресурс] — Режим доступа URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1100&documentId=52708&ysclid=mby3g8ztqv562589989> (дата обращения 15.09.2025).

РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ПО ИЗМЕРЕНИЮ АКУСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ШУМА

АННОТАЦИЯ

В работе разработан испытательный стенд для измерения уровней акустической мощности источников шума в соответствии с ГОСТ Р ИСО 3744 — 2013. Цель — создание доступного и автоматизированного устройства, снижающего время и сложность замеров, уменьшая воздействие шума на оператора. Предложена концепция стенда с использованием одного микрофона и системы перемещения на основе 3D-принтерных технологий и шаговых двигателей, реализующих измерения на полусферической поверхности. Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность и точность конструкции. Разработка предполагает дальнейшую модернизацию и расширение функционала стенда.

1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Акустика как наука о звуке возникла еще в древности, когда Пифагор заметил связь высоты тона со строкой. С тех пор акустика развивалась благодаря таким ученым, как Леонардо да Винчи, Ньютон и Гельмгольц, и до сих пор остаётся актуальной с учётом современных технологий. Звук присутствует повсюду, иногда мешая, иногда помогая, и из-за роста индустриального шума особенно важна инженерная акустика, которая занимается измерением и расчетом параметров шума для улучшения качества жизни и обеспечения нормативов [1].

1.2. Актуальность

Понижая шум, можно повысить качество труда и жизни работника. Поэтому очень важно обеспечивать разработку шумозащитных мероприятий методологической базой и аппаратурой, в том числе и для измерения уровней акустической мощности и использования данного параметра в дальнейших расчетах [2-3]. Данная работа посвящена разработке устройства, измеряющего уровни звуковой мощности объекта в соответствие с методикой измерений изложенной в [4], и облегчающего работу оператора, проводящего замеры. В первую очередь уменьшая время воздействия шума на работника. Разработка работоспособного, а главное доступного устройства является актуальной задачей.

1.3. Цель проведения исследования

Целью работы является анализ методов измерения уровня акустической мощности и разработка универсального оборудования, реализующего данные методы – испытательного

стенда, в основе которого будет лежать методика, описанная в современном стандарте [4].

1.4. Задачи

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Исследовать существующие методики измерения уровней звуковой мощности;
2. Описать концепцию испытательного стенда;
3. Разработать трехмерную модель испытательного стенда;
4. Разработать опытного образца - стенда
5. Разработать счетно-решающий модуль, который упростит работу со стендом за счет автоматизации всего или части процесса подготовки к измерениям и непосредственно самих измерений;
6. Произвести аттестацию испытательного стенда с определением статистически значимых показателей, таких как повторяемость и воспроизводимость измерений;
7. Произвести оценку возможности дальнейшей модернизации испытательного стенда для улучшения таких показателей как скорость проведения испытаний, глубина автоматизации испытаний, расширения области применения стенда под смежные задачи (определение направленности источника шума, проведение испытаний в заглушенных камерах, увеличение номенклатуры испытываемого оборудования).

1.5 Объект исследования

Объектом исследования являются методы измерения уровней акустической мощности источников звука.

Предметом исследования данной работы является испытательный стенд для измерения акустической мощности источников шума

Методологической базой работы служат: межгосударственные и национальные стандарты Российской Федерации в области акустики и конструкторской области.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Методы измерения уровней акустической мощности источников шума

Метод [5] основан на реверберационной камере и требует создания реверберационного поля, что сложно и затратно. Хотя метод не требует точного расположения микрофонов, он предъявляет особые требования к подготовке и измерениям, увеличивая точность и затраты.

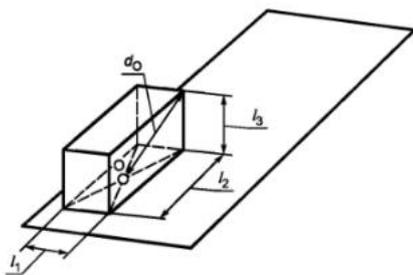


Рисунок 1 - Метод огибающего параллелепипеда

Метод [5] базируется на реверберационной камере и требует создания сложного и затратного реверберационного поля. Хотя точное расположение микрофонов не требуется, метод предъявляет особые требования к подготовке и измерениям, что повышает точность и затраты.

Обзорно-сравнительный анализ методов измерения уровней звуковой мощности

Очевидно, что наиболее затратными будут методы, основывающиеся на измерениях внутри заглушенной/полузаглушенной или реверберационной камер. Такие измерительные пространства требуют большие затраты на материалы, монтаж и компоновку камеры. Кроме того, вышеперечисленные методы устанавливают множество требований к характеристикам микроклимата в испытательном пространстве [1].

Метод заглушенных/полузаглушенных камер ограничен сферической или полусферической измерительной поверхностью. Такая поверхность обеспечивает одинаковое расстояние точек измерения от центра ИШ, что повышает точность. Однако создать систему позиционирования микрофонов для такого расположения сложно и появляется главный недостаток. В них используется сетка из микрофонов, что сильно увеличивает стоимость устройства.

Метод измерения УЗМ в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью.

Данный метод расширяет возможности по части ИП. Он предполагает использование различных видов и подвидов ИП. Требования к испытательному пространству менее жесткие, по сравнению с методами с заглушенным/полузаглушенными или реверберационными камерами, соответственно и точность метода ниже. Поэтому он называется «технический». Однако, это не значит, что более низкая точность будет давать недостоверный результат, она вполне приемлема.

Возьмем этот метод за опорный метод для разработки концепции испытательного стенда. Итак, основным источником затрат установки для измерения УЗМ являются микрофоны, поэтому необходимо снизить их количество, а именно до одного. Метод [4] позволяет использовать один микрофон, которым предполагается «сканирование» по измерительной поверхности, например, как на рисунке 2.

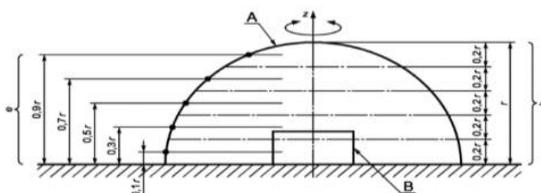


Рисунок 2 - Траектории сканирования на полусферической ИП

Для того, чтобы реализовать позиционирование микрофона в точках/на траекториях на измерительной поверхности, необходимо разработать штативную систему крепления микрофона с возможностью точного измерения его расположения. При этом, данная конструкция должна быть как можно более тонкой. Это необходимо для минимизации отражений и переотражений, т. е. минимизации внесения «телом» измерительной установки изменений в испытательное пространство [6].

Микрофон, закрепленный на штативной конструкции, будет описывать измерительную поверхность за счет закономерного перемещения и перемещения частей установки.

Микрофон перемещается в линейной системе координат X-Z по речной системе. Такое решение дает неоспоримое преимущество – простоту автоматизации измерений. Она заключается в том, что достигнуть автоматизации можно с помощью уже наработанного опыта с 3D-принтерами. Печатная головка принтера перемещается за счет привода с шаговых двигателей, управляемых драйверами, установленными в плату управления, и может изобразить любую фигуру [7].

В вышеупомянутых 3D-принтерах печатный стол перемещается по линейной оси. В нашем случае будет использован поворотный стол, который также посредством шагового двигателя будет приводиться в движение, только вращательное. Это будет как бы третьей «осью». Применение поворотного стола несколько упростит и удешевит конструкцию испытательного стенда,

Таким образом можно достичь реализации методики, установленной в [4], и не потерять точности измерений, сравнительно с более дорогостоящими аналогами.

2.2 Проектирование и подбор компонентов стенда

Части конструкции стенда и поворотного стола, за исключением некоторых, разработаны для печати на 3D-принтере из ABS-пластика, который обширно применяется в промышленности для создания различных деталей. Моделирование частей стенда произведено в ПО «КОМПАС-3D».

Аппаратной частью модели являются:

1. 3 шаговых двигателя (Модель Nema 17)
2. Драйвер A4988
3. Плата управления (Arduino Uno)

2.3 Описание установки

Макет прибора состоит из реечной конструкции, усовершенствованной шаговыми двигателями, управляемые по средству кнопок через микроконтроллер Arduino Uno. Четыре шаговых двигателя Nema 17 подключены через модули-драйверы к микроконтроллеру Arduino Uno, к которому, кроме того, подведены 3 кнопки: два управляющих электронных ключа, отвечающие за перемещения микрофона по горизонтали для задания начального радиуса измерений и переключатель, отвечающий за начало измерений.

Три шаговых двигателя отвечают за один из трех параметров положения микрофона: радиус удаления, высоту и угол наклона над горизонтом. Все три параметра меняются во время проведения автоматизированного измерения согласно установленному режиму снятия показаний. Четвертый шаговый двигатель, подключенный через редуктор к оси вращательного стола, отвечает за движение микрофона по окружности.

В данном макете реализован режим “сферического измерения” (режима измерений, проводящийся по точкам на поверхности сферы), но в дальнейшем планируется добавления “цилиндрического режима” (режима измерений, проводящийся по точкам на поверхности цилиндра) и возможности выбора режима снятия показаний.

Микроконтроллер Arduino Uno запрограммирован на языке Си с использованием встроенной библиотеки Stepper. Программа представляет из собой алгоритм последовательной подачи сигналов на микроконтроллеры в результате работы циклов.

На рисунке 3 представлен фрагмент электрической схемы прибора. На данный момент установка работает от нескольких источников питания, но в дальнейшем будет модернизирована до одного источника питания от сети.

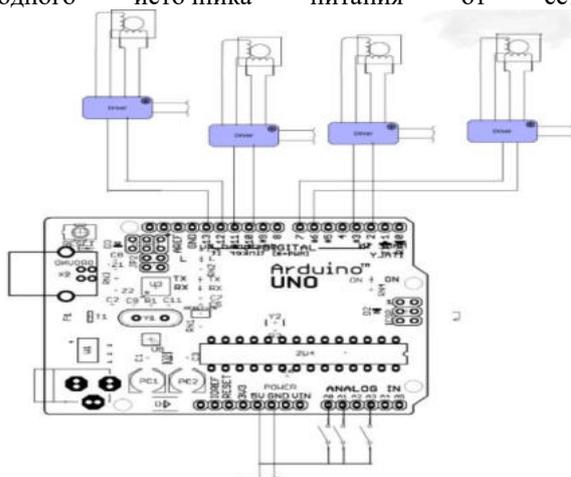


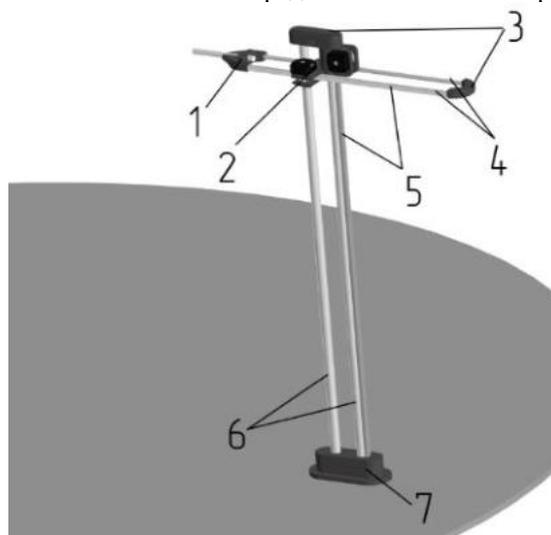
Рисунок 3 – Фрагмент электрической схемы прибора

2.2 Реечная конструкция

Реечная конструкция (см. рисунки 4 и 5) представляет собой комплект микрофона (микрофон) 8, состоящего из капсуля «ВМК-205» и предусилителя «P200», закрепленного в держателе 1,

который посредством ползьев 4 перемещается в направляющем ползуне 2. Ползун 2 перемещается по направляющим 6, которые жестко закреплены в основании 7. Ограничение движения обеспечивают (верхнее основание и задник) 3. В ползуне установлены шаговые двигатели 9, которые приводят в движение зубчатые колеса 10. Последние в контакте с зубчатыми рейками 5, жестко закрепленными на 4 и 6, образуют зубчатый механизм, обеспечивающий перемещение микрофона в осях X и Z.

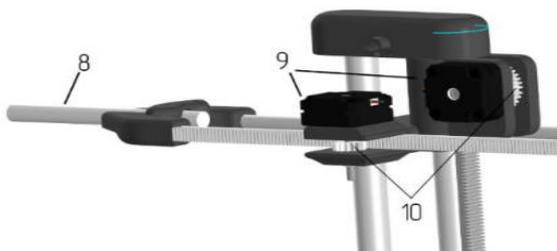
Итак, посредством аппаратной части, программного обеспечения и особой конструкции испытательного стенда, реализуется позиционирование микрофона в почти полностью автоматическом режиме. При задании в ПО размеров ИШ, программа рассчитывает параметры цилиндрической измерительной поверхности – высоту, радиус, общую площадь; параметры траекторий сканирования – высоту или удаленность от центра (в зависимости от того, боковая поверхность или на основании цилиндра соответственно), которые отсчитываются исходя из параметров ИП; затем, посредством программного кода управления, производится позиционирование микрофона по вычисленным траекториям сканирования и измерение УЗД на них при вращении ИШ вокруг своей оси. Результаты измерений автоматически заносятся в модуль обработки данных, который сразу рассчитываются значение УЗМ и неопределенность измерений.



1-держатель микрофона;2-вертикальный ползун; 3-верхнее основание и задник;4-вертикальные ползья;5-зубчатые рейки;6-горизонтальные ползья;7-основание.

Рисунок 4 - Реечная конструкция вид 1

Установка удовлетворяет основным условиям при измерении УЗМ: «тело» установки достаточно тонкое, что минимизирует отражения и переотражения; конструкция за счет алюминиевых трубок имеет достаточную жесткость и позволяет точно позиционировать микрофон на ИП. Особым достоинством такого испытательного стенда можно считать то, что испытания на нем может производить человек с минимальным требованием подготовки, что делает его еще более универсальным.



8-микрофон (капсюль «ВМК-205» и предусилитель «Р200»); 9-шаговые двигатели; 10-зубчатые колеса.

Рисунок 5 - Реечная конструкция вид 2

Увеличить точность измерений для настоящей модели испытательного стенда позволит помещение ее в заглушенную/полузаглушенную камеру, предварительно выполнив доработки, указанные в абзаце выше. в таких камерах для определения УЗМ используется исключительно сферическая или полусферическая ИП (в соответствии с [8]).

Главным недостатком подобной концепции является необходимость увеличения размеров стенда для испытания крупногабаритных источников шума, что ведет к значительному росту стоимости материалов и изготовления. Решением может стать применение телескопических направляющих.

3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И СБОРКА КОМПОНЕНТОВ

Все печатные элементы установки были изготовлены из ABS-пластика плотностью 1,04 г/см³.

Общий вид испытательного стенда представлен на рисунке 6.

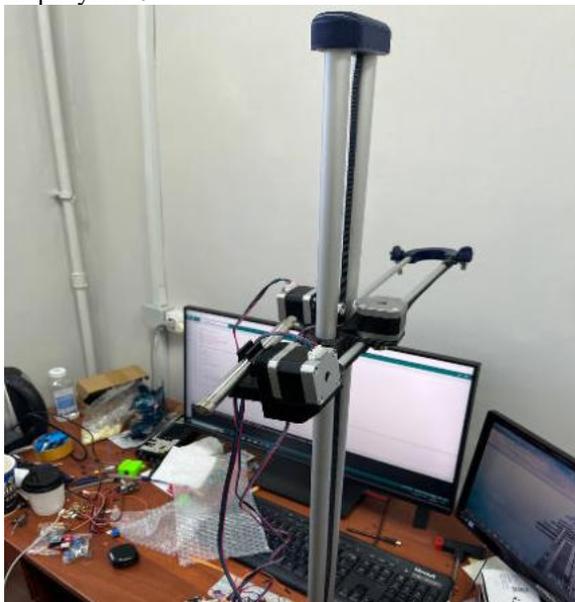


Рисунок 6 – Общий вид реечной конструкции

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе разработан испытательный стенд для измерения уровней акустической мощности источников шума согласно стандарту [8]. Анализ существующих методик позволил выбрать оптимальный подход с использованием одного

микрофона и автоматизированной системы позиционирования. Создана 3D-модель стенда, проведена сборка и программирование устройствами на базе Arduino Uno и шаговых двигателей. Проведены экспериментальные исследования, подтвердившие работоспособность стенда и его соответствие требованиям точности. Разработка показывает эффективность упрощенного и доступного решения, снижая время и затраты на измерения. Перспективы включают модернизацию автоматизации и расширение области применения.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИШ - источник шума

ИП - Измерительная поверхность

УЗД - уровень звукового давления

УЗМ - уровень звуковой мощности

ПО - программное обеспечение

СПМ система позиционирования микрофон

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Универсальная книга, Логос, 2008. – 424 с.
2. Маслеева О.В., Конохова Н.С., Курагина Т.И. Акустический расчет в производственном помещении. Методические указания по выполнению практических работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров очной, очно-заочной и заочной форм обучения всех направлений подготовки. – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2019. – 16с.
3. НИИСФ Госстроя СССР. Пособие по проектированию и расчету шумоглушения строительно-акустическими методами. – М.: Стройиздат, 1973. – 120 с.
4. ГОСТ Р ИСО 3744 – 2013 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью. – М.: Стандартинформ, 2014. – 60 с23
5. ГОСТ Р ИСО 3741 – 2013 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер. – М.: Стандартинформ, 2014. – 49 с.
6. Бурункова Ю.Э., Самуйлова Е.О. Сенсорные системы и материалы –СПб: Университет ИТМО, 2023. – 117 с.
7. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели: учебное пособие. – Волгоград: ВолгГТУ, 2005. – 48 с.
8. ГОСТ ISO 3745 – 2014 Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных и полузаглушенных камер. – М.: Стандартинформ, 2015. – 55 с.

RISKNET LIGHT: СИМУЛЯТОР ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**АННОТАЦИЯ**

RiskNet Light — интерактивный симулятор на Python/Streamlit для оценки профессиональных рисков. Инструмент объединяет матрицу 5×5 и Fine–Kinney, учитывает ПДК, классы условий труда (СОУТ), эффект инженерных/организационных мер и СИЗ, а также «скрытые» факторы. Предусмотрены сценарии работ, сравнение «до/после», экспорт отчётов и валидация на типовых кейсах. Модель прозрачна, воспроизводима и пригодна для обучения и корпоративной практики.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития систем охраны труда и техносферной безопасности характеризуются переходом от декларативного и формального подхода к риск-ориентированной модели управления. Это отражено как в российской нормативно-правовой базе, включая Трудовой кодекс Российской Федерации, Федеральный закон № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», так и в международных стандартах ISO 31000:2018 и ISO 45001:2018, которые задают рамки для управления профессиональными рисками и формирования культуры безопасности. В условиях усложнения производственных процессов, роста технологической сложности оборудования и усиления ESG-повестки предприятия и образовательные организации сталкиваются с необходимостью подготовки специалистов, способных применять современные методики анализа и оценки рисков, формировать осознанное отношение к безопасности и вырабатывать навыки принятия управленческих решений в условиях неопределенности.

Особую актуальность эта проблема приобретает в образовательной среде. Классические методы обучения вопросам охраны труда и безопасности жизнедеятельности, как правило, ограничиваются лекционным изложением и использованием печатных материалов. В то же время практические занятия в реальных условиях сопряжены с высоким уровнем опасности и требуют значительных материальных затрат. В этих условиях внедрение цифровых инструментов, позволяющих смоделировать воздействие опасных и вредных факторов, просчитать уровень риска до и после применения мер управления, а также визуализировать результаты в удобной форме, становится насущной необходимостью.

Важным направлением цифровизации образовательного процесса является разработка специализированных тренажеров и симуляторов, которые позволяют студентам и специалистам осваивать принципы риск-ориентированного мышления в интерактивной форме. В этой связи проект RiskNet Light представляет собой уникальный пример прикладного решения, объединяющего современные методики оценки профессиональных рисков и инструменты цифрового обучения. В отличие от традиционных таблиц и методических указаний, симулятор предоставляет

пользователю возможность работать с реальными сценариями, выбирать методику оценки (например, матрица 5×5 или Fine–Kinney), задавать параметры экспозиции и тяжести последствий, применять различные меры управления рисками и видеть, как это отражается на итоговом уровне риска. Такой подход формирует у обучающихся практические навыки анализа и позволяет специалистам использовать инструмент для экспресс-оценки рисков на рабочих местах.

Разработка RiskNet Light также отвечает запросам профессиональной среды. В условиях цифровизации управления охраной труда, появления требований к интеграции информационных систем, а также в связи с повышенным вниманием к ESG-факторам и корпоративной ответственности, предприятиям необходимы инструменты, позволяющие быстро и прозрачно оценивать риски, документировать результаты и демонстрировать их соответствие нормативным требованиям. Симулятор может быть внедрен как часть корпоративных систем обучения, как вспомогательный модуль при проведении СОУТ или как отдельный программный продукт для учебных заведений.

Таким образом, создание и апробация симулятора RiskNet Light представляют собой научно-практическую задачу, имеющую высокую актуальность в контексте современных требований к охране труда и техносферной безопасности. Сочетание научной новизны, связанной с адаптацией методик Fine–Kinney и матрицы 5×5 под российскую нормативную базу, и практической значимости, выражающейся в возможности применения симулятора в образовательной и корпоративной среде, определяет значимость данной разработки как для науки, так и для практики.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И НОРМАТИВНАЯ ПРИВЯЗКА**2.1 Матрица 5×5**

Методика оценки профессиональных рисков с использованием матрицы 5×5 является одной из наиболее распространённых как в России, так и за рубежом благодаря своей наглядности и простоте применения. Её суть заключается в том, что риск рассматривается как функция от двух ключевых параметров — вероятности возникновения опасного события и тяжести возможных последствий. Каждый из этих параметров оценивается по пятибалльной шкале: вероятность может варьироваться от «практически невероятно» до «очень вероятно», а тяжесть последствий — от «незначительные» до «катастрофические». Перемножение этих показателей даёт числовое значение риска, которое интерпретируется в соответствии с заранее установленной цветовой шкалой: зелёная зона (низкий риск), жёлтая (средний), оранжевая (высокий) и красная (недопустимый).

Такой подход позволяет быстро и интуитивно распределить выявленные опасности по уровням значимости и определить приоритетность применения мер управления. В отличие от более сложных математических моделей, матрица 5×5 легко воспринимается специалистами без глубоких знаний в области количественного анализа и может использоваться в учебных аудиториях, при экспресс-оценке рисков на производстве и в ходе регулярных аудитов системы охраны труда.

При этом использование матрицы 5×5 должно соответствовать действующим нормативно-правовым документам Российской Федерации. В частности, Федеральный закон № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» обязывает работодателя выявлять и учитывать вредные и опасные производственные факторы, а приказ Минтруда РФ «Методические рекомендации по идентификации опасностей и оценке профессиональных рисков» (2019) прямо допускает применение экспертных методов, включая матричные. Кроме того, ГОСТ Р 12.0.010-2009 и ГОСТ Р ИСО 45001-2020 закрепляют принцип риск-ориентированного подхода, а ГОСТ 12.0.230-2007 определяет общие требования к системам управления охраной труда. Таким образом, матрица 5×5 полностью вписывается в российскую нормативную базу и может служить удобным инструментом для реализации законодательных требований.

В симуляторе RiskNet Light методика матрицы 5×5 реализована в расширенном виде. Помимо базовых параметров вероятности и тяжести, система учитывает человеческий и организационный факторы, которые в реальных условиях существенно влияют на вероятность происшествия. Например, при низком уровне подготовки работников или при отсутствии инструктажа вероятность события оценивается выше. Для отражения этих особенностей вводится коэффициент корректировки, который умножается на значение вероятности. Кроме того, в программе предусмотрена возможность учёта эффективности мер управления рисками: инженерные меры, организационные меры или средства индивидуальной защиты снижают соответствующие параметры и изменяют итоговый результат.

Таким образом, матрица 5×5 в RiskNet Light выступает не только как наглядный инструмент визуализации рисков, но и как практическая модель, которая может быть адаптирована под конкретные условия производства, согласована с результатами СОУТ и дополнена элементами количественного анализа. Это делает её особенно удобной для обучения студентов и проведения корпоративных тренингов, где важна как простота восприятия, так и связь с реальной практикой управления рисками.

2.2 Fine–Kinney

Метод Fine–Kinney — это количественная методика оценки профессиональных рисков, которая позволяет учесть вероятность возникновения события (P), частоту или экспозицию воздействия (E) и тяжесть последствий (C). Итоговый риск рассчитывается по формуле $R = P \times E \times C$. Такой подход обеспечивает большую точность и объективность по сравнению с простыми матричными методами, поскольку каждое слагаемое отражает отдельный аспект реальной производственной ситуации.

В RiskNet Light метод Fine–Kinney адаптирован к российской нормативной базе. Экспозиция связывается с гигиеническими нормативами: индекс $EI = \text{измеренная концентрация} / \text{ПДК}$ автоматически переводится в значение E. Например, при концентрации кварцевой пыли 0,5 мг/м³ при ПДК 0,1 мг/м³ $EI = 5$, что соответствует повышенной экспозиции. Такой подход позволяет использовать реальные данные СОУТ и лабораторных измерений.

Снижение риска моделируется через корректирующие коэффициенты. Инженерные меры уменьшают экспозицию, организационные — вероятность, а средства индивидуальной защиты влияют на экспозицию или тяжесть последствий. Для респираторов применяется коэффициент защиты APF: например, FFP3 (APF=20) снижает экспозицию в 20 раз. В симулятор также встроен коэффициент HF (Human Factor), отражающий дисциплину применения мер и уровень культуры безопасности.

Таким образом, Fine–Kinney в RiskNet Light используется не как «чистая формула», а как гибкий инструмент, соединяющий классическую методiku с требованиями российского законодательства и практикой управления рисками. Это позволяет не только проводить расчёты, но и демонстрировать, как разные меры по-разному влияют на итоговый уровень безопасности, что делает метод удобным для обучения и практики.

2.3 СОУТ, ПДК и СИЗ

Результаты СОУТ встроены как гейт-логика: при классе 4 заключение «приемлемо» недопустимо; для классов 3.1–3.3 усилены требования к снижению экспозиции и приоритизации инженерных мер. Нормативные ПДК используются как опорные значения для расчёта EI. СИЗ трактуются через APF с последующим пересчётом в коэффициенты эффективности.

3. АРХИТЕКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Данные

На уровне данных в RiskNet Light формируются структурированные справочники, которые обеспечивают корректность и прозрачность расчётов. В систему включены физические факторы (шум, вибрация, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение), механические опасности (работа на высоте, работа с движущимися механизмами, ручная погрузка), химические факторы (аэрозоли кварца, сварочные дымовые газы, пары растворителей, тяжёлые металлы), а также организационные факторы (режим труда и отдыха, сменность, подготовка персонала). Для каждого фактора зафиксированы единицы измерения, нормативные значения (ПДК, ПДУ, классы условий труда по СОУТ), степень потенциальной опасности и список применимых мер.

Отдельный модуль данных посвящён средствам индивидуальной защиты. СИЗ классифицируются по типу (респираторы, каски, перчатки, защитные очки, противошумные наушники и др.), а также имеют указанные коэффициенты эффективности (например, APF для СИЗОД). Это позволяет не просто фиксировать факт применения СИЗ, а учитывать их реальный вклад в снижение экспозиции и тяжести последствий

3.2 Расчётное ядро

Расчётное ядро реализует логику математических моделей. В нём задействованы методики матрицы 5×5 и Fine–Kinney, адаптированные под российскую нормативную базу. Программа автоматически преобразует измеренные значения факторов в индексы экспозиции (EI) и сопоставляет их с нормативными ПДК. Для средств индивидуальной защиты коэффициенты защиты APF пересчитываются в корректирующие множители (kE, kP, kC), отражающие эффективность мер.

В ядре также работает гейт-логика, связанная с СОУТ: если по результатам оценки условия труда относятся к классу 4, система блокирует возможность заключения «приемлемый риск» независимо от введённых мер; при классах 3.1–3.3 усиливается приоритет инженерных мер. Все промежуточные данные (EI, APF, коэффициенты, цветовые зоны) доступны пользователю для просмотра, что обеспечивает прозрачность и возможность аудита. Особое внимание уделено приоритизации мер: в симуляторе используется иерархия контроля, где сначала рассматриваются меры устранения и замены, затем инженерные и организационные меры, и только потом — СИЗ. Это соответствует международным стандартам (ISO 45001) и российской практике управления охраной труда.

3.3 Представление

Интерфейс-дашборд RiskNet Light разработан таким образом, чтобы обеспечить пользователю наглядность и удобство при работе с моделью оценки рисков. В левой части экрана размещён блок выбора сценариев и параметров, где пользователь может задать условия производственной ситуации, выбрать методику расчёта и указать характеристики факторов риска. Ниже расположен чек-лист мер, сгруппированных по пяти уровням иерархии контроля: устранение, замещение, инженерные решения, административные меры и средства индивидуальной защиты. Такой порядок позволяет сразу видеть логику применения мер в зависимости от приоритетности и эффективности.

В центре дашборда находится ключевой элемент визуализации — круговой индикатор уровня риска, позволяющий в режиме реального времени отслеживать итоговый показатель. Под ним размещён столбчатый график «до/после», который демонстрирует, как изменяется уровень риска при применении выбранных мер. Такая форма представления делает акцент на сравнении исходного и скорректированного состояния, что удобно при обучении и разработке корректирующих мероприятий.

Справа предусмотрен отдельный блок вкладок: здесь отображаются детализированные факторы, влияющие на результат, а также автоматически формируемые текстовые рекомендации по снижению риска. Этот раздел облегчает интерпретацию данных и позволяет быстро сформировать выводы для отчётов или учебных заданий.

Все графические элементы интерфейса интерактивны: изменение параметров немедленно отражается в визуализации, что позволяет воспринимать симулятор как динамическую обучающую среду. Такой подход способствует формированию у пользователей не только теоретических знаний, но и практических навыков анализа рисков, что особенно важно при подготовке

специалистов в области охраны труда и промышленной безопасности.

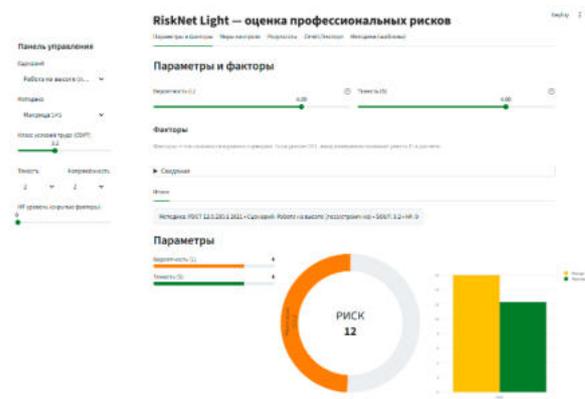


Рисунок 5 - Интерфейс демонстрационной версии

4. СЦЕНАРИИ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Библиотека включает не менее восьми сценариев: резка/шлифование УШМ; сварка; работа на высоте; работы у электрощитов; замкнутые пространства; склад/ручная погрузка; разлив реагента; резка бетона (SiO₂). Пользователь может добавлять собственные сценарии через CSV/JSON.

Пример SiO₂: измерение 0,5 мг/м³ при ПДК 0,1 мг/м³ даёт EI=5 и высокий риск по Fine–Kinney. Пакет «местная вытяжка + влажная резка + СИЗОД РЗ» (kE≈0,05) переводит экспозицию в допустимую область, что подтверждается снижением показателя и по матрице 5×5.

Пример замкнутых пространств: газоанализ, принудительная вентиляция, LOTO и страховочные системы переводят сценарий из «красной» в «жёлтую» зону; при исходном классе 4 вывод «недопустимо» сохраняется до устранения причин.

5. ВЕРИФИКАЦИЯ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ

Верификация двух этапов: (а) эталонные расчёты по контрольным кейсам; (б) сопоставление с полевыми данными предприятий (СОУТ, лабораторные измерения, аудиты). Ограничения: усреднённые коэффициенты, зависимость от качества исходных данных и дисциплины исполнения. План внедрения: учебные лабораторные, корпоративные пилоты, расширение справочников, интеграция с JSA/HAZOP/Bow-Tie, упаковка автономной версии (PyInstaller) и папка RUN для запуска без прав администратора.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе создания прототипа симулятора RiskNet Light была подтверждена практическая значимость применения цифровых инструментов в сфере охраны труда и управления рисками. Анализ показал, что использование интерактивных моделей, адаптированных под действующие нормативные требования Российской Федерации, позволяет упростить процедуры идентификации и оценки профессиональных опасностей, одновременно повышая уровень осознанности при принятии решений в области производственной безопасности. Прототип интегрирует

несколько методологических подходов — от универсальной матрицы 5×5 до более сложного и детализированного метода Fine–Kinney, что расширяет функциональные возможности инструмента: он одинаково эффективно подходит как для экспресс-оценки, так и для более глубокого количественного анализа с последующим сопоставлением результатов с данными специальной оценки условий труда и лабораторных исследований. Комбинирование различных методов обеспечивает целостную основу для системного подхода к управлению рисками, что особенно актуально в образовательных программах и корпоративной практике. Одной из ключевых функций RiskNet Light выступает возможность создания сценариев и анализа эффективности различных мер воздействия, включая как инженерные решения, так и использование средств индивидуальной защиты, что расширяет сферу его применения от учебных аудиторий до производственных площадок, где он может использоваться для подготовки специалистов по охране труда и повышения уровня безопасности на рабочих местах. Особое внимание уделено формированию устойчивого риск-ориентированного мышления у пользователей: платформа способствует развитию навыков анализа производственных ситуаций, обоснованного выбора управленческих решений и критической оценки возможных последствий. Проект развивается в направлении расширения функционала, интеграции с информационными системами предприятий, создания библиотеки типовых ситуаций и их апробации в реальных производственных условиях, что открывает перспективы для качественного изменения подходов к обучению, подготовки специалистов и повышения стандартов управления профессиональными рисками.

Список используемых обозначений

— R_{before}, R_{after} — риск до/после; L, S — матрица 5×5; P, E, C — Fine–Kinney;

— EI — измерение/ПДК; APF — защитный фактор СИЗОД;

— kP, kE, kC, kL, kS — сводные коэффициенты влияния мер; HF — человеческие/организационные факторы;

— СОУТ — специальная оценка условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.05.2024). – М.: Проспект, 2024.

2. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 14.07.2022). – М.: Проспект, 2022.

3. Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ...: приказ Минздрава России от 29.01.2021 № 29н. – М.: Минздрав России, 2021.

4. Методические рекомендации Минтруда РФ по идентификации опасностей и оценке профессиональных рисков. – М.: Минтруд России, 2019.

5. ГОСТ Р ИСО 45001-2020. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению. – М.: Стандартиформ, 2020.

6. ГОСТ 12.0.230-2007. ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2007.

7. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Стандартиформ, 1988.

8. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2004.

9. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

10. Fine, W. T. Mathematical evaluations for controlling hazards // Journal of Safety Research. – 1971. – Vol. 3. – P. 157–166.

**НОВЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕТА МИКРОТРАВМ И
НАРУШЕНИЙ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА****АННОТАЦИЯ**

Микротравмы и нарушения требований охраны труда могут иметь серьезные последствия для здоровья работников. В связи с этим, организация учета микротравм и нарушений требований охраны труда становится актуальной задачей для большинства предприятий. Одним из новых подходов к решению данной проблемы является использование топографического метода. Микротравмы не всегда фиксируются в официальной документации, однако могут накапливаться и приводить к хроническим заболеваниям или более серьезным последствиям. Данный метод учета предполагает визуализацию сведений о микротравмах и нарушениях на карте или плане производственного помещения с обозначением мест, где происходят микротравмы. В работе предложены мероприятия по улучшению условий труда и предупреждению травматизма на основе анализа карт.

1 ВВЕДЕНИЕ

Охрана труда является одной из ключевых направлений деятельности любой организации. В условиях современного производства, где безопасность работников и эффективность рабочих процессов находятся на первом месте, важность учета микротравм и нарушений требований охраны труда становится особенно актуальной. Микротравмы, хоть и не всегда приводящие к серьезным последствиям, могут служить сигналом о наличии проблем в области безопасности труда и указывать на потенциальные угрозы для здоровья работников [1-2]. Сохранение здоровья работников и обеспечение безопасных условий труда — важнейшая задача для любой организации.

Одним из эффективных методов учета этих инцидентов является топографический метод, который позволяет визуализировать данные о травмах и нарушениях в контексте рабочего пространства. Цель работы заключается в изучении комплексных карт производственных участков на основе топографического метода. Для этого необходимо решить следующие задачи: выявить основные нарушения в области охраны труда: провести анализ микротравм на рабочих местах. В данной работе выявляются нарушения требований охраны труда, которые могут привести к микротравматизму и предлагаются мероприятия по их снижению.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ микротравм, которые были зарегистрированы на предприятии АО «Роствертол» в 2024 году, показал, что основное их количество пришлось на цех №8 и составляет

40% случаев от общего их количества (12 микротравм из 30).

Основные виды микротравм, на предприятии (Таблица 1):

- воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей;
- падение на ровной поверхности одного уровня
- соприкосновение с горячими и раскаленными частями оборудования;
- падение при разности уровней высот (со ступеней);
- попадание инородного предмета в тело человека.

Таблица 1 - Распределение количества микротравм по участкам, видам и причинам их возникновения (цех №8)

Наименование участка	Количество микротравм	Виды микротравм	Причина
Слесарный	3	- Порез частей тела, острыми кромками металлической стружки (при механической обработке металлической заготовки деталей); - Травмирование работника от соприкосновения с абразивным кругом; - Спотыкания об рабочий материал;	1. Не применение специальной одежды и СИЗ; 2. Неправильная эксплуатация оборудования; 3. Не соблюдение порядка на рабочем месте;
Силовых деталей из прессованных профилей	4	- Соприкосновение работника с горячими и раскаленными частями оборудования; - Спотыкание из-за захлапленного рабочего (ушиб); - Защемление	1. Нахождение работника вблизи нагретых поверхностей; 2. Не соблюдение порядка на рабочем месте; 3. Несвоевременное проведение инструктажей на рабочем месте;

		пальцев между неподвижными и движущимися предметами (незнание производственных процессов);	
Обшивок	5	- поражение электрическим током (ожог кисти рук); - получение вывиха в результате падения с высоты одного уровня; - Ушиб мягких тканей в результате проведения работ повышенной опасности;	1. Не применение специальной одежды и СИЗ; 2. Несвоевременное проведение инструктажей на рабочем месте; 3. Неправильная эксплуатация оборудования и механизмов, некачественное обслуживание технического оборудования;

Известно, что каждому случаю травматизма предшествует череда ошибок и нарушений [4-5]. Наличие случаев микротравматизма на предприятии послужило основанием для проведения детального исследования в данном направлении, которое направлено на установление первопричин микротравматизма и его прогноз. Для этого были использованы данные результатов производственного контроля.

Система производственного контроля за состоянием охраны труда на предприятии предполагает регулярные проверки соблюдения норм охраны труда и промышленной безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности на каждом рабочем месте, цехе, участке, с целью определения эффективности и результативности системы управления охраной труда и ее элементов по обеспечению безопасности и охраны здоровья работников, предотвращению аварий и инцидентов [6-7].

В работе проведен сравнительный анализ результатов проверок состояния охраны труда в цехе №8 АО «Роствертол» на трех участках: слесарном, силовых деталей из прессованных профилей и обшивок.

Для анализа результатов производственного контроля, все нарушения (вопросы), которые подлежали проверке на предмет соблюдения требованиям безопасности и охраны труда систематизированы по следующим направлениям:

1. Отчетность. По данному направлению проверяется: ведение журналов регистрации инструктажей на рабочем месте; выдача нарядов-допусков при проведении работ повышенной опасности; ведение личных карточек СИЗ

(наличие сертификатов и своевременная выдача в соответствии с типовыми отраслевыми нормами); ознакомление с результатами СОУТ и оценки профессиональных рисков на рабочих местах; наличие, соответствие, актуальность и своевременное обновление инструкций по охране труда; обучение и аттестация персонала в срок; наличие удостоверений о прохождении обучения по охране труда и оказанию первой помощи.

2. Производственная этика. По данному направлению проверяется: применение работниками специальной одежды, обуви и средств индивидуальной защиты, соблюдение инструкций по охране труда и, поддержание чистоты на рабочем месте [8].

3. Безопасность технологического процесса. По данному направлению проверяется соблюдение правил по охране труда: при работе с производственным оборудованием и подъемными сооружениями, а также сырьем и материалами; при складировании грузов; при эксплуатации стеллажей, лестниц и стремянок.

4. Пожарная безопасность. По данному направлению проверяется: наличие на участках первичных средств пожаротушения; регулярный осмотр и перезарядка огнетушителей; соблюдение требований пожарной безопасности при работе с ЛВЖ и ГЖ; при выполнении других технологических процессов.

5. Безопасные условия эксплуатации оборудования. Проводится: своевременный осмотр, технологическое обслуживание и ремонт производственного оборудования.

6. Экологическая безопасность. Проверяется: соблюдение норм и правил охраны окружающей среды при работе с азотной и соляной кислотами, бензином, растворителями, аммиаком, эмалями. Сбор и утилизация производственных отходов.

7. Электробезопасность. Проверка соблюдения всех норм и правил.

По результатам проведения исследования все нарушения распределены по направлениям и участкам цеха. Анализ количества нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на слесарном участке представлен на рисунке 1. Наибольшее количество нарушений приходится по направлению «Производственная этика», что составило 40% от общего количества нарушений.



Рисунок 1 - Анализ нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на слесарном участке

Анализ количества нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на участке силовых деталей из прессованных профилей представлен на рисунке 2. Наибольшее количество нарушений наблюдается по таким направлениям как «Производственная этика» 29% и «Безопасность технологического процесса» 27%.

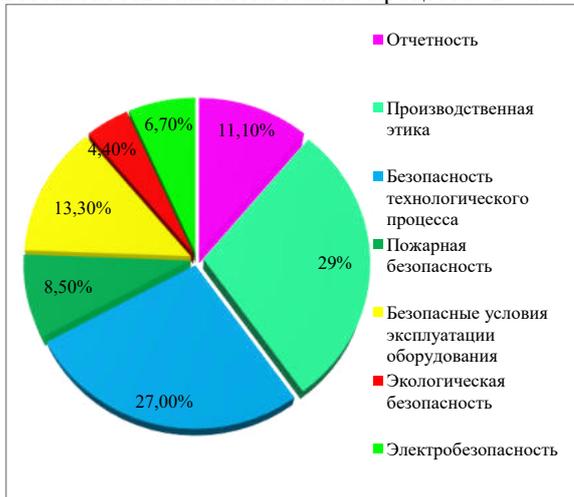


Рисунок 2 - Анализ нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на участке силовых деталей из прессованных профилей

Анализ количества нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на участке обшивок представлен на рисунке 3. Наибольшее количество нарушений наблюдается по такому направлению как «Производственная этика», что составило 27%.



Рисунок 3 - Анализ нарушений требований охраны труда по направлениям контроля на участке обшивок

Наибольшее количество нарушений наблюдается по такому направлению как «Производственная этика», что составило 27%.

Сравнительный анализ состояния охраны труда на участках цеха №8 АО «Роствертол» по результатам производственного контроля представлен в таблице 2 [5-7].

Таблица 2 - Сравнительный анализ состояния охраны труда на трех участках цеха №8 АО «Роствертол» по результатам производственного контроля

№ п / п	Участок слесарный		№ п / п	Участок силовых деталей из прессованных профилей		№ п / п	Участок обшивок	
	Направления контроля	%		Направления контроля	%		Направления контроля	%
1	Отчетность	17,5%	1	Отчетность	11,1%	1	Отчетность	19%
2	Производственная этика	40%	2	Производственная этика	29%	2	Производственная этика	27%
3	Безопасность технологического процесса	12,7%	3	Безопасность технологического процесса	27%	3	Безопасность технологического процесса	16,2%
4	Пожарная безопасность	10,5%	4	Пожарная безопасность	8,5%	4	Пожарная безопасность	5,4%
5	Безопасные условия эксплуатации оборудования	5,3%	5	Безопасные условия эксплуатации оборудования	13,3%	5	Безопасные условия эксплуатации оборудования	16,2%
7	Экологическая безопасность	5,3%	7	Экологическая безопасность	4,4%	7	Экологическая безопасность	8,1%
8	Электробезопасность	8,7%	8	Электробезопасность	6,7%	8	Электробезопасность	8,1%

Сравнительный анализ нарушений требований охраны труда в подразделениях цеха №8 показал, что основные нарушения связаны с причинами организационного характера, в том числе:

- в 27 - 40% случаев, нарушения обусловлены причинами из раздела «Производственная этика», в которые входят: неиспользование средств индивидуальной защиты, недоработки в обучении работников безопасности труда, нарушения трудовой дисциплины и требований инструкций по охране труда, пренебрежение чистотой на рабочих местах.

- в 12 - 27% случаев отнесены к нарушениям требований безопасности технологического процесса, которая характеризуется неудовлетворительной организацией производства работ.

- в 11 – 19 % случаев, нарушения вызваны по направлению «Отчетность», которые включают в себя: ведение журналов регистрации инструктажей на рабочих местах, оформление нарядов-допусков при работах с повышенной опасностью, учет личных карточек СИЗ, организация обучения и аттестация персонала в срок.

Для каждого отдельного производственного участка цеха №8 разработаны карты анализа и прогноза рисков, на основе топографического метода.

Топографический метод предполагает нанесение случаев травматизма и/или нарушений требований безопасности на план участка или цеха, что позволяет их «визуально» зафиксировать. Данный подход позволяет составить наиболее полную картину о микротравмах и нарушениях на рабочих местах [3, 5].

Авторами разработаны комплексные карты анализа и прогноза риска травматизма по каждому из участков цеха №8 АО «Роствертол». На карте указывается количество нарушений по видам, на схеме расположения участка производства работ изображаются зоны нарушений требований ОТ по результатам ПК и места получения работниками микротравм. На рис. 4 представлена карта для слесарного участка.

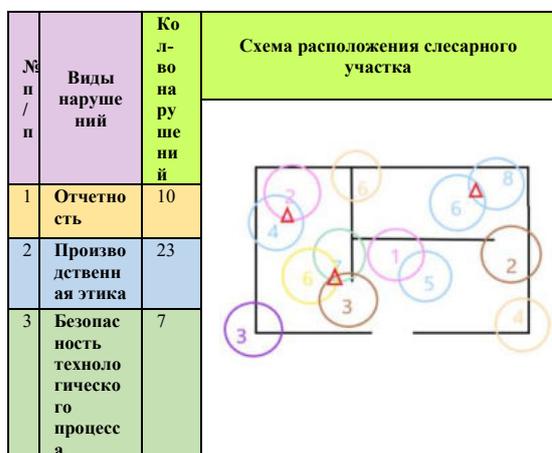


Рис. 4. Комплексная карта анализа и прогноза риска травмирования на слесарном участке

На карте рис. 4 видно, что на слесарном участке зафиксировано 3 микротравмы, которые находятся на пересечении таких зон по направлению ПК, как: производственная этика, безопасные условия эксплуатации оборудования и электробезопасность, что соответствует причинам произошедших микротравм.

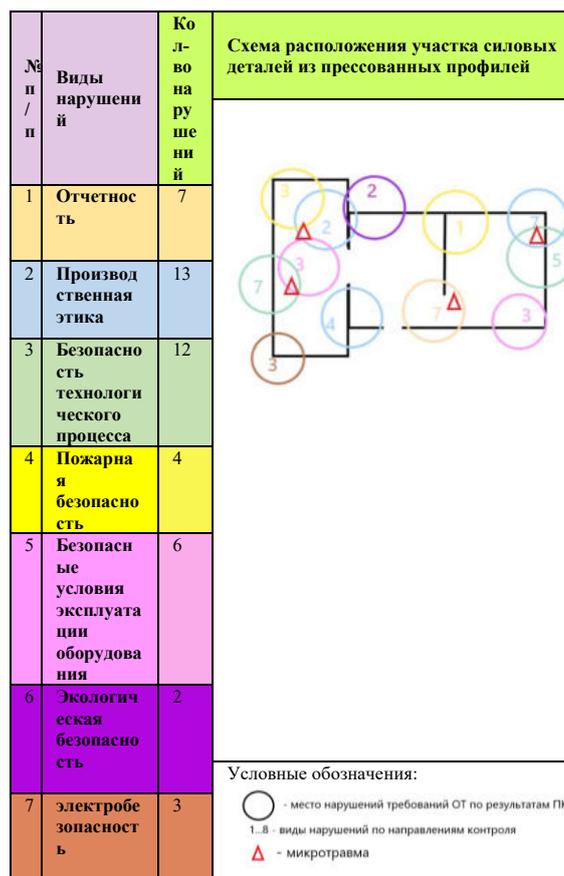


Рис. 5. Комплексная карта анализа и прогноза риска травмирования на участке силовых деталей из прессованных профилей

На карте рис. 5 видно, что на участке зафиксировано 4 микротравмы, которые находятся на пересечении таких зон по направлению ПК, как:

производственная этика, безопасные условия эксплуатации оборудования и пожарная безопасность, что соответствует причинам микротравм на участке.

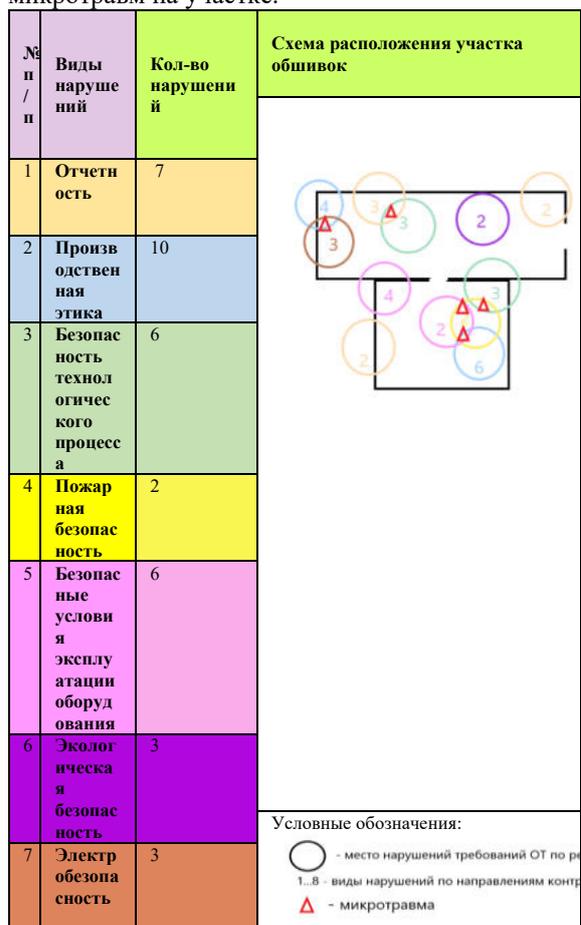


Рис. 6. Комплексная карта анализа и прогноза риска травмирования на участке обшивок

На карте рис. 6 видно, что на участке зафиксировано 5 микротравм, которые находятся на пересечении таких зон по направлению ПК, как: производственная этика, безопасные условия эксплуатации оборудования и отчетность.

Таким образом, места получения работниками травм совпадают с видами нарушений охраны труда. Следовательно, нарушения и являются первопричинами случаев травмирования.

С помощью комплексной карты можно наглядно увидеть выявленные слабые места в области охраны труда, на которые стоит обратить внимание [9]. Применение комплексных карт помогает отследить не только микротравмы, но и

увидеть связь между видами нарушений, которые и являются первопричинами травматизма.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ показывает, что нарушения требований охраны труда по различным направлениям являются причинами микротравматизма на производстве.

В работе предложен подход по организации учета микротравм и нарушений требований охраны труда на основе топографического метода, который позволяет визуально «увидеть» проблемные направления нарушений требований охраны труда, которые могут привести к травматизму. В целях профилактики и предупреждения травмирования работников, по каждому из таких направлений необходимо разрабатывать мероприятия.

Так, для улучшения показателей «Производственная этика» в части соблюдения работниками правил охраны труда, к таким мероприятиям относятся: проведение внепланового инструктажа с обязательной проверкой знаний, проведение семинаров, тренингов и информирование работников о условиях труда и о характерных опасностях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации», [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru//> (дата обращения 20.02.2025).
2. Примерное положение о системе управления охраной труда [Текст]. Утв. приказом Минтруда России от 29.10.2021 г. № 776н, [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru//> (дата обращения 20.02.2025).
3. Стасева, Е. В. Методы учета и анализа прогноза социально-экономических последствий производственного травматизма и профессиональных заболеваний : Учебное пособие: [Электронный ресурс] / Е. В. Стасева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2019. – 143 с. – ISBN 978-5-7890-1558-2.
4. Управление и организация охраны труда на предприятиях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В.Стасева. – Электрон. текстовые дан. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019.– 118 с.

Е. В. Озерова, А. А. Вавулова
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г.
Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, Россия

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРАВИЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИЗ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ПОМОЩИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена задаче повышения безопасности персонала на производственных объектах за счет внедрения систем автоматического контроля применения СИЗ. Описывается проект интеллектуального комплекса, в основе которого лежат алгоритмы компьютерного зрения и искусственного интеллекта, предназначенного для идентификации случаев несоблюдения норм ношения защитной экипировки в реальном времени. В исследовании сформулированы его цели и рамки, подчеркнута практическая ценность разработки для организации малого и среднего сектора. Приводятся итоги изучения распространенных нарушений, послужившие базой для обучения алгоритмов. Детализируется структура системы, в которую входят блок видеозахвата, детектор на основе нейросети и модуль уведомлений для инженеров по охране труда.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Минимизация рисков для здоровья сотрудников представляет собой одну из ключевых задач промышленных компаний [1]. Несмотря на строгие регламенты и обучающие программы, уровень травматизма из-за пренебрежения правилами применения СИЗ продолжает оставаться высоким. Выборочные проверки, осуществляемые людьми, не обеспечивают постоянного и полного охвата, что создает предпосылки для разработки автоматических решений.

Прогресс в области ИИ, в частности, развитие компьютерного зрения, предлагает новые пути для устранения этого пробела. Данные технологии позволяют проводить анализ видео с камер в реальном времени, распознавать сотрудников и определять наличие или отсутствие требуемых элементов защиты.

Областью исследования выступает организационный процесс соблюдения нормативов охраны труда на производстве. Непосредственным предметом изучения являются алгоритмы и технические средства для автоматического отслеживания использования СИЗ на базе искусственного интеллекта.

1.2 Актуальность

Высокий уровень производственного травматизма, связанный с несоблюдением требований к использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ), обуславливает необходимость внедрения автоматизированных

систем контроля на основе искусственного интеллекта (ИИ). Традиционные методы контроля, основанные на человеческом факторе, не обеспечивают постоянного и всеобъемлющего мониторинга, особенно на крупных производственных объектах.

Экономические потери предприятий от несчастных случаев включают не только прямые компенсации и штрафы, но и рост страховых взносов, простой оборудования и репутационные риски. Внедрение ИИ-систем позволяет минимизировать эти затраты за счет профилактики нарушений и может служить основанием для снижения страховых тарифов.

Автоматизированный контроль также помогает предприятиям соответствовать ужесточающимся требованиям регуляторов [2], упрощает процедуры проверок и снижает административную нагрузку на персонал. Практическая значимость подтверждается распространенностью нарушений, таких как отсутствие защитных перчаток, касок или спецобуви, которые могут быть эффективно выявлены системами ИИ.

1.3 Цель проведения исследования

Основной целью проекта является разработка опытного образца интеллектуального комплекса, способного в автоматическом режиме фиксировать отклонения от регламента ношения СИЗ, с возможностью интеграции в действующие сети видеонаблюдения для обеспечения оперативного реагирования.

1.4 Задачи и методики

Основной задачей проектируемой системы является автоматизация контроля за соблюдением требований к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) на производстве. Для достижения этой цели система должна решить следующий комплекс задач:

1. Обеспечение сбора видеоданных: организовать непрерывное получение видеоматериала с серийных видеочкамер, установленных в критически важных точках производственных линий.

2. Детектирование персонала в зоне контроля: автоматически обнаруживать людей в поле зрения камер с помощью алгоритмов компьютерного зрения.

3. Анализ экипировки сотрудников: для каждого обнаруженного сотрудника выполнить классификацию состояния обязательных элементов экипировки (каска, очки, перчатки, обувь и др.) на предмет их наличия и корректности использования.

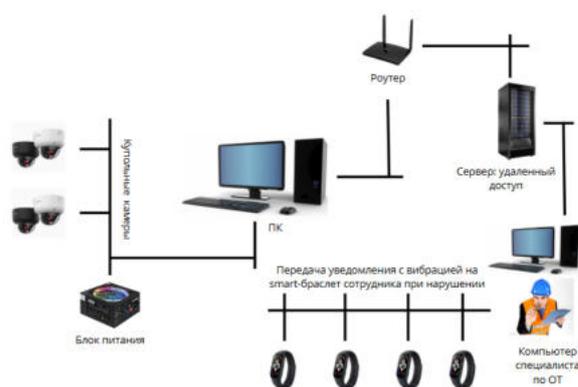
4. Проверка соответствия регламенту: сопоставлять результаты анализа экипировки с набором правил, установленных для конкретного рабочего места или технологической операции.

5. Генерация оперативных оповещений: при выявлении нарушения формировать и направлять сигнал (например, через веб-интерфейс или мессенджер) ответственному сотруднику службы охраны труда для принятия мер.

6. Формирование аналитической отчетности: накапливать данные о нарушениях для последующего анализа и выявления наиболее частых несоответствий, таких как:

- Работа с химическими веществами без защитных перчаток.
- Нахождение в шумных цехах без средств защиты слуха.
- Пренебрежение требованием ношения специализированной униформы.
- Систематическое несоблюдение предписаний по применению СИЗ.

Соответственно, система будет реагировать на нарушения в реальном времени и предоставлять инструмент для профилактической работы по улучшению производственной дисциплины.



(рис. 1 Архитектура интеллектуального комплекса)

1.5 Анализ конкурентной среды

Внедрение интеллектуальных систем контроля средств индивидуальной защиты (СИЗ) на основе

технологий искусственного интеллекта (ИИ) является ключевым трендом в повышении промышленной безопасности. Проектирование такого комплекса требует предварительного анализа существующих рыночных решений для выявления оптимальных архитектурных и функциональных решений.

На российском рынке представлены продукты компаний-лидеров, таких как «VisionLabs», «Tsifra Group», «AxxonSoft» и других. Их анализ позволяет выделить два основных подхода: специализированные системы видеоаналитики, сфокусированные на распознавании конкретных объектов (каска, жилеты), и комплексные IoT-платформы, интегрирующие контроль СИЗ в общую систему мониторинга производственных процессов и оборудования.

Ключевыми критериями для сравнения являются тип продукта, базовые технологии (компьютерное зрение, машинное обучение), целевые отрасли и модель внедрения. Например, решения «VisionLabs» («SafeVision») отличаются быстрым развертыванием и точностью распознавания, в то время как платформы «Tsifra Group» предлагают глубокую интеграцию с промышленными системами сбора данных (SCADA, датчики), что ориентировано на крупные предприятия с сложной инфраструктурой.

Проведенный анализ выявил ряд общих технологических вызовов, таких как сложность и высокая стоимость интеграции с существующими IT-инфраструктурами предприятий, а также вопросы, связанные с обработкой персональных данных.

На основе этого для проектируемого интеллектуального комплекса были определены приоритетные направления развития:

1. Оптимизация алгоритмов обучения ИИ для сокращения сроков и стоимости внедрения.
2. Архитектура, ориентированная на конфиденциальность (Privacy by Design), с минимизацией обработки биометрических данных.
3. Обеспечение проактивного реагирования за счет интеграции с системами оперативного оповещения персонала.
4. Автоматизация формирования отчетности для снижения нагрузки на специалистов по охране труда.

Таким образом, анализ конкурентной среды позволяет не только оценить существующие аналоги, но и сформулировать требования к проектированию конкурентоспособного интеллектуального комплекса, сочетающего технологическую эффективность, простоту интеграции и соответствие нормативным требованиям.

1.6 Проектирование и архитектура интеллектуального комплекса

В рамках исследования был спроектирован интеллектуальный комплекс для автоматического контроля средств индивидуальной защиты (СИЗ). Ключевым требованием к архитектуре стала его интеграция в существующие рабочие процессы предприятий с обеспечением не только регистрации инцидентов, но и формирования аналитической отчетности. Это позволяет выявлять зоны повышенного риска и разрабатывать целевые профилактические мероприятия.

Проектирование комплекса представляет собой многоэтапный процесс, начинающийся с анализа потребностей предприятия и выявления типичных нарушений. На основе этого анализа определяются оптимальные зоны размещения оборудования и настраиваются алгоритмы распознавания. Архитектура комплекса построена по модульному принципу (Рис. 1) и включает следующие компоненты:

- Модуль видеозахвата: сеть интеллектуальных IP-камер высокого разрешения, установленных в стратегически важных зонах.

- Серверный модуль анализа: отвечает за выполнение алгоритмов компьютерного зрения на базе нейросетевой модели YOLOv5, обеспечивающей детектирование персонала и классификацию элементов СИЗ (каска, очков, перчаток) в реальном времени [3].

- Модуль оповещения: осуществляет рассылку сигналов ответственным лицам через веб-интерфейс или мессенджеры, а также направляет предупреждения непосредственно сотрудникам через носимые smart-браслеты с поддержкой BLE/Wi-Fi.

Обучение нейросетевой модели проводится на специально подготовленном датасете с разметкой СИЗ в различных условиях эксплуатации [9]. Для повышения устойчивости алгоритмов применяется аугментация данных (изменение яркости, контрастности), что позволяет нивелировать одно из ключевых ограничений систем компьютерного зрения — чувствительность к изменяющимся условиям съемки (освещенность, ракурсы). Дополнительной мерой для минимизации данного риска является грамотное планирование мест установки камер на этапе внедрения.

Интеграция с корпоративными системами учёта персонала и управления охраной труда (СУОТ) осуществляется через API-интерфейсы, что обеспечивает автоматическое сопоставление данных видеоаналитики с внутренними регламентами предприятия. Развертывание

инфраструктуры выполняется с соблюдением строгих требований законодательства РФ в области обработки персональных данных [2, 4].

После этапа тестирования и валидации система внедряется в эксплуатацию, где не только фиксирует нарушения, но и формирует детальную аналитическую отчетность. Таким образом, комплексный подход к проектированию позволяет создать не просто инструмент контроля, а эффективную систему для повышения производственной безопасности и формирования культуры соблюдения требований к использованию СИЗ.

1.7 Технические требования

Разработка системы автоматизированного контроля средств индивидуальной защиты (СИЗ) предъявляет ряд конкретных технических требований, обеспечивающих её эффективное функционирование в промышленных условиях. Ключевым требованием является возможность видеомониторинга в реальном времени с использованием IP-камер высокого разрешения, установленных в стратегически важных зонах производственного объекта. Система должна не только осуществлять непрерывную запись видеопотока, но и выполнять автоматическое распознавание и локализацию заданных элементов экипировки, таких как каска, защитные очки и перчатки, с последующей классификацией потенциальных нарушений (например, отсутствие каски или неправильное использование очков).

Для реализации алгоритмов компьютерного зрения в качестве базового решения выбран алгоритм семейства YOLO (You Only Look Once), в частности, модель YOLOv5, что обусловлено требованием высокой скорости обработки данных и минимальной задержки при детекции объектов [3]. Архитектурно модель YOLOv5 должна включать три основных компонента: базовую сеть (Backbone) для извлечения признаков, модуль агрегации признаков (Neck) на основе архитектуры PANet для эффективной работы с объектами разных масштабов и голову [7, 8], отвечающую за прямое прогнозирование координат ограничивающих рамок, классов объектов и уверенности детекции. Процесс обучения модели требует тщательной подготовки датасета, включающей сбор изображений с различных ракурсов, аугментацию данных (изменение контрастности, яркости) для повышения устойчивости к условиям съёмки и последующую разметку объектов в специализированных инструментах, таких как Labelling [9]. Обучение должно проводиться с использованием фреймворка PyTorch [4], с применением методов регуляризации для исключения избыточных данных и увеличения объёма выборки для повышения точности модели [5].

Важным функциональным требованием является автоматизация формирования отчётности. При обнаружении нарушения система должна генерировать протокол, содержащий дату и время инцидента, его локализацию с привязкой к идентификатору камеры, тип нарушения, идентификационные данные сотрудника (интегрированные из системы учёта персонала или считанные с RFID-метки СИЗ), а также скриншот, подтверждающий факт нарушения. Для оперативного реагирования предусматривается интеграция с системами уведомлений: протокол в автоматическом режиме направляется специалистам по охране труда через API (Application Programming Interface), а сотрудник получает предупреждение через smart-браслет с поддержкой технологии BLE (Bluetooth Low Energy) или Wi-Fi, который подаёт тактильный (вибрация) или световой сигнал.

Инфраструктурно система строится по клиент-серверной архитектуре. Клиентская часть включает сеть IP-камер и носимые браслеты, а серверная часть, развёрнутая на защищённых мощностях провайдера (например, Selectel), отвечает за обработку видео, хранение данных и исполнение моделей машинного обучения. К инфраструктуре предъявляются строгие требования по соответствию законодательству РФ в области обработки персональных данных [2]. Ключевыми нефункциональными требованиями являются высокая надёжность и доступность системы 24/7, минимальная задержка при обработке видеопотока, а также точность распознавания, достигаемая за счёт оптимизации алгоритмов и фильтрации ложных срабатываний на заключительном этапе. Интеграционные возможности системы, обеспечиваемые через API, позволяют встраивать её в существующие на предприятии корпоративные системы управления охраной труда и учёта персонала.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный интеллектуальный комплекс для автоматического контроля СИЗ является примером практического применения технологий ИИ для усиления производственной безопасности. Главными достоинствами системы считаются низкая стоимость внедрения, совместимость с имеющейся инфраструктурой и фокус на предотвращение нарушений, а не только на их документальную фиксацию. Направлениями для будущего развития проекта являются усложнение функционала (распознавание тонких нарушений, например, степени застегнутости одежды), улучшение устойчивости к изменяющимся условиям окружения и подключение к корпоративным системам управления охраной труда (СУОТ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от [07.04.2025]).
2. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от [08.08.2024]).
3. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
4. Документация фреймворков глубокого обучения: PyTorch
5. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
6. Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer.
7. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision (ECCV).
8. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS).
9. Документация OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

М.И. Онницев, К.С. Алекторский, Н.Н. Дорошенко
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»
г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, Россия

ВЛИЯНИЕ ЭРГОНОМИКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

АННОТАЦИЯ:

В настоящем исследовании рассматриваются методы влияния эргономики на безопасность труда и здоровье работников производственной сферы. Анализируются основные факторы риска, связанные с неэргономичной организацией рабочего места, включая повышенные физические и психофизиологические нагрузки на человека. Особое внимание уделяется современным технологиям (цифровые инструменты, IoT, адаптивные системы), которые помогают минимизировать профессиональные риски, связанные с травматизмом и профессиональными заболеваниями. Приводятся практические рекомендации по оптимизации рабочих мест, и анализируется эффективность инвестиций в эргономику. Результаты исследования могут быть полезны специалистам по охране труда, HR-менеджерам и руководителям компаний.

1. Введение

1.1. Актуальность темы

В современных условиях высокой производственной нагрузки и интенсивного использования технологий вопросы безопасности труда остаются критически важными. Несмотря на развитие охраны труда, значительное количество профессиональных заболеваний и травм связано с недостаточно эргономичной организацией рабочих мест. По данным Международной организации труда (МОТ), до 40% производственных травм обусловлены несоответствием рабочих условий физиологическим и психологическим потребностям человека.

Эргономика, как наука о взаимодействии человека с рабочей средой, играет ключевую роль в минимизации профессиональных рисков. Правильная организация рабочего пространства, учет антропометрических данных, снижение монотонности и избыточной нагрузки способны значительно уменьшить вероятность травматизма и повысить производительность. В связи с этим исследование влияния эргономики на безопасность труда представляет значительный практический интерес для специалистов в области охраны труда, HR-менеджеров, проектировщиков производственных помещений и руководителей предприятий.

1.2. Цель и задачи исследования

Целью данной работы является анализ взаимосвязи между уровнем эргономичности организации рабочего места и уровнем безопасности труда, а также выработка практических рекомендаций по снижению профессиональных рисков.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Изучить основные эргономические принципы, влияющие на безопасность трудовой деятельности.

2. Проанализировать распространенные профессиональные травмы и заболевания, связанные с нарушением эргономических норм.

3. Определить ключевые факторы рабочей среды, требующие оптимизации.

4. Разработать практические рекомендации по организации рабочих мест для различных видов профессиональной деятельности.

1.3. Объект и предмет исследования

Объектом исследования выступает система обеспечения безопасности труда через призму эргономических требований. Предмет исследования - влияние эргономически правильной организации рабочего места на снижение риска травматизма и профессиональных заболеваний.

1.4. Методология и источники исследования

В работе применяются следующие методы исследования:

- Системный анализ научной литературы и нормативных документов в области эргономики и охраны труда.
- Сравнительный анализ статистических данных по производственному травматизму.
- Практическое изучение кейсов успешной эргономической оптимизации на предприятиях.

В качестве базовых источников для исследования приняты труды ведущих специалистов в области эргономики (таких как В.П. Зинченко, С.Д. Черепанов), международные стандарты (ISO 6385, ГОСТ Р ИСО 26800), а также данные исследований МОТ и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования систем управления охраной труда, разработки корпоративных стандартов и обучения персонала.

2. Эргономика как основа безопасной трудовой деятельности

Основная задача эргономики - адаптация рабочего места, оборудования и технологических процессов под физические и психофизиологические особенности человека. Это позволяет минимизировать риск профессиональных заболеваний, переутомления, травм и ошибок, вызванных неудобной позой, чрезмерной нагрузкой или неблагоприятной рабочей

средой. Практика показывает, что грамотно организованное с точки зрения эргономики рабочее место повышает не только безопасность, но и мотивацию сотрудников, их вовлечённость и общую эффективность.

Эргономика особенно важна в тех сферах деятельности, где работник подвержен длительному физическому или умственному напряжению, работает с техникой, инструментами, либо вынужден находиться в одной и той же позе продолжительное время. Нарушения эргономических принципов могут привести к развитию опорно-двигательных расстройств, ухудшению зрения, повышению уровня стресса и снижению общего качества жизни. Поэтому в данной статье рассматривается взаимосвязь эргономики и ее влияние на безопасность труда и здоровье работников в офисной среде. Современные офисные работники проводят за компьютером по 6-10 часов в день, и от качества организации рабочего места напрямую зависит не только комфорт, но и здоровье человека.

2.1. Распространённые негативные последствия

К основным видам профессиональных травм и заболеваний вследствие неэргономичной организации рабочего места можно отнести: мышечно-скелетные заболевания, зрительное утомление, нарушение кровообращения, психоэмоциональное напряжение. Рассмотрим более подробно указанные последствия.

1. Мышечно-скелетные заболевания (МСЗ).

Неправильная поза, длительное сидение или стояние, неудобное расположение инструментов и оборудования могут вызывать боли в спине, шее, суставах, а в долгосрочной перспективе — развитие хронических заболеваний, таких как остеохондроз, артрит, синдром запястного канала.

2. Зрительное перенапряжение.

При недостаточном или чрезмерном ярком освещении, а также при неправильной настройке яркости монитора, есть риск развития так называемого “Компьютерного зрительного синдрома”, который приводит к сухости глаз, головным болям, снижению концентрации и раздраженности организма.

3. Нарушение кровообращения.

Долгое сидение без движения ухудшает кровообращение, особенно в нижней части тела, что может привести к варикозному расширению вен и другим сосудистым заболеваниям.

4. Психоэмоциональное напряжение.

Некомфортные условия труда, шум, нехватка свежего воздуха и другие факторы вызывают стресс и раздражительность, а в долгосрочной перспективе и эмоциональное выгорание.

2.2. Практические рекомендации по снижению рисков

Для данной научной статьи был проведен опрос среди студентов и работников Санкт-Петербургского государственного морского технического университета на тему: “Эргономика и безопасность труда рабочего места”. Из результатов опроса можно сделать вывод, что люди осведомлены о важности эргономики и, что это сильно влияет на их здоровье, но не принимают усилий по предотвращению негативных последствий, связанных с несоблюдением эргономических норм. Это может быть связано с недостаточной информированностью о конкретных методах улучшения условий труда, отсутствием мотивации или поддержки со стороны руководства. В Таблице 1 представлены результаты, которые подтверждают данный вывод.

Таблица 1

Результаты опроса

Вопросы	Число респондентов, ответивших:		
	Да	Нет	Затрудняюсь ответить
1. Знаете ли вы, что многочасовое сидение за рабочим столом отрицательно влияет на здоровье?	100	0	0
2. Испытываете ли вы дискомфорт (боль, напряжение) в спине при длительной работе за компьютерным столом?	59	38	3
3. Используете ли вы перерывы в работе для физических упражнений или разминки?	44	50	6
4. Замечаете ли вы разницу в уровне продуктивности вашего труда, если рабочее место организовано эргономично?	81	11	8
5. Ощущаете ли вы, что на вашу утомляемость при работе за компьютером оказывают влияние следующие факторы: высота стола, стула, изменение рабочей позы на «стоя-сидя» в течение рабочего дня?	80	14	6

Какие меры следует принять для предотвращения заболеваний, вызванных неэргономичной рабочей средой?

Для минимизации профессиональных рисков важно обеспечить эргономичную рабочую среду и внедрить простые, но действенные методы:

1. Правильная организация рабочего места

- Регулируемая мебель: использование кресел с регулируемой высотой, наклоном спинки и подлокотниками помогает поддерживать правильную осанку и снижает нагрузку на позвоночник.
- Положение монитора: верхняя часть экрана должна находиться на уровне глаз, на расстоянии 50–70 см от лица. Это снижает напряжение глаз и мышц шеи.
- Расположение клавиатуры и мыши: руки должны находиться под прямым углом, запястья — в нейтральном положении. Использование подставок под запястья снижает риск развития туннельного синдрома.

2. Рационализация режима труда и отдыха

- Микропаузы каждые 40–60 минут: короткие перерывы (1–2 минуты) позволяют снизить мышечное напряжение и усталость глаз.
- Гимнастика и упражнения: регулярные физические упражнения для шеи, спины и кистей рук в течение рабочего дня способствуют улучшению кровообращения и предотвращению застойных явлений.
- Чередование видов деятельности: чередование умственной и физической активности снижает утомляемость и повышает общую выносливость организма.

3. Контроль за освещением и уровнем шума

- Естественное и искусственное освещение: важно избегать бликов и чрезмерной яркости экрана монитора. Свет должен быть равномерным и направленным сбоку от рабочей поверхности.
- Использование шумоподавляющих материалов и наушников: особенно актуально для офисов open-space и производственных помещений (заводов).

4. Техническое оснащение и автоматизация

- Применение вспомогательных устройств: эргономичные подставки под ноги, специальные коврики для стоячей работы, держатели документов и планшетов.
- Автоматизация рутинных процессов: уменьшает физическую нагрузку и снижает риск травм, связанных с повторяющимися действиями.

5. Обучение и повышение осведомлённости

- Проведение тренингов по эргономике: обучение сотрудников правильным приёмам работы, осознание последствий неправильной осанки и организации труда.

- Размещение визуальных подсказок: плакаты, памятки и стикеры с напоминаниями о необходимости менять позу, выполнять гимнастику и делать паузы.

6. Индивидуальный подход

- Адаптация рабочих мест с учётом роста, пола и состояния здоровья сотрудника: это особенно важно для людей с хроническими заболеваниями позвоночника или нарушениями зрения.
- Медицинские осмотры и консультации: регулярный контроль состояния здоровья позволяет выявлять ранние признаки заболеваний, вызванных плохими условиями труда.

Эти меры могут быть легко внедрены в учебные заведения, офисы, производственные предприятия и другие организации. Главное - сформировать устойчивую культуру заботы о здоровье, в которой эргономика воспринимается не как дополнительная опция, а как базовый стандарт безопасной трудовой деятельности.

3. Инновации и технологии в эргономике

Современные технологии кардинально меняют подход к организации рабочих мест, делая их более комфортными, безопасными и продуктивными. В этой главе рассматриваются ключевые инновации — от цифровых решений до адаптивных систем — с учетом роста удалённой и гибридной занятости.

3.1. Цифровые инструменты: эргономический софт, VR/AR-тренажёры

Эргономические программы с ИИ и датчиками оценивают позу, нагрузку и усталость, выдавая персональные рекомендации. Примеры: анализ осанки, приложения для микро-пауз, гимнастики и оптимизации рабочих процессов. VR/AR-тренажёры применяются для обучения безопасным движениям и проектирования рабочих мест. Их плюсы — высокая вовлечённость и возможность моделирования опасных ситуаций. Минусы — высокая стоимость и риски утечки биометрических данных.

3.2. Умные рабочие места и IoT (интернет вещей)

Интернет вещей позволяет автоматизировать регулировку освещения, температуры и мебели. «Умные» кресла и столы подстраиваются под пользователя, трекеры предупреждают о перегрузках. Внедрение таких решений помогает индивидуализировать условия труда и повышает безопасность. Однако они требуют затрат и защищённого обращения с данными. В перспективе — дроны-ассистенты и системы мониторинга стресса.

3.3. Индивидуализация рабочих мест (адаптивные системы)

Современные технологии создают персонализированные рабочие места: биометрия и ИИ анализируют позу и поведение, автоматически настраивая мебель. С ростом гибридного формата работы востребованы мобильные решения —

регулируемые столы, подставки с сенсорами, облачные профили. Основные барьеры — цена и конфиденциальность. Перспективы — носимая электроника и нейроинтерфейсы.

3.4. Современные технологии и тренды в эргономике

Эргономика адаптируется к удалённой работе: ИИ-консультанты, AR-подсказки и носимые устройства формируют комфортную среду вне офиса. Развиваются системы цифровой реабилитации и удалённой оценки условий труда. Главные вызовы — защита данных, этические вопросы контроля и доступность технологий. В будущем ожидается появление автоадаптивных рабочих мест и новых стандартов цифровой среды.

4. Заключение

Эргономика - ключевой элемент современной системы обеспечения безопасности труда, которая оказывает существенное влияние как на физическое, так и на психоэмоциональное благополучие работников. Новейшие технологии (VR, IoT, адаптивные системы и др.) позволяют сформировать рабочую среду более гибкой, безопасной и индивидуализированной. Однако для успешного внедрения этих решений необходимо соблюсти баланс между технологическим развитием и защитой личных данных, а также обеспечить экономическую доступность для компаний любого уровня.

Компании, инвестирующие в эргономику, получают не только снижение числа профессиональных заболеваний и травм, но и рост мотивации, продуктивности и лояльности персонала. В будущем развитие интеллектуальных и самонастраивающихся рабочих мест станет нормой, требующей комплексного подхода к проектированию условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронникова Л.В. Охрана труда в судостроении [Текст]: учеб. пособие/ Л.В. Бронникова, А.Ю. Бокатов, А.И. Романов – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2023.-203 с.
2. Мунипов В.М. Эргономика. Принципы и рекомендации. - М.: Высшая школа, 1983.
3. Рабцевич А.А., Радкевич, М.С. Эргономика и её значение для оптимизации трудовой деятельности человека. - Молодой учёный, 2014.
4. Смирнов С.И. Медицинская эргономика: влияние условий труда на здоровье человека. - М.: Высшая школа, 2010.
5. Шкрябина, Н.А. Эргономичные подходы к организации рабочего места. 2024.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО И ОБЩЕСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются проблемы осуществления общественного и государственного контроля в национальной системе управления охраной труда. При этом для установления частоты контроля организации со стороны надзорных органов определяется категория риска или класса опасности. Особое место при рассмотрении данного вопроса занимает выявление рисков на объектах и управление ими. Рассматривается проблема внедрения и использования автоматизированной системы при проведении проверок, возможность формирования банка данных на их основе и организации межведомственного взаимодействия при участии представителей общественных органов и организаций.

Ключевые слова: государственный и общественный контроль, система управления охраной труда, риск-ориентированный подход, чек-лист, автоматизация, информационно-коммуникационные технологии

. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время при осуществлении государственного контроля (надзора) в различных сферах и областях активно применяется риск-ориентированный подход. Целью такого подхода является оптимальное использование трудовых, материальных и финансовых ресурсов, снижение издержек проверяемых организаций и повышение результативности проверок государственными органами. Применение риск-ориентированного подхода при организации государственного контроля (надзора) регламентировано статьей 8.1 Федерального закона от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

Риск-ориентированный подход в рамках государственного надзора в сфере охраны труда представляет собой метод организации и осуществления контроля, при котором периодичность и объем проведения контрольных мероприятий по профилактике нарушений обязательных законодательных требований определяется с помощью отнесения деятельности каждого юридического лица к определенной категории риска (классу опасности) [1].

Определение класса опасности (категории риска) объекта осуществляется органом государственного контроля (надзора) с учетом тяжести последствий при наступлении потенциально возможного негативного события как результата несоблюдения обязательных требований охраны труда с учетом оценки вероятности наступления данного события.

Критерии отнесения объектов к определенной категории риска определяются Правительством Российской Федерации. Федеральными органами исполнительной власти утверждаются методики расчета показателей для оценки тяжести последствий при несоблюдении требований трудового законодательства.

Таким образом, определяется прямая зависимость между установленным показателем риска и частотой государственного контроля. Такой подход в национальной системе управления охраной труда со временем должен стать эффективным механизмом предупреждения производственного травматизма и улучшения условий труда на рабочих местах. Следует отметить, что для достижения поставленной цели важным этапом любой риск-ориентированной методологии является не только выявление рисков, но и управление ими.

Реализация риск-ориентированного подхода в государственной контрольно - надзорной деятельности осуществляется в различных формах. Одной из наиболее распространенных форм в системе управления охраной труда является использование проверочных листов (чек-листов) [2]. Их применение направлено на стандартизацию проверок и снижение связанного с ними уровня субъективности. Проверочные листы необходимы для определения наиболее важных вопросов, с которыми проверяющие должны разобраться в ходе проверки. Усиленный контроль при этом направлен на выявленные риски и опасности, что упрощает и конкретизирует проверяющему осуществление проверки. Также способ использования чек-листов снижает коррупциогенный фактор за счет обеспечения прозрачности и последовательности проверок, с охватом наиболее актуальных требований регулирующих органов.

Система риск-ориентированного подхода с использованием проверочных листов внедрена и активно используется не только в России, но и за рубежом. На основании анализа лучших международных практик установлено, что проверочные листы разрабатываются экспертными группами специалистов в каждом виде контроля, для каждого типа экономической деятельности, при выявлении глобальных проблем проверяемой сферы. При разработке проверочных листов экспертная группа следует некоторым правилам:

- проверочные листы должны быть короткими и узконаправленными, должны пройти апробацию и быть связанными с требованиями законодательства; должны предусматривать балльную систему оценки

и содержать все рассматриваемые при проверке вопросы.

Таким образом, проверочные листы помогают избежать излишней свободы действий и злоупотребления полномочиями со стороны проверяющих, так как работодатель заранее понимает, какие аспекты будут подлежать проверке.

В условиях глобальной цифровизации и повсеместного внедрения информационных технологий, требуется трансформация и автоматизация контрольно-надзорной деятельности в системе управления охраной труда. Внедрение и использование инструментов на базе информационно-коммуникационных технологий позволит упростить планирование проверок и улучшить координацию их проведения.

Применение автоматизированных систем с учетом риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорной деятельности национальной системы управления охраной труда позволяют объединять проверочные листы, планирование проверок, выявленные нарушения, принимаемые административные меры, на основании которых формируется отчетность [3]. К преимуществам автоматизации проведения проверок относятся:

- формирование актуальных данных о параметрах деятельности предприятий, на основании которых определяется приоритетность их проверки;
- обеспечение межведомственного электронного взаимодействия, обмена информацией между контролирующими органами в целях планирования совместных проверок, координации действий, ведение единого реестра проверок;
- прозрачность проведения проверок;
- обмен информацией с предприятиями и гражданами, общественными организациями (например, общедоступный портал с информацией о контролирующих органах, законодательстве, стандартах, руководствах на основе лучших практик, информацией об опасных продуктах, с формами для сбора отзывов предприятий о проверках и их жалоб);
- содействие работе механизмов самооценки и саморегулирования (например, публикация проверочных листов для самопроверки, требования проведения предприятиями самооценки и заполнения проверочных листов проверок);
- формирование статистических данных;
- возможность использования технологии дополненной реальности.

Благодаря такой системе формируется банк данных, на основании анализа которого можно определять наиболее уязвимые места предприятий, выявлять наиболее часто встречающиеся нарушения, анализировать риски (опасности). На основании результатов анализа можно проводить превентивные меры по предотвращению травматизма, осуществлять управление рисками на рабочих местах, совершенствовать нормативную базу, методика оценки профессиональных рисков и в целом систему управления охраной труда.

Как показывает современная практика проверки, по-прежнему, проводятся контролирующими и

надзорными органами не скоординировано. При этом контролирующие органы работают без межведомственного обмена информацией. Межведомственное взаимодействие в риск-ориентированной системе проверок основывается на сборе данных о рисках поднадзорных объектов и доступности этой информации для каждого ведомства. Поскольку многие изменения рисков взаимосвязаны и нарушения одной сферы законодательства на предприятии обычно предполагает нарушения и в других сферах, контролирующие органы имели бы возможность усовершенствовать анализ рисков, на основании данных от других контролирующих органов. Для организации таких сервисов необходимы развитые ведомственные информационные системы [4]. Также необходимо отметить, что существование множества форм контроля ведет к путанице по поводу ее содержания, целей и задач, вопросы, затрагиваемые при проверках разных ведомств, могут дублировать друг друга.

Таким образом, общая межведомственная система проверок позволит сократить время самой проверки, улучшить ее качество, обеспечит прозрачность и открытость ее проведения.

Решением данной задачи может стать создание единой информационной системы, основанной на базе данных, содержащей следующие сведения:

- перечень всех поднадзорных организаций, включая отдельные объекты/площадки и опасные помещения объектов;
- информация о факторах риска, имеющихся выявленных профессиональных рисках, генерируемых классах опасностей объектов и присвоенных им категорий риска;
- информация обо всех проводимых проверках в поднадзорном объекте, их результаты, графики проверок.

На данном этапе развития информационных технологий при осуществлении государственной контрольно-надзорной деятельности в области охраны труда проверяющими используется сеть «Интернет», в том числе социальные сети для сбора данных ведомственных проверок, усовершенствования отбора объектов проверок, обеспечения внимания к важнейшим рискам и опасностям.

В случае осуществления общественного контроля подобные системы еще не налажены. Однако тема развития автоматизированных систем на основе баз данных предприятий с точки зрения соблюдения трудового законодательства является актуальным вопросом.

Международный опыт показывает, что внедрение простого инструмента на базе информационно-коммуникационных систем, с последующим добавлением к нему дополнительных функций, исходя из потребностей потребителя – успешный подход в реализации и развитии систем контроля с целью обеспечения безопасности труда.

Принимая во внимание международную практику, в Российской Федерации разработан

стандарт информатизации контрольно-надзорной деятельности (Стандарт), утвержденный протоколом заседания проектного комитета от 14.06.2017 № 40 который включает несколько этапов ее развития: низкий, средний и высокий уровни Стандарта. На высоком уровне Стандарта предусматривается автоматизация всех процессов контрольной деятельности: наличие личных кабинетов у контролируемых лиц, которые позволят вести весь документооборот в сети, в том числе: взаимодействие с системами органов прокуратуры, назначение инспекторов проверки, использование электронных проверочных листов через мобильное устройство, чтобы все сведения вносились сразу в информационную систему, формирование электронного акта проверки с внесением всех сведений в единый реестр проверок.

Данный проект предусматривает работу с обращениями граждан в рамках реализации общественного контроля, межведомственное взаимодействие контролируемых органов.

Целью участия общественных органов, организаций и их представителей в автоматизированном межведомственном взаимодействии заключается в:

- помощи работодателям в обеспечении безопасных условий труда;
- наблюдении за состоянием безопасности труда;
- защите интересов работников при рассмотрении трудовых споров;
- надзоре за соблюдением организациями нормативных требований по охране труда;
- организации правильности использования приспособлений защиты (средств индивидуальной и коллективной защиты);
- участия в функционировании локально созданных комиссий (комитетов) по охране труда на предприятии для проверки состояния рабочих мест, зданий, сооружений, оборудования;
- участия по выработке мероприятий по предупреждению и предотвращению несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве;
- постоянном взаимодействии с работниками для защиты их прав в области охраны труда.

Реализация такого масштабного проекта требует системного подхода в оснащении необходимыми средствами каждого пользователя системы, что является достаточно трудной задачей. На данный момент существует облачное решение информатизации контрольно-надзорной деятельности, которое включает все рассмотренные аспекты высокого уровня развития согласно Стандарту. Данным решением также учтено использование уже разработанных Федеральных государственных информационных систем.

Как для работодателя, так и для ведомств в обеспечении безопасности труда важным аспектом является проведение профилактики нарушений. В настоящее время существуют различные инструменты, реализуемые с помощью сети «Интернет»:

- сервис самопроверки по проверочным листам;
- пошаговые инструкции и памятки по соблюдению требований охраны труда, рассматривающие проблемы по различным трудовым ситуациям;
- отдельные сервисы для работников и работодателей;
- каталоги и журналы по охране труда (с лучшими практиками в этой сфере, с информацией по вносимым изменениям в законодательную базу и требования охраны труда);
- онлайн-сервисы, с возможностью задать вопрос и получить на него квалифицированный, профессиональный ответ в сокращенные сроки;
- наличие сервисов с электронным взаимодействием с контролирующим органом по функции обжалования решения, действий (бездействия) должностного лица государственной инспекции труда;
- банки типовых и нормативных документов, соответствующих трудовому законодательству;
- наличие мобильных версий вышеуказанных практик (в том числе мобильных приложений).

Профилактика нарушений трудового законодательства также является элементом риск-ориентированной методологии и должна быть учтена в автоматизированной межведомственной системе контроля обеспечения безопасности труда.

Таким образом, реализация единой автоматизированной межведомственной и общественной системы контроля – глобальная и серьезная цель в улучшении и упрощении системы проверок с учетом риск-ориентированного подхода в национальной системе управления охраной труда. Такая система позволит решить многие экономические (в том числе и вопрос коррупции), трудовые, технические вопросы за счет использования передового опыта как в информационно-телекоммуникационной сфере, так и в сфере охраны труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макарейко Н.В. Риск-ориентированный подход при осуществлении контроля и надзора / Юридическая техника. – Нижегородская академия МВД России. – 2019. – с. 225-229.
2. Борисова А.В. Риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности труда/ Труды РГУПС. Научно-технический журнал. – № 1(50). – 2020. – с.5-7.
3. Паршина М.А., Борисова А.В., Борисов С.В. К вопросу о государственном надзоре и общественном контроле в сфере охраны труда/ Труды РГУПС. Научно-технический журнал. – № 2(51). – 2020. – с. 69-71.
4. Учебное пособие по законодательству, регулирующему контрольно-надзорную деятельность, включая риск-ориентированный подход. Технический документ. Электронный ресурс – [Режим доступа] <https://rm.coe.int/precop-ii-training-manual-inspections-final-rus/16809c8655>

Я. С. Пертякова
 ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»
 г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, Россия

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

АННОТАЦИЯ

Данная исследовательская работа посвящена вопросам обеспечения безопасности труда в судостроительной отрасли — одной из ключевых и стратегических сфер национальной экономики, активно развивающейся за счет строительства судов различного назначения. В рамках проекта рассматриваются особенности технологических процессов в судостроении, включающих широкий спектр операций — от раскроя и резки металлов до сборки и сварки корпусных конструкций — а также условия труда, зачастую связанные с неблагоприятными и опасными для здоровья работников условиями эксплуатации оборудования и производственных площадок. Особое внимание уделяется анализу существующих методов обеспечения безопасности труда, выявлению их недостатков и разработке рекомендаций по внедрению современных, более эффективных технологий и методов управления безопасностью труда.

1. Введение

Судостроительное производство представляет собой один из наиболее сложных и технологически насыщенных видов промышленной деятельности.

В последнее десятилетие судостроительное производство активно развивается, внедряются современные технологии и разрабатываются новые методы обеспечения безопасности труда. Судостроительное производство включает в себя большое количество различных технологических операций: от раскроя и резки металла, до высокоточной стыковки блочно-секционных конструкций корпуса и их последующей сборки и сварки.

На судостроительных заводах и верфях используется большое количество разнообразного оборудования, вследствие чего обеспечение безопасности на судостроительном производстве является сложным и трудоемким процессом.

По данным РОСТРУДа за прошлый год произошло 23 несчастных случая, связанных со строительством и ремонтом кораблей, судов и лодок, из которых: 2 групповых, 3 с летальным исходом, 18 с тяжелым исходом [1].

В последние годы на ряде судостроительных предприятий были запущены процессы модернизации производственных мощностей. В 2025 году судостроительной отрасли для модернизации мощностей было выделено 39,3 миллиарда рублей по федеральному проекту «Производство судов и судового оборудования» [2]. Основная цель модернизации заключается в увеличении производительности и безопасности труда.

2. Цели и задачи

Цель - изучение инновационных методик обеспечения безопасности труда на судостроительных предприятиях.

Задачи:

1. Выявить вредные производственные факторы на судостроительных производствах.
2. Провести анализ современных методик обеспечения безопасности труда.

3. Актуальность

Актуальность данного исследования обусловлена следующими важными факторами:

- наличие высоких рисков для работников судостроительной отрасли вследствие сложных технологических процессов, использования опасных материалов и оборудования: внедрение в производство инновационных методов позволяет значительно снизить вероятность аварий и травм;
- современные технологические вызовы: развитие новых технологий, таких как автоматизация, роботизация и цифровизация, требует адаптации систем безопасности к новым условиям;
- соответствие международным стандартам: в условиях глобализации и международной конкуренции предприятия должны соответствовать высоким стандартам охраны труда и безопасности;
- экономическая эффективность: улучшение условий труда и снижение числа несчастных случаев ведет к уменьшению затрат на лечение и компенсации работникам, сокращению простоев производства, что делает внедрение новых методов экономически оправданным;
- законодательные требования: постоянное совершенствование нормативной базы требует поиска новых решений;
- социальная ответственность: обеспечение безопасных условий труда — важный аспект социальной ответственности предприятий перед работниками и обществом в целом.

Каждый день работники судостроительных предприятий подвергаются влиянию опасных и вредных производственных факторов, то есть различным рискам. Что же это за риски?

К рискам судостроительного производства можно отнести:

- падение с высоты;
- движущиеся механизмы и оборудование;
- выбросы токсичных веществ;
- шум и вибрация;

- поражение электрическим током;
- травмы от ручной работы;
- нахождение в замкнутом пространстве;
- пожары и взрывы.

Падение с высоты. Предварительная сборка болочно-секционных конструкций корпуса судна, монтажные и покрасочные работы обуславливают необходимость работать на значительной высоте.

Движущиеся механизмы и оборудование. Технология судостроения предусматривает большое количество погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, заключающихся в перемещении материалов, грузов и различных готовых конструкций в различные цеха и части судостроительного производства.

Выбросы токсичных веществ. Токсичные вещества могут выделяться при проведении покрасочных работ, резке, шлифовке, полировке и сварке металла. Еще одним источником токсичных веществ являются летучие органические соединения, выделяемые при использовании растворителей и обезжиривающих веществ.

Шум и вибрация. Источниками шума и вибрации на судостроительном производстве служат работы по резке, гибке, правке и очистке металла от коррозии, сварочные работы, транспортировка.

Поражение электрическим током. Риск поражения электрическим током вызван работой с различными инструментами: сварочный аппарат, электроинструмент, переносные лампы освещения, судовое электрооборудование, удлинители и провода.

Травмы от ручной работы. В судостроительном производстве множество различных ручных операций: использование острого и режущего инструмента, подъем и перемещение тяжестей, монтажные работы.

Нахождение в замкнутом пространстве. Стыковка и сварка судовых конструкций вынуждают работать в узких и замкнутых пространствах, что может вызывать недостаток кислорода, высокую концентрацию вредных и опасных веществ.

Пожары и взрывы. В судостроении используются легковоспламеняющиеся вещества: лаки, краски, антикоррозионные растворы. А также газ, при сварочных работах.

Новые системы дают возможность автоматизировать и роботизировать некоторые производственные операции, что существенно позволяет снизить влияние различных вредных факторов и риски травматизма на судостроительных производствах. К таким системам можно отнести следующие приборы и оборудование:

Датчики работы вентиляции помещений. В цехах судостроительного завода, где необходимо обязательное вентилирование, на все оборудование ставятся датчики, которые перед включением оборудования проверяют работу вентиляции. И при наличии неисправностей вентиляции, оборудование не будет запущено. Данная технология позволит уменьшить риск накопления в воздухе токсичных и

огнеопасных самовоспламеняющихся веществ. А, следовательно, уменьшается риск заболеваний, связанных с отравлением токсичными веществами, а также риск пожаров и взрывов. Данная технология уже применяется на нескольких судостроительных заводах и верфях в России.

Системы контроля исправности оборудования. Неисправность оборудования по статистике в 20 % случаях является источником несчастных случаев на производствах. В программное обеспечение современных станков, чаще всего включают анализатор исправности оборудования. Данная технология автоматически проверяет исправность оборудования перед запуском и в процессе работы. И при получении отрицательного результата, программное обеспечение выводит сообщение об ошибке и останавливает (или не дает запустить) неисправное оборудование. Данная технология позволяет снизить риск травм от ручной работы.

Датчики концентрации токсичных веществ. Данные датчики ставятся в помещениях цехов судостроительного завода, где происходят выбросы токсичных веществ, и контролируют содержание вредных веществ. Соединение данных датчиков с регулятором мощности вытяжной системы помещения сможет автоматизировать контроль и регулирование содержания токсичных веществ в воздухе. Данное соединение двух систем можно производить через специальное программное обеспечение, которое будет регулировать мощность вытяжных систем. А также при достижении предельной концентрации токсичных веществ в воздухе, ПО может выводить визуальный или звуковой сигнал о необходимости прекращения работ.

Мобильные вышки. При работах на высоте многие судостроительные заводы используют специальные мобильные вышки. Такие вышки имеют повышенную устойчивость, ограждения, тормоза колес, маркировку края ступеней. При работе на таких вышках человек чувствует себя более уверенно. Может свободно и без риска для здоровья исполнять свои трудовые обязанности. Это позволяет снизить риск падения с высоты.

Автоматизированные перемещения грузов. Процесс перемещения грузов и конструкций по территории завода можно производить при помощи автоматизированных систем. Так, например, автоматизировать процесс перевозки металла со склада в цех. В этом случае необходимо иметь железнодорожные пути или конвейерную ленту, которая будет перемещать грузы по заданному маршруту. Также можно роботизировать процесс погрузки и выгрузки материалов и судокорпусных конструкций. Это позволит снизить риск получения травм при перемещении грузов и работе механизмов.

Пожарные системы. Современные пожарные системы включают не только датчики дыма, температуры, оповещения о пожаре, но и системы

автоматического пожаротушения, а также системы отвода дымы. Данная система может не только обнаружить пожар и предупредить об этом работников, но и автоматически начать тушение пожара, до приезда квалифицированных пожарных расчетов и бригад. Это поможет уменьшить площадь пожара и предотвратить вторичные взрывы на производстве.

Станки автоматической резки и гибки металла. Данный вид станков позволяет практически на 100% автоматизировать очень трудоемкий и достаточно опасный процесс заготовки и раскроя металла для корпусов, надстроек и рубок судна. При использовании данного оборудования человеку необходимо дистанционно контролировать данный процесс при помощи программных средств. В данной технологии все необходимые параметры для раскроя и гибки металла задаются через программу управления станком, что позволяет работникам находиться на безопасном расстоянии от станков. Это позволит практически исключить влияние шума и вибрации на организм человека. Риск травматизма, а также развития тугоухости, как профессионального заболевания, снизится.

Экзоскелет. Данная система позволяет снижать нагрузку на опорно-двигательную систему рабочего при перемещении грузов, выполнении работ, связанных с монтажом, сваркой, покраской. Данная технология разгружает позвоночник человека и позволяет снизить риск травм от тяжелого ручного труда. Конструкция разработана таким образом, чтобы увеличивать силу мышц и расширить амплитуду движений. Это возможно благодаря системе гидравлики и различных рычагов и механизмов, встроенных в экзоскелет. Активное применение на судостроительных заводах они нашли относительно недавно, 1-3 года назад. Сейчас большинство судостроительных заводов используют их в работе.

4. Вывод

В результате проведенного исследования по теме «Инновационные методики обеспечения безопасности труда на судостроительных предприятиях» были выявлены ключевые современные подходы и технологии, способствующие снижению производственного риска и повышению уровня безопасности труда. Они активно внедряются при модернизациях судостроительных заводов и верфей. Это позволяет не только увеличить количество выпускаемых судов, но и существенно обезопасить процесс строительства судов. Все методы по отдельности уже показали свою эффективность на различных судостроительных предприятиях.

Полученные результаты подтверждают необходимость активного внедрения инновационных решений в практику судостроительных предприятий для их соответствия современным стандартам, повышения производительности и снижения социально-экономических затрат, связанных с последствиями

аварий и травм. Таким образом, исследование подчеркивает важность постоянного развития и адаптации методов обеспечения безопасности труда в условиях технологического прогресса отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информация о несчастных случаях на производстве // Федеральная служба по труду и занятости URL: <https://rostrud.gov.ru/opendata/7712345678-nesprich/table.html> (дата обращения: 01.05.2025).
2. Ледоколы, крупнотоннажные и научно-исследовательские суда – государство выделит сотни миллиардов на судостроение // Медиапалуба URL: <https://paluba.media/news/178561> (дата обращения: 22.04.2025).
3. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) - Текст: электронный // СПС КонсультантПлюс. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2025) - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Трудовой кодекс Российской Федерации (ред. от 28.12.2024). - Текст: электронный // СПС КонсультантПлюс. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2025)
5. Бронникова Л.В. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в судостроении [Текст]: учеб. пособие/ Л.В. Бронникова, С.В. Ефремов – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2020. – 130 с.
6. Бронникова Л.В. Охрана труда в судостроении [Текст]: учеб. пособие/ Л.В. Бронникова, А.Ю. Бокатов, А.И. Романов – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2023.-203 с.

П.М. Савинова, Ф.А. Юдин
ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», г. Москва,
ул. Вильгельма Пика, 4, Россия

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА «КОД БЕЗОПАСНОСТИ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AI-АНАЛИТИКИ

АННОТАЦИЯ

Проанализированы проблемы цифровизации в сфере охраны труда: фрагментация данных, отсутствие сквозной аналитики, низкая кастомизация существующих решений. Предложена концепция централизованного интернет-портала «Код безопасности» для мониторинга, прогнозирования и профилактики производственного травматизма. Платформа интегрирует AI-аналитику для выявления скрытых закономерностей и генерации превентивных рекомендаций, модули автоматизированного документооборота и обучения. Приведена экономическая модель, демонстрирующая окупаемость проекта за 12–18 месяцев и потенциал снижения уровня травматизма на 20–30% за счет целевых мер.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Ежегодно в России фиксируется 30–40 тыс. несчастных случаев на производстве, прямые экономические потери оцениваются в десятки миллиардов рублей. Ключевые проблемы отрасли — разрозненность данных между предприятиями, отсутствие инструментов для глубокой аналитики и прогнозирования, сопротивление внедрению цифровых решений. Существующие системы (1С:Охрана труда, СБИС Трудовой контроль) обладают ограниченным функционалом для анализа и не решают проблему фрагментации.

1.2 Актуальность

Проект "Код безопасности" направлен на повышение безопасности труда и снижения уровня травматизма на рабочих местах в организациях Российской Федерации. Несмотря на существующие нормативные акты и усилия в области охраны труда, несчастные случаи на производстве продолжают происходить, приводя к человеческим трагедиям и значительным экономическим потерям.

Существующие системы учета и анализа несчастных случаев часто разрознены и не позволяют получить полную и объективную картину ситуации в масштабах страны. Отсутствие единой базы данных затрудняет выявление общих тенденций и закономерностей, а также разработку эффективных мер профилактики.

Интернет-портал "Код безопасности" призван решить эту проблему путем создания централизованной платформы для сбора, хранения и анализа данных о несчастных случаях на производстве. Предоставляя доступ к структурированной информации, проект позволит:

1. Улучшить качество анализа причин несчастных случаев: подробные данные, включая сканы заключений, позволят более глубоко изучить обстоятельства происшествий и выявить коренные причины.

2. Систематизировать данные и выявлять тенденции: анализ статистики по регионам, отраслям, должностям и другим параметрам поможет определить наиболее проблемные области и разработать адресные программы по повышению безопасности труда.

3. Совершенствовать существующие нормы и правила охраны труда: на основе анализа статистики несчастных случаев можно будет корректировать правила техники безопасности, требования к СИЗ, ДСИЗ, СКЗ и другим средствам защиты, делая их более эффективными.

4. Повысить эффективность контроля со стороны государственных органов: Минтруд и другие контролирующие органы смогут использовать статистические данные для мониторинга и оценки состояния охраны труда в организациях, а также для разработки и реализации мер по повышению безопасности.

5. Предоставить инструменты для самоанализа организациям: компании смогут использовать данные платформы для сравнения своих показателей с общероссийскими и для выявления собственных слабых мест в системе охраны труда.

В итоге, проект "Код безопасности" способствует формированию более безопасной и здоровой рабочей среды, снижению количества несчастных случаев и профессиональных заболеваний, а также повышению производительности труда и улучшению качества жизни работников.

1.3 Цель проекта

Основной целью данной работы является разработка инновационной платформы, обеспечивающей сбор, анализ и визуализацию данных о травматизме для формирования эффективных управленческих решений.

1.4 Задачи, которые решает проект

1. Ликвидация разрозненности данных о производственном травматизме.

2. Оперативный анализ рисков и причин несчастных случаев.

3. Совершенствование мер безопасности и минимизация производственного травматизма.

4. Снижение бюрократических нагрузок на работодателя.

5. Определение наиболее опасных профессий, регионов и отраслей.

6. Исключение коррупционных рисков и скрытых случаев травматизма.

7. Снижение издержек предприятий на выплаты штрафов и компенсаций.

8. Упрощение мониторинга контролирующими органами.

9. Повышение компетентности сотрудников в области охраны труда.

10. Формирование ответственного отношения к охране труда на всех уровнях.

11. Обновление нормативной базы.

2. МАТЕРИАЛЫ

Проведен анализ рынка программных продуктов по охране труда: комплексные HRM-системы (1С:ЗУП, SAP SuccessFactors), специализированные платформы (E1.Охрана труда, OT Online), системы дистанционного обучения (iSpring, Moodle). Выявлены острые проблемы: фрагментация данных, киберриски, нехватка кастомизации, отсутствие сквозной аналитики. Для их решения предложена облачная платформа с архитектурой, включающей:

Модуль AI-аналитики для прогнозирования рисков на основе исторических данных.

Интерактивные дашборды с визуализацией (тепловые карты, графики, диаграммы).

Личные кабинеты для работодателей, сотрудников и инспекторов.

API для интеграции с внешними системами (1С, SAP).

Технологический стек: облачная инфраструктура, алгоритмы машинного обучения для выявления аномалий, кроссплатформенный веб-интерфейс.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработана структура портала, включающая разделы: «Мониторинг» (статистика, рейтинги компаний, AI-прогнозирование), «Профилактика» (учет СИЗ, инструктажи, чек-листы), «Обучение» (база знаний, тестирование), «Отчетность» (автоматизация форм 7-травматизм). Ключевые инновации:

AI-аналитика: выявление скрытых корреляций (например, рост травм в ночные смены) и автоматические рекомендации.

Единый реестр данных: агрегация информации по отраслям и регионам для сквозной аналитики.

Геймификация: публичный рейтинг безопасности предприятий для мотивации к улучшениям.

Экономическая эффективность (расчет на 3 года): капитальные затраты (CAPEX) — 1,6–2,6 млн руб., операционные расходы (ОРЕХ) — 2,1–3,0 млн руб./год. Прогноз доходов от подписки и продажи отчетов: 23,6–41,0 млн руб. на 3-й год. Окупаемость — 12–18 месяцев. Ожидаемый социальный эффект — снижение травматизма на 20–30%.



Рисунок 1 – Главная страница



Рисунок 2 – Раздел «Мониторинг»

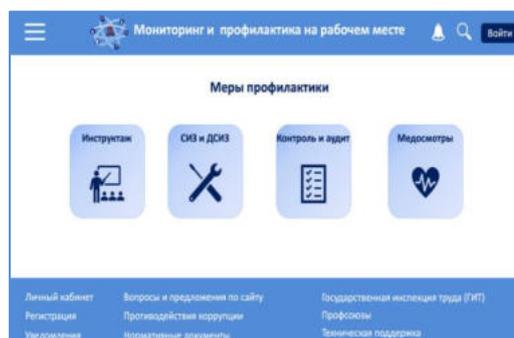


Рисунок 3 – Разделы «Обучение» и «Отчётность»

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация проекта «Код безопасности» позволит создать национальную систему мониторинга производственного травматизма, сочетающую аналитику, AI и удобный интерфейс. Платформа решает проблему фрагментации данных, обеспечивает превентивный подход к охране труда за счет прогнозирования рисков и снижает бюрократическую нагрузку на бизнес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
2. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве...».
3. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования.
4. Смирнов Е. А., Петрова О. В. Цифровизация процессов охраны труда: современные тенденции и перспективы // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 5. С. 45–52.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена актуальной проблеме формирования и развития культуры безопасности труда на предприятиях. Процесс формирования рассматривается через призму вовлечения работников в механизмы управления профессиональными рисками, выбора безопасных способов поведения и решений, что позволяет формировать чувство ответственности и приверженность безопасным методам работы.

Разработанная комплексная программа, построена на основе системного подхода и включает: информационное обеспечение, развитие командной работы и ответственности, оптимизацию процессов и стимулирование инноваций, направленные на вовлечение работников в процессы управления безопасностью и перевод предприятия от реактивной модели охраны труда к проактивной.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Современные предприятия уделяют значительное внимание к техническим аспектам рабочих процессов, стремясь улучшить производительность и эффективность своей деятельности. Постоянное совершенствование технологий, модернизация оборудования и внедрение инновационных решений стали неотъемлемой частью стратегии большинства работодателей. Делая акцент на техничность, многие организации оставляют без внимания один из ключевых элементов эффективной и безопасной деятельности – культуру безопасности.

В то время как технические улучшения могут повысить производительность, игнорирование вопросов безопасности работниками может привести к серьезным последствиям, включая несчастные случаи на производстве, потерю репутации и финансовые убытки предприятия. Приложенные усилия руководства, передовые технологии, без осознания работниками потребности и необходимости в безопасности, не будут эффективными и не смогут сохранить жизнь и здоровье работников.

Возрастающая сложность производственных процессов и ужесточение требований к охране труда, формирует потребность в активном участии сотрудников в процессах контроля и улучшения условий труда для устойчивого развития предприятий и сохранения здоровья работников.

1.2 Актуальность

Актуальность исследования обусловлена тем, что настоящее время вопросы безопасности труда становятся всё более значимыми для промышленных

предприятий, особенно в условиях растущей автоматизации производственных процессов и усложнения технологических цепочек. Особую роль в обеспечении безопасности играет культура безопасного поведения работников в процессе труда, а одним из ключевых инструментов ее формирования и повышения уровня становится активное вовлечение работников в процессы управления охраной труда.

Культура безопасности предстает фундаментальным понятием, исследование сущности и методологии которого вызывает интерес в научных кругах (Е. И. Толочко, О. В. Усикова, Н. В. Петрова, К. Д. Дементьев, Е. В. Нилова, А. П. Герасимчик, А. Б. Богданович, В.С. Хомякова и др.) [1; 2; 3; 4; 5].

1.3 Объект и цель исследования

Актуальность проблемы обусловила выбор объекта и постановку цели исследования. Объектом исследования является культура безопасности труда работников предприятий.

Цель исследования: разработка программы по формированию культуры безопасности труда на предприятии.

1.4 Материалы и методы исследования

В основу исследования положены теоретические концепции и мировоззренческие основы культуры безопасности труда, способов ее формирования и базовые принципы: приоритет безопасности над экономическими целями, личная ответственность каждого работника, лидерство руководства, открытая коммуникация, непрерывное обучение, системный подход и вовлечение персонала.

В работе использованы теоретические методы: анализ, синтез, обобщение, систематизация.

1.5 Результат исследования

На современном этапе развития производственных отношений одновременно с традиционными видами обучения работников охране труда, предусмотренными «Трудовым кодексом Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ используются инновационные способы подготовки работников к безопасному труду.

Одним из которых, можно рассматривать процесс вовлечения работников в управление охраной труда и развитие культуры безопасности.

Такой подход становится требованием времени, поскольку система управления охраной труда и уровень культуры безопасности на многих

предприятиях находятся на низком «реактивном» уровне и безопасность обеспечивается путем контрольно-надзорных действий, без взаимного сотрудничества руководства и работников.

В целях повышения вовлеченности работников в процесс обеспечения безопасности, формирования и развития культуры безопасности труда разработана комплексная программа «Вовлечение работников в процесс обеспечения безопасности и повышение уровня культуры безопасности труда».

Программа включает ряд конкретных, измеримых действий – шагов.

Цель программы: Вовлечение работников в процесс обеспечения безопасности, повышение уровня культуры безопасности на предприятии и переход от реактивной модели управления охраной труда к проактивной.

Ожидаемые результаты от реализации Программы:

- Снижение травматизма и профессиональных заболеваний в компании в течение 3 лет за счет повышения уровня вовлеченности работников в вопросы безопасности.

- Развитие потребности в безопасности, как корпоративной ценности, разделяемой всеми сотрудниками и интегрированной во все аспекты деятельности предприятия.

Структурные блоки (этапы) Программы представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурные блоки Программы.

Конструктивно Программа состоит из пяти ключевых блоков. Для каждого из которых сформулирована конкретная практическая задача, определены измеримые показатели и действия.

Первый блок – «Информационное обеспечение» – направлен на повышение осведомленности работников о профессиональных рисках. Его практическими шагами являются внедрение системы мониторинга на основе «умных» видеокамер с искусственным интеллектом, адаптация и визуализация инструкций по охране труда, разработка интерактивных обучающих модулей с элементами геймификации, проведение ежеквартальных «Дней безопасности», размещение ярких плакатов-напоминаний и создание мобильного приложения «Безопасность в кармане» с правилами и каналом обратной связи.

Измеряемым показателем эффективности данного блока является увеличение на 50% в течение года числа сотрудников, правильно выполняющих трудовые операции и отвечающих на вопросы по охране труда.

Второй блок – «Развитие командной работы» – ставит задачу укрепить межличностные связи и

командный дух. Для этого предлагается создание малых команд безопасности в каждом подразделении, организация регулярных совместных тренировок по действиям в чрезвычайных ситуациях, проведение мероприятий по тимбилдингу, внедрение системы наставничества и организация регулярных встреч по обмену успешным опытом в области безопасности.

Целевым показателем является увеличение на 40% в течение года числа сотрудников, участвующих в командных проектах по улучшению безопасности.

Третий блок программы «Развитие ответственности» – фокусируется на формировании персональной ответственности каждого работника за охрану труда. В рамках данного блока внедряется программа «Мой безопасный рабочий день», система анонимных «Карточек безопасности» для фиксации нарушений и предложений, проводится кампания «Я отвечаю», а также обеспечивается личный пример соблюдения правил со стороны руководства всех уровней и включение показателей безопасности в индивидуальные планы работы.

Ожидается, что в результате количество сообщений о потенциальных опасностях и предложений по улучшению увеличится на 60% в течение года.

Четвертый блок – «Оптимизация процессов» – нацелен на повышение эффективности управления безопасностью. Мероприятия включают упрощение процедур отчетности через мобильное приложение, оптимизацию процесса расследования инцидентов с обязательным привлечением работников, проведение регулярного анализа рисков, создание анонимной «горячей линии» безопасности и автоматизацию системы управления охраной труда с помощью специализированного программного обеспечения.

Ключевым индикатором успеха является сокращение времени реагирования на сообщения о нарушениях на 50%.

Пятый блок – «Стимулирование инноваций» – призван поощрять инициативность и творческий подход сотрудников. Для этого планируется организация ежегодного конкурса «Лучшая идея по безопасности», создание онлайн-«Банка идей», выделение средств на реализацию лучших предложений, публичное признание заслуг сотрудников и проведение тренингов по развитию креативного мышления.

Планируется увеличить число предлагаемых инновационных решений в области безопасности на 40% в течение года.

Эффективность программы оценивается по комплексу количественных и качественных показателей. К количественным параметрам относятся абсолютное и относительное снижение травматизма и профзаболеваний, рост числа обученных сотрудников, сокращение времени реагирования на нарушения и увеличение числа инновационных предложений.

Качественная оценка проводится через опросы

удовлетворенности и вовлеченности персонала, анализ поступающих предложений и экспертные оценки состояния охраны труда.

Важнейшими факторами успеха программы являются безоговорочная поддержка со стороны высшего руководства, активное участие сотрудников на всех этапах, системный подход, охватывающий все уровни управления, постоянный мониторинг и корректировка мероприятий на основе данных, а также открытость и прозрачность всей информации, связанной с программой.

Таким образом, разработанная программа становится дорожной картой, направленной на трансформацию культуры безопасности предприятия через системное вовлечение работников, где каждый элемент имеет измеримые результаты, что позволяет гибко управлять процессом и достигать поставленных стратегических целей.

1.6 Перспективы развития

Разработанная Программа «Вовлечение работников в процесс обеспечения безопасности и повышение уровня культуры безопасности труда» представляет собой стратегический план действий работодателя, который визуализирует этапы формирования вовлеченности работников в процессы безопасности, определяя цели, задачи, сроки, ответственных лиц и контрольные показатели.

Реализация программы за счет своей комплексности и многоуровневой структуры будет способствовать повышению вовлеченности работников процессы обеспечения безопасности, формированию осознанного поведения работников и развитию культуры безопасности труда. Программа может рассматриваться стратегия, каждый пункт которой имеет измеримые результаты, что позволяет отслеживать процесс и корректировать действия по мере необходимости.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна исследования заключается в том, разработанная Программа по формированию культуры безопасности труда является оригинальной теоретической моделью, объединяющей различные аспекты культуры безопасности в единую систему. Программа отличается целостностью структуры, использованием современных методических подходов и инструментов работы с персоналом и регулирования поведения в процессе труда.

Предлагаемый в программе системный подход, ориентирован на личностные, деятельностные и практико-ориентированные аспекты трудовой деятельности и процесса управления охраной труда на предприятии.

Таким образом, внедрение Программы позволит более эффективно формировать и развивать у работников предприятий необходимые поведенческие компетенции и приверженность безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ОТ – охрана труда.

СУОТ – система управления охраной труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толочко Е.И. Культура безопасного поведения на дорогах как многоаспектная социально-педагогическая проблема // ЧиО. 2015. №1 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kultura-bezopasnogo-povedeniya-na-dorogah-kak-mnogoaspektnaya-sotsialno-pedagogicheskaya-problema> (дата обращения: 13.09.2025).

2. Усикова О. В. Культура безопасности труда: факторы сдерживания и развития / О. В. Усикова, Н. В. Петрова, К. Д. Дементьев // Экономика труда. – 2024. – Т. 11, № 11. – С. 1967-1984. – DOI 10.18334/et.11.11.122112

3. Нилова Е. В. Сущность понятия «культура безопасности труда» / Е. В. Нилова, В. С. Хомякова // Молодежь и наука. – 2022. – № 10. – EDN QFCTXH.

4. Герасимчик А. П., Богданович А. Б., Карпиевич В. А., Сергеев В. Н. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: социально-психологический и исторический экскурс // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-kultury-bezopasnosti-zhiznedeyatelности-sotsialno-psihologicheskij-i-istoricheskij-ekskurs> (дата обращения: 13.09.2025).

5. Хомякова, В. С. Формирование культуры безопасного поведения работников в процессе трудовой деятельности / В. С. Хомякова, Е. А. Гришина // Педагогика безопасности: наука и образование: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 30 ноября 2019 года. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2019. – С. 138-142. – EDN DHNMZA.

6. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 13.09.2025).

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО ФАКТОРАМ ВРЕДНОСТИ И ТРАВМООПАСНОСТИ.

АННОТАЦИЯ

В статье проведена комплексная оценка условий жизнедеятельности инженера-химика на предприятии «АО Воронежсинтезкаучук». Методология работы включала анализ вредных и опасных производственных факторов с последующим определением класса условий труда. Рассчитано влияние производственной, городской и бытовой сред на здоровье работника с помощью показателя сокращения продолжительности жизни (СПЖ). Результаты показали, что совокупный ущерб приводит к потере 1,6 года жизни, при этом основным негативным фактором является производственная среда. На основе выводов исследования предложен комплекс мероприятий, направленных на минимизацию рисков и улучшение условий труда.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Зачастую мы не особо интересуемся сколько вреда здоровью приносит та или иная профессиональная деятельность. Я считаю, что одна из наиболее опасных работ – продолжительное взаимодействие с химическими соединениями. Человек, находящийся каждый день в лаборатории, уже привык к неблагоприятным условиям и не задумывается о том, как они могут сказаться на его здоровье в будущем. Работа на химических производствах сопряжена с рядом негативных факторов, воздействующих на здоровье работника. Учитывая серьезную опасность для здоровья, работники должны ответственно относиться к соблюдению правил техники безопасности, а руководство предприятия – обеспечивать контроль над их соблюдением.

1.2. Актуальность

Здоровье работников – ценный ресурс для любого предприятия. Стандартная оценка условий труда больше направлена на фиксацию очевидных нарушений, таких как превышение нормы вредных веществ в воздухе. Но как суммарно неблагоприятные факторы медленно подрывают здоровье работника год за годом и какие последствия могут из этого получиться эта оценка не учитывает.

Особую значимость данные вопросы имеют для таких ключевых специалистов, как инженеры-химики. Их деятельность сопряжена с воздействием

химических, физических, интеллектуальных и нервно-эмоциональных факторов. При этом организм испытывает скрытую нагрузку, которая может приводить к хронической усталости, снижению внимания, а в перспективе к серьезным заболеваниям. Оценка совокупности условий жизни и работы инженера-химика позволит не просто констатировать вред, но и разработать мероприятия по снижению воздействия вредных факторов производства на здоровье работника.

1.3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является ознакомление с методикой оценки последствий воздействия на инженера-химика неблагоприятных условий труда, а также вредных и травмоопасных факторов среды обитания, наносящих ущерб здоровью.

Для достижения поставленной цели, были выделены следующие задачи:

1. Выбрать предприятие и категорию работника.
2. Определить условия труда работника.
3. Произвести соответствующие расчеты для оценки ущерба здоровью по определенной методике.
4. Проанализировать полученные данные и разработать предложения для решения выявленных проблем.

2. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ.

В качестве объекта исследования выбрано предприятие «АО Воронежсинтезкаучук» - крупный производитель синтетических каучуков и стирол-бутадиен-стирольных полимеров. Предприятие сохраняет лидирующие позиции по выпуску продукции, что позволяет рассматривать его как устойчивую единицу для анализа. [1]

Ключевой особенностью химических веществ на таких предприятиях является их полиморфность и высокая интенсивность воздействия на человека. Такие вещества способны оказывать общетоксический эффект, а также избирательное действие, выступая в качестве аллергенов, вызывая злокачественные новообразования или негативно влияя на репродуктивное здоровье. [2]

Факторы, воздействию которых подвергается инженер-химик на рабочем месте представлены на схеме 1.



Схема 1. Производственные факторы, влияющие на инженера-химика на предприятии.

Условия труда подразделяются на 4 класса. Они представляют собой систематизированную градацию, которая предназначена для интегральной оценки факторов трудового процесса и производственной среды. [3]

Классификация позволяет определить степень отклонения реальных условий от установленных нормативов, она представлена на схеме 2.



Схема 2. Классификация условий труда.

После отнесения рабочего места к определенному классу выстраивается система управления охраной труда.

На рабочем месте инженера-химика на предприятии уровень шума превышает допустимый на 5 дБА из-за находящихся рядом вентиляций для удаления загрязняющих вредных веществ. Также работник подвергается контакту с канцерогенами, опасными в любых концентрациях. Они опасны для репродуктивного здоровья человека и превышают ПДК в 2 раза. Непосредственно в химической лаборатории преобладает загазованность парами бутадиена, стирола и других соединений. Они превышают ПДК в 2 раза и имеют раздражающее действие. Эти воздействия относятся к вредным факторам, которые определяют класс условий труда 3.1. Освещенность и производственная вибрация на

рабочем месте имеет допустимый класс условий труда. [4]

Именно такой анализ позволяет выявить взаимосвязь между организацией труда, условиями его выполнения и эффективностью профессиональной деятельности. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Фактор	Класс условий труда						
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Канцерогены			+				
Шум			+				
Загазованность вредными парами			+				
Вибрация		+					
Освещенность		+					

Таблица 1. – Класс условий труда по факторам производственной среды.

3. ОЦЕНКА УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННОГО НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ФАКТОРАМИ

В основу оценки условий труда положена методика, предусматривающая определение класса условий труда по критериям факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Для интегральной оценки ущерба здоровью был применен показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ), обусловленный влиянием производственной (СПЖпр), городской (СПЖг) и бытовой (СПЖб) сред в соответствии с формулами (1-4).

Сокращение продолжительности жизни – расчетный показатель, который выражает потенциальную величину потери жизни (в сутках) человеком на момент проведения анализа в зависимости от условий его быта.

Суммарная оценка скрытого ущерба здоровью определяется через подсчет сокращения продолжительности жизни (СПЖΣ), в сутках потерянной жизни за год по формуле:

$$СПЖΣ = СПЖпр + СПЖг + СПЖб \quad (1)$$

где СПЖпр, СПЖг, СПЖб – время сокращения продолжительности жизни человека при пребывании его соответственно в производственных, городских и бытовых условиях (в сутках).

Для оценки сокращения продолжительности жизни, обусловленного воздействием неблагоприятных факторов применяется формула:

$$\text{СПЖпр} = (\text{Кпр} + \text{Кт} + \text{Кн}) \times (\text{T} - \text{Tн}) \quad (2)$$

где Кпр – ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды (сут./год); Кт – ущерб здоровью по показателю тяжести труда (сут./год); Кн – ущерб здоровью по показателю напряженности труда (сут./год); Т – возраст человека (лет); Тн – возраст к началу трудовой деятельности (лет).

Влияние неблагоприятной городской среды на продолжительность жизни можно определить по формуле:

$$\text{СПЖг} = (\text{Кг1} \times \text{Tт} + \text{Кг2} \times \frac{t}{24} \times \text{Tт}) \quad (3)$$

где Кг1 и Кг2 – скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской среды соответственно от загрязнения воздуха и поездки на общественном транспорте (сут./год); t – время, затрачиваемое человеком ежедневно на проезд на работу и домой, отнесенное к 24 часам (час); Тт – количество лет, в течение которых человек использует общественный транспорт для поездки на работу.

Для расчета СПЖ, обусловленного комбинированным воздействием курения и неудовлетворительных бытовых условий, применяется формула:

$$\text{СПЖб} = (\text{Кб1} \times \text{T} + \text{Кб2} \times \frac{n}{20} \times \text{Tк}) \quad (4)$$

где Кб1 и Кб2 – скрытый ущерб здоровью по вредным факторам бытовой среды соответственно от жилищных условий и от курения (сут./год); n – количество сигарет, выкуриваемых человеком в день, отнесенное к 20 сигаретам, приводящим к отравлению; Тк – стаж курильщика (лет).

Значения всех приведенных выше коэффициентов рассчитываются в зависимости от класса вредности условий труда по таблицам 2-6. [5]

Чтобы произвести расчет оценки ущерба здоровья возьмем конкретного работника. Условие задачи: работнику предприятия 45 лет, рабочий стаж составляет 25 лет; живет за городом; курит в течение 20 лет, в среднем по 3 сигареты в день; добирается домой на городском транспорте, время в пути составляет 1 час.

После анализа собранной информации о работнике следующий этап исследования посвящен расчету показателей.

$$\begin{aligned} \text{СПЖпр} &= (3,75 + 5,1 + 3,75) \times (45 - 20) \\ &= 315 \text{ сут.} \end{aligned}$$

$$\text{СПЖг} = \left(5 \times 25 + 2 \times \frac{1}{24} \times 25 \right) = 127 \text{ сут.}$$

$$\text{СПЖб} = \left(0 + 50 \times \frac{3}{20} \times 20 \right) = 150 \text{ сут.}$$

$$\text{СПЖ}\Sigma = 127 + 315 + 150 = 592 \text{ сут.} = 1,6 \text{ года.}$$

4. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА

4.1 Анализ факторов риска

В результате анализа условий труда инженера-химика на предприятии «АО Воронежсинтезкаучук» был выявлен комплекс вредных факторов, приносящих ущерб здоровью. Основные факторы, а также их последствия при длительном воздействии показаны на схеме 3.



Схема 3. Факторы риска, сформировавшиеся на предприятии и их последствия для здоровья.

Снижение показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является значимым фактором, влияющим на рост ожидаемой продолжительности жизни. Ключевым предпосылками для этого служат эволюция систем охраны труда, внедрение превентивных мер и изменение мышления в трудовых коллективах. [6]

Критерии безвредных условий труда являются основой для разработки профилактических мер, направленных для создания среды, которая не наносит ущерб человеку, схема 4. [7]



Схема 4. Критерии безвредных условий труда.

4.2. Мероприятия по уменьшению загрязнения атмосферного воздуха

Инвестиции в очистку воздуха обеспечивают устойчивое развитие предприятия и создание безопасных условий труда. [8]

Предлагаю ряд эффективных методов очистки:

- герметизация технологических процессов;
- рекуперация выбросов и их использование;
- очистка выбросов от вредных аэрозолей с помощью пылесадочных камер, циклонов, скрубберов и фильтров, или за счет каталитического окисления;
- совершенствование систем вентиляции в местах отбора проб и проведения анализов.

4.3. Организационные мероприятия по безопасности трудового процесса

- внедрение регламентированных перерывов в производственной зоне;
- регулярное проведение тренингов по использованию СИЗ и действиям в аварийных ситуациях;
- обеспечение ежегодных медицинских осмотров с расширенным спектром обследований;
- обеспечение современными средствами индивидуальной защиты: респираторы с противогазовыми фильтрами под определенные вещества; применение одежды из новых материалов, обеспечивающих защиту от химических реагентов.

4.4. Рекомендации рабочему

Именно осознанное отношение к собственной безопасности является главным элементом в сфере охраны труда. На схеме 5 приведены рекомендации, соблюдение которых способствует минимизации воздействия производственных факторов.



Схема 5. Рекомендации рабочему

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования, на примере предприятия «АО Воронежсинтезкаучук» и категории работника инженер-химик мною были произведены расчеты по определенной методике. При воздействии на работника факторов

определенной вредности сокращение продолжительности его жизни составило 1,6 года. Большое влияние на этот параметр оказывают производственные условия. Полученные результаты свидетельствуют о наличии значительного скрытого ущерба здоровью даже на предприятии с высоко развитой системой охраны труда. В рамках исследования разработан комплекс мероприятий, направленных на улучшение условий труда, а именно:

- уменьшение загрязнения атмосферного воздуха путем использования различных фильтрующих установок;
- организационные мероприятия, направленные на усиление контроля в сфере охраны труда на предприятии в целом;
- персональные рекомендации рабочему

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт АО «Воронежсинтезкаучук» [Электронный ресурс] URL: <https://www.sibur.ru/voronejkauchuk/>
2. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 24.07.2023) "О специальной оценке условий труда" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023)
4. Парфенов И.М. «Анализ условий труда на рабочих местах химического производства» (2021) [Электронный ресурс] URL: <https://www.na-obr.ru/component/djclassifieds/?view=item&cid=15:publ-10&id=857:анализ-условий-труда-на-рабочих-местах-химического-производства&Itemid=464>
5. С.В. Белова Ноксология: учебник для бакалавров/ С.В. Белова, Е.Н. Симакова под общ. ред. С. В. Белова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2013. — 431 с. — Текст: непосредственный.
6. Н.В. Сакова, З.А. Аврамов. «Анализ методов оценки профессиональных рисков»: Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания "Мой город готовится": задачи, проблемы, перспективы. сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. 2020. С. 397-401
7. Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003).
8. Мероприятия по очищению атмосферного воздуха [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/6446221/page:18/>

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ РИСКОВ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

АННОТАЦИЯ

В настоящее время, благодаря развитию производств и совершенствованию законодательства в области охраны труда, рискориентированный подход применяется практически в каждой компании, что позволяет снижать количество несчастных случаев и улучшать условия труда. Однако большое разнообразие методов оценки рисков не позволяют достаточно качественно проводить мероприятия по оценке профессиональных рисков [1]. Основной проблемой является приоритетная значимость во многих методах такого показателя, как экспертная оценка. Для того, чтобы минимизировать влияние человека в момент оценки профессиональных рисков, предлагается автоматизировать данную процедуру, благодаря математическим моделям. Таким образом влияние человека будет распространяться только на вводимые им данные и принятие решений, но основе полученных результатов.

1. РИСКОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ОХРАНЕ ТРУДА.

Актуальность данной работы обусловлена влиянием рискориентированного подхода в сфере охраны труда на уровень производственного травматизма [2]. Начиная с 2015 года в нормативной базе охраны труда начались изменения, направленные на внедрение заблаговременной оценки рисков и превентивных мероприятий. Понятие профессиональный риск в Трудовом кодексе Российской Федерации появилось еще 2011 году, однако обязательное требование к проведению процедуры оценки рисков было закреплено только в 2022 году. Процесс оценки профессиональных рисков на рабочих местах является частью системы управления охраной труда. До появления данных понятий большинство мероприятий в сфере охраны труда были направлены на формальные действия и подготовку сотрудников к реагированию на возможные негативные ситуации. Большое внимание уделялось тому, как правильно реагировать на несчастные случаи, как ликвидировать последствия и оказывать первую помощь пострадавшим.

Если сравнивать качество полученных знаний по первой помощи в те года и в настоящее время, можно с уверенностью сказать, что обучение было лучше и качественнее. Безусловно, применение дистанционных технологий во время обучения по охране труда позволяет ускорить процесс получения знаний, но в данной ситуации объем усваиваемой

информации зависит от конкретного сотрудника (ученика). В то время как раньше, все занятия по первой помощи проходили в очном формате и люди, приходившие на данные занятия, усваивали информацию в разы лучше. Сейчас многие относятся к процедуре обучения оказания первой помощи, как к формальному мероприятию, что негативно сказывается на качестве той помощи, который человек сможет оказать. Но даже качественное обучение не позволяло снижать уровень травматизма и профессиональных заболеваний, так как все мероприятия были направлены на реагирование, а не предотвращение.

Если проанализировать данные производственного травматизма за последние годы, представленные на рисунке 1, то можно заметить, что применение рискориентированного подхода в области охраны труда поспособствовало снижению количества несчастных случаев. Существует повышение значений травматизма после 2021 года, но это, в большей степени, связано с выходом сотрудников на рабочие места после ковидных ограничений. Данные для графика были взяты из открытых публикаций Роструда, Росстата и ФСС. Так как каждая организация ведет свои каналы учета, то значения травматизма по каждому году может отличаться, именно поэтому данный график является оценочным.

Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве в России (2015-2024), оценка

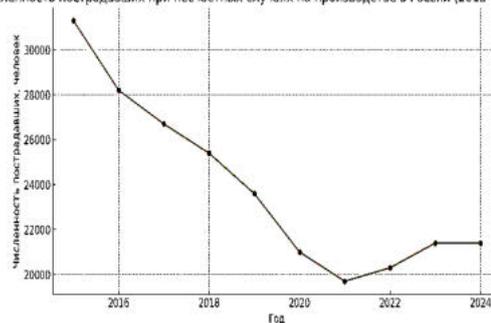


Рис. 1. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве в России (2015-2024)

Применение превентивных мероприятий позволяют не доводить до критических состояний, при которых возникают несчастные случаи. Пусть существующие методы оценки рисков и позволяют снижать уровень травматизма и профессиональных заболеваний, но их огромное разнообразие и большое влияние человеческого фактора все равно

оставляют большие пробелы в обеспечении безопасности [3].

2. ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ.

Для удобства в выборе метода оценки рисков в Российском законодательстве существует Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926н «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков». Данный документ носит только рекомендательный характер и не обязателен к применению, но является хорошей подмогой при проведении оценки профессиональных рисков.

Выбор метода зачастую зависит от масштаба компании. Микропредприятиям актуальнее всего использовать контрольные листы или матричный метод. Данные методики не требуют огромной подготовки и позволяют получить результат в достаточно короткие сроки. Для предприятий средних и больших масштабов с достаточным количеством технологического оборудования чаще всего применяются более сложные методики [4]. Например, для описания рисков и возможных событий в будущем используют метод анализа сценариев, в котором на базе существующих опасностей пытаются спрогнозировать различные негативные последствия и рассчитать значения риска для каждого события. Чаще всего данный метод применяется при построении стратегии развития производства и компании в целом. Метод дерева решений применяется в управлении рисками различных проектов, когда существует некий фактор неизвестности. Обычно по данному методу рассчитываются ветви событий, которые представлены в виде денежной или другой эквивалентной единицы и показывают значения различных решений. Метод анализа уровней защиты (Layers of Protection Analysis, LOPA) нацелен на то, чтобы определить эффективность барьеров, т.е. принятых защитных мероприятий. Для начала определяют рассматриваемую пару «угроза» и «последствие», затем выявляют так называемые барьеры, которые могут смягчить или вовсе предотвратить последствия. В дальнейшем каждый из барьеров рассчитывают на отказ и получают значения риска, которые сравнивают с допустимыми значениями. Зачастую данный метод применяется при оценке нового технологического процесса или оборудования, а также для решения тактических задач, направленных на снижение уровня рисков.

На самом деле таких методик существует большое количество, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Если проанализировать каждую из них, то можно обратить внимание, что чаще всего проблемой является либо узконаправленность той или иной методики, либо

большое влияние человеческого фактора на процесс оценки рисков. Группы экспертов должны обладать достаточным количеством знаний и навыков в сфере охраны труда, однако от фактора человеческой ошибки никто не застрахован [5]. Для того, чтобы снизить влияние человека на этап оценки профессиональных рисков предлагается автоматизировать данный процесс благодаря применению математических моделей.

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ.

Автоматизация производственного процесса идет в ногу со временем и продолжает развиваться каждый год [6]. Улучшение условий труда и повышение безопасности за счет автоматизации позволяет снижать уровень травматизма и производственных заболеваний [7]. Особенно это актуально в таких сферах, как горнодобывающая промышленность, тяжёлая металлургия, автомобилестроение. Если автоматизация в производственных процессах дает свои дивиденды и снижает не только уровень травматизма, но и еще сохраняет достаточно количество ресурсов и финансов, то применение данного подхода в оценке рисков тоже будет иметь необходимый отклик.

В данной работе предлагается автоматизировать этап оценки рисков за счет применения математических моделей, таких как Монте-Карло, схемы Байеса или информационные критерии качества модели. Вышеупомянутые математические модели обладают рядом полезных свойств в контексте оценки риска [8].

Метод Монте-Карло позволяет рассмотреть риск скорее не как детерминированный фактор, а как показатель стохастичности в совокупности с другими элементами системы [9]. Большое количество сценариев, которые проводятся при использовании данного метода наглядно демонстрируют среднестатистические значения, а также и резкие отклонения, которые возможны во время трудового процесса. Именно эти отклонения зачастую являются причиной несчастных случаев, которые никто не ожидал.

Сети доверия Байеса в свою очередь позволяют самостоятельно настроить линии взаимодействия и зависимости между элементами оценки рисков. Это позволяет рассмотреть большее количество различных вариантов развития событий, что улучшает те же самые методы оценки рисков, такие как дерево событий или анализ последствий.

Информационные критерии качества модели позволяют провести сравнение полученных результатов одной и той же модели. Так как не существует идеальной модели, которая будет рассматривать все риски, то необходимо контролировать те элементы системы, которые будут теряться во время проведения оценки рисков. Именно на «потерянную» информацию и

направлены информационные критерии качества. В совокупности с другими математическими моделями они позволят снизить риск пренебрежения факторами, которые при определенных обстоятельствах могут привести к негативным последствиям для жизни сотрудников.

Таким образом рассмотренные математические модели позволяют расширить возможности существующих методов оценки рисков, а также снизить влияние человеческого фактора на этапе оценки рисков до уровня вводимых данных и интерпретации готовых решений. Автоматизацию следует внедрять не только в производственные процессы и работу оборудования, но и в трудовые мероприятия, такие как оценка профессиональных рисков.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Подытожив все вышесказанное можно сказать, что рискориентированный подход в области безопасности труда действительно играет важную роль в вопросе снижения уровня травматизма и профессиональных заболеваний, а также в повышении уровня безопасности производства.

Отсутствие единых методик оценки рисков приводит к тому, что большинство компаний сами выбирают каким именно методом им пользоваться и зачастую не в полной мере осознают, какие недостатки есть у выбранного ими метода. Дабы снизить влияние человеческого фактора на оценку профессиональных рисков, было предложено автоматизировать данный процесс. Так как автоматизация производства в целом показала себя очень эффективным инструментом, то применение данных решений в рискориентированном подходе в сфере безопасности труда в перспективе может иметь такой же эффект.

В работе был предложен ряд математических моделей, которые позволят не только снизить влияние человека, но и масштабировать сам процесс оценки рисков, что поспособствует повышению качества данных мероприятий и обеспечению необходимой безопасности на рабочих местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воробинская Лидия Ивановна, Финоченко Виктор Анатольевич Особенности оценки и управления профессиональными рисками // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. №11.
2. Хурамов С. С. Роль оценки рисков в системе управления охраной труда // Вестник науки. 2024. №6 (75).
3. Тимофеева Светлана Семеновна Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда // XXI век. Техносферная безопасность. 2016.
4. Руденко О. А. Методы оценки профессиональных рисков на опасных

производственных объектах // Вестник науки. 2025. №6

5. Е. И. Кабанов, М. В. Туманов, В. С. Сметанин, К. В. Романов Инновационный подход к профилактике травм на горнодобывающих предприятиях на основе управления человеческим фактором // Записки Горного института. 2023. №263.

6. Смирнова, Е. Э. Принципы безопасности производства в РФ и европейских странах: Сравнительный анализ / Е. Э. Смирнова, И. А. Соломатин // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : МАТЕРИАЛЫ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ) НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ, Волгоград, 19–24 апреля 2021 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2021. – С. 78-79. – EDN TQLNLY.

7. Аннанепесов А. Б., Ишангулыев Б. Х. Автоматизация процессов производства // Символ науки. 2024. №5-1-3.

8. Смирнова, Е. Э. Использование математических моделей в риск ориентированном подходе к экологической безопасности / Е. Э. Смирнова, И. А. Соломатин // Техносферная безопасность в XXI веке : Научные труды XII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Иркутск, 01–03 декабря 2022 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 367-370. – EDN MFXZOZ.

9. Smirnova, E. Modeling professional risk based on the analysis of Workplace Conditions Assessment (WCA) to improve the safety of production activities / E. Smirnova, I. Solomatin // E3S Web of Conferences International Scientific Conference “Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East” (AFE-2022), Tashkent, Uzbekistan, 25–28 января 2023 года. Vol. 371. – Tashkent, Uzbekistan: EDP Sciences, 2023. – P. 05041. – DOI 10.1051/e3sconf/202337105041. – EDN SVUIGH.

ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**АННОТАЦИЯ**

Вопрос, рассматриваемый в статье – это проблема, связанная с устранением на производственных объектах происшествий по причине человеческого фактора. Цель: снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте, исключив ошибку, связанную с человеческим фактором. Новизна работы заключается в разработке концепции применения индивидуальных датчиков контроля состояния организма работников для различных отраслей экономики. Такой идеи как «датчик контроля состояния организма человека» еще не существует, и данная разработка будет очень полезна для сотрудников промышленных предприятий, строителей и др. Полагаем, что внедрение такого индивидуального устройства индикации состояния организма человека обладает потенциалом для спасения жизни и сохранения здоровья работников.

Ключевые слова: 1. датчик контроля состояния организма человека; 2. чрезвычайная ситуация; 3. благополучие работников; 4. человеческий фактор; 5. человеческая безопасность.

1 ВВЕДЕНИЕ

В современном мире невозможно без использования электроэнергетики, теплоэнергетики, химической промышленности и т.п. В данных предприятиях работает огромное количество людей, которые в свою очередь могут уставать, испытывать стресс и плохо себя чувствовать. По одной из этих причин, человек теряет концентрацию на рабочем месте, вследствие чего возможна техногенная авария.

1. Анализ несчастных случаев с летальным исходом, которые произошли в поднадзорных Ростехнадзору организациях [1]. За 2024 год произошло 27 несчастных случаев со смертельным исходом (27 жертв). В 2023 году оказалось 44 несчастных случая (46 жертв) (Рисунок 1).

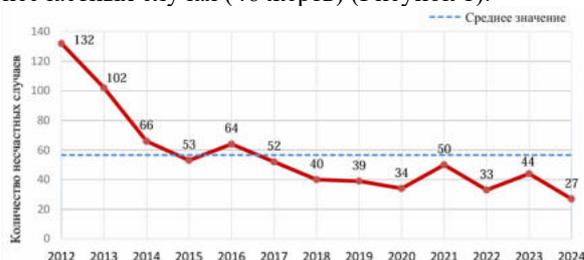


Рис. 1 - Динамика травм с летальным исходом
На объектах электрических сетей возникло 14 инцидентов с летальным исходом, на электроустановках потребителей – 12, на теплогенерирующих установках и тепловых сетях

– 1 (Рисунок 2).

Инциденты с летальным исходом



Рис. 2 - Несчастные случаи на объектах Ростехнадзора

2 ТЕХНОГЕННЫЕ АВАРИИ

Нами было проведено исследование и выявлены крупнейшие техногенные аварии в РФ за последние 50 лет:

1. Чернобыль – АЭС (Рисунок 3)

Чернобыльская авария – одна из самых крупных катастроф, 26 апреля 1986 года в воздух выбросилось более 50 тонн летучих радиоактивных веществ, которые воздушными потоками разнеслись на тысячи километров. В результате чего под негативным влиянием оказались здоровье людей и окружающая среда. Несколько тысяч человек погибли от ожогов, лучевой болезни и полученного облучения. Причиной катастрофы стало руководство Чернобыльской атомной электростанции;



Рис. 3 – Чернобыльская АЭС

2. Липецк – металлургический комбинат (Рисунок 4)

26 января 2022 года трое рабочих отравились токсичными паром и газом в ходе осмотра межсекторного трубопровода на территории металлургического комбината. Работники не использовали газозащитную аппаратуру, необходимую для данного вида работ.



Рис. 4 – Metallургический комбинат (Липецк)
3. Саяно-Шушенская ГЭС (Рисунок 5)

17 августа 2009 года произошла авария на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции. В результате были повреждены девять гидроагрегатов, затоплен машинный зал и погибло 75 человек. Согласно итоговому докладу комиссии по расследованию, основной причиной катастрофы стало непринятие мер к оперативной остановке второго гидроагрегата и выяснения причин вибрации.



Рис. 5 – Саяно-Шушенская ГЭС

4. Дзержинск – завод имени Я.М.Свердлова с производством октагена (Рисунок 6)

27 ноября 2021 года на заводе имени Свердлова в Дзержинске Нижегородской области в двухэтажном производственном кирпичном здании цеха, где производят взрывчатое вещество октоген, произошло четыре взрыва с последующим обрушением и пожаром. Волжско-Окское управление Ростехнадзора выставило требование на временный запрет на эксплуатацию завода имени Свердлова в Дзержинске в связи с грубыми нарушениями требований промышленной безопасности.



Рис. 6 – Завод им. Я.М.Свердлова
5. Утечка брома в Челябинске (Рисунок 7)

5 марта 2021 года В Челябинской области на заводе в Златоусте прогремел взрыв. Погиб один человек – отец-одиночка, воспитывавший шестерых детей. Произошла разгерметизация баллона, объемом 50 литров без последующего горения.



Рис. 7 – Завод в Челябинске

3 ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

3.1 Модель датчика

Ниже представлены различные виды модели датчика контроля человеческого организма. Вид сбоку показан на Рисунке 8.

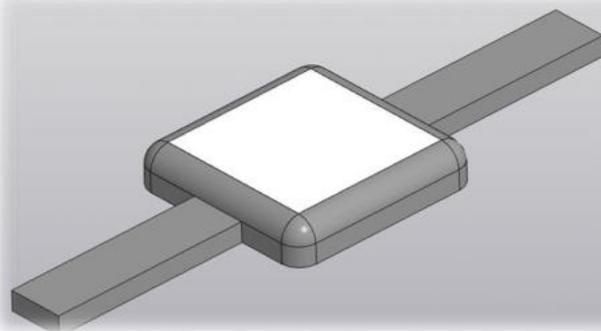


Рис. 8 - Вид сбоку

Вид сверху в момент, когда датчиком были зафиксированы сбои в организме, показано на Рисунке 9.

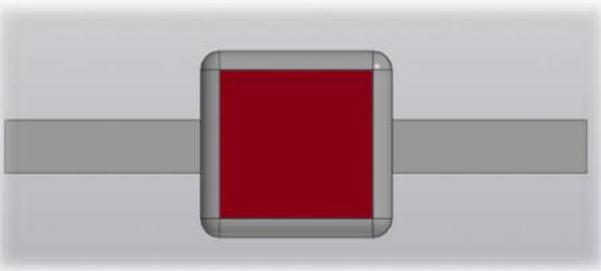


Рис. 9 - Вид сверху

3.2 Принцип работы

1. Пульс

Датчик измеряет пульс с помощью фотоплетизмографии [2]. Исходящий от датчиков свет попадает на кожу, и преимущественная часть поглощается тканями тела, а другая часть — отражается.

Часы могут измерять объём крови на основе зеленых светодиодов, которые проходят через запястье в каждую секунду. Благодаря тому, что кровь имеет красный цвет, она может отражать красный и при этом поглощать зелёный свет. При сердцебиении кровотока в запястье человека набирает обороты, также, как и объём поглощённого зелёного света. И напротив, в период между ударами уменьшается. Исходя из этого, светодиодами часы измеряют количество ударов сердечного органа в минуту, что называется пульсом.

В идеальном варианте, фотоплетизмограмма показывает данную информацию: пульс, вариабельность сердечного ритма, уровень кислорода в крови, максимальное потребление кислорода (VO_{2max}), частоту дыхания, артериальное давление.

Ниже на Рисунке 10 представлена схема прохождения импульса от излучателя через кожу к артерии, считывание информации и передача на датчик.

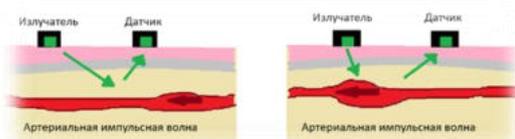


Рис. 10 - Схема прохождения импульса

2. Голод

Недостаток глюкозы в клетках оказывает влияние и вызывает возбуждение в пищевом центре, в результате появляется чувство голода [2]. В межклеточной жидкости содержится глюкоза, которая поступает в нее из крови. Именно в этой жидкости датчик и определяет концентрацию глюкозы. Датчик излучает специальные лазеры на кожу, свет которых с определенной длиной волны в местах, где интерстициальная жидкость (связующее звено между внутри клеточным и внутрисосудистым сектором) вытекает из капилляров, поглощается глюкозой и обрабатывается самим датчиком, в котором алгоритм определяет уровень сахара в крови.

3. Температура

Датчики для измерения температуры тела работают на основе инфракрасного излучения. Для этого встраивается термозлемент, который и улавливает инфракрасное излучение от тела, и далее превращает его в электрический сигнал. Сигнал подается на детектор, с помощью которого определяется температура тела [5]. Чем выше температура тела, тем соответственно интенсивнее будет инфракрасное излучение. В данном случае прибор распознает несоответствие запрограммированным показателям, после чего

показывает цифры больше или же меньше стандартным [5]. Применяется только ближний инфракрасный диапазон, поскольку он не рассеивается на поверхности кожи и проникает на подкожные структуры.

3.3 Калибровка датчика

Датчик запрограммирован на «критические параметры», при возникновении которых человек не является дееспособным, к примеру: отклонение от нормального артериального давления (в норме - 120/80 мм ртутного столба). Человек не может работать в полной мере при давлении 140/90 мм ртутного столба и при давлении 100/60 мм ртутного столба. При фиксировании датчиком отклонения в организме (высокого или низкого), сигнал передается по сети Wi-fi непосредственно на компьютер инженеру по охране труда. Далее специалист по охране труда обязан принять соответствующие меры. К примеру, отвести сотрудника в пункт медицинской помощи для устранения признаков плохого самочувствия.

Так же датчик может быть запрограммирован на данные «критические параметры»: температуры (согласно МР 3.1.0276-22 - 37,2°C и 35°C); уровня глюкозы (2,2-2,8 ммоль/л); частоты пульса (замедление сердечного ритма до 38–42 ударов в минуту, что может являться ранними признаками сердечной смерти, или учащение частоты сердечного пульса - больше 110–120 ударов в минуту, это состояние называется синусовой тахикардией, которое если не купировать, то имеется шанс перехода в фибрилляцию желудочков, что приводит к острой остановке сердца) [6].

Каждый датчик настраивается индивидуально под каждого работника. Устройству присваивают порядковый номер и отдают под роспись работнику. Таким образом инженер по охране труда на своем компьютере, заметив сигнал от датчика, сразу может понять у какого работника произошел сбой в организме. Так же это необходимо, когда тот или иной работник выполняет какие-то особо опасные виды работ и находится, например, на высоте или же в условиях повышенных температур.

3.4 Область применения

Браслеты с чувствительными датчиками необходимо использовать при выполнении работ повышенной опасности, выполняемых в условиях влияния неблагоприятных факторов (повышенной или пониженной температуры воздуха, содержания кислорода менее 18%). Так же использование браслетов рекомендовано применять при выполнении работ, связанных с повышенной психологической нагрузкой, вызывающей быстрое утомление. Можно использовать при выполнении работ с интенсивной физической нагрузкой (перемещение тяжестей, выполнение погрузочно-разгрузочных работ).

К таким работам можно отнести работы спасателей, пожарных, промышленных альпинистов, испытателей, шахтёров. А также работников предприятий, связанных с вредными и опасными условиями труда (повышенный шум, запылённость, загазованность, вибрация, ионизирующее излучение).

При выполнении вышеперечисленных видов работ датчик может зафиксировать повышенную температуру (например, при выполнении огневых работ), а также отклонение от нормальных и ранее запрограммированных параметров человека.

Как описывалось ранее, каждый датчик настраивается под индивидуальные параметры человека. Если же человек находится в условиях, где данные параметры могут измениться из-за выполняемого вида работ, датчик необходимо перепрограммировать, для этого необходимо выяснить критические параметры человека и привести в соответствии с теми условиями, в которых работает сотрудник.

Контроль самочувствия таких работников должен иметь приоритет у руководства организации, с целью недопущения ухудшения состояния работника при выполнении производственной нагрузки и как следствие возникновения инцидентов и аварийных ситуаций, связанных с человеческим фактором.

Необходимо принять во внимание, что ущерб от возможной аварии будет многократно превышать экономические затраты на внедрение браслетов контроля состояния здоровья.

3.5 Преимущества и недостатки

Преимущества:

- 1) Компактность, удобство в эксплуатации;
- 2) Возможность реагировать на изменение в состоянии работника;
- 3) Не сложное программное управление;
- 4) Универсальность;
- 5) Возможность использования одного браслета разными людьми;
- 6) Регулируемый силиконовый ремешок.

Недостатки:

- 1) В связи с выбором материала, невозможность эксплуатации при некоторых работах;
- 2) Необходимость обеспечения устойчивой беспроводной связи между браслетом и приёмником информации;
- 3) Сложность применения в условиях радиационного излучения из-за необходимости постоянной дезактивации после каждого использования браслета.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе было приведено теоретическое обоснование разработки по решению проблемы предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с «человеческим фактором» на производстве.

В мире инновационных технологий нельзя не

использовать возможность для создания улучшенных условий работы персонала. Это позволит избежать возникновения аварий и сохранить немало жизней.

В результате были достигнуто следующее:

1. разработана непосредственно модель датчиков;
2. был рассказан и объяснен механизм работы датчиков, которые измеряют температуру тела человека, давление, чувство голода и пульс;
3. проведен анализ преимуществ и недостатков прибора;
4. сформулированы необходимые требования для налаженной работы датчика [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СПС ГАРАНТ: Нормативно-правовая документация: сайт. – URL: <https://ivo.garant.ru/#/startpage:0> (дата обращения: 07.10.2024). Текст: электронный;
2. Публикации eLIBRARY: Исследование влияния температуры окружающей среды на показания пульсоксиметра: сайт. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50050782> (дата обращения: 27.05.2025). Текст: электронный;
3. Публикации eLIBRARY: Влияние смарт-часов с отслеживанием параметров на уровень физической активности: сайт. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49725776> (дата обращения: 20.05.2025). Текст: электронный;
4. Интернет ПЛЮС: Повышенное чувство голода: сайт. – URL.: <https://www.invitro.ru/library/simptom/24077/> (дата обращения: 13.04.2025). Текст: электронный;
5. Интернет ПЛЮС: Как работают бесконтактные термометры: сайт. – URL.: <https://www.techinsider.ru/editorial/791303-kak-rabotayut-beskontaktnye-termometry/> (дата обращения: 10.04.2025). Текст: электронный;
6. СМИ России и СНГ: Чем опасен замедленный и учащенный пульс: сайт. - URL.: <https://ren.tv/news/zdorove/945574-vrach-nazval-opasnyi-dlia-zhizni-puls-i-obiasnil-chto-s-etim-delat> (дата обращения: 19.03.2025). Текст: электронный;
7. Интернет ПЛЮС: Сборник тезисов: сайт. – URL.: https://integraciya.org/sborniki/op/OP_NTD_VV-2024-2.pdf (дата обращения: 20.05.2025). Текст: электронный.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Производственный травматизм является актуальной проблемой во всех странах мира, в том числе и в Российской Федерации. В работе представлены результаты анализа количественных показателей производственного травматизма на предприятиях Тверской области, рассмотрены причины возникновения несчастных случаев в организациях, занимающихся металлообработкой, которые привели к травмам, позиция работодателя, итоги расследования некоторых несчастных случаев. Предложены мероприятия по недопущению производственного травматизма и улучшению системы управления охраной труда на предприятии.

1. Введение

Производственный травматизм является важнейшим индикатором состояния условий и охраны труда на предприятии. Система управления охраной труда должна не только обеспечивать контроль за соблюдением требований охраны труда и состоянием условий труда на рабочих местах, но и обеспечивать анализ и оценку эффективности функционирования охраны труда, разработку мероприятий по улучшению функционирования системы управления охраной труда, а также проведение расследования и учет микротравм, несчастных случаев и профессиональных заболеваний на предприятии.

Цель данной работы – проанализировать статистику производственного травматизма и несчастные случаи на металлообрабатывающих предприятиях Тверской области для выявления основных ошибок и нарушений работодателя и работника при обеспечении безопасных условий труда.

В соответствии с поставленной целью в работе решается ряд задач:

1. Проанализировать количественные показатели несчастных случаев на металлообрабатывающих предприятиях Тверской области.

2. Выявить и оценить опасные производственные факторы на предприятиях, занимающихся металлообработкой.

3. Рассмотреть несчастные случаи, произошедшие на производстве, обстоятельства и основные нарушения, которые явились причинами получения работниками производственных травм.

4. Рассчитать экономический ущерб предприятия в связи затратами и потерями из-за несчастного случая на производстве.

2. Объект и предмет исследования

Объектом исследования является производственный травматизм на металлообрабатывающих предприятиях.

Предметом исследования является система нарушений трудового законодательства и законодательства об охране труда, повлекшие причинение вреда жизни и здоровью работников предприятия.

3. Методы исследования

Анализ нормативно-правовых документов в области труда и охраны труда, статистических данных производственного травматизма, опасных производственных факторов, описание несчастных случаев на производстве и процедуры их расследования, расчет и оценка экономического ущерба от производственного травматизма.

4. Статистика и факторы производственного травматизма

Согласно открытым данным, размещенных на официальном сайте Федерации независимых профсоюзов России, общее количество несчастных случаев по сравнению с 2022 г. возросло на 5,9 % в 2023 году, в том числе количество групповых случаев увеличилось на 10,2%, число случаев с тяжелым исходом увеличилось на 7%. Число несчастных случаев со смертельным исходом увеличилось на 1,3%. Согласно статистическим данным Государственной инспекции труда, в период с 2015 по 2023 год в Тверской области 1123 работника получили производственные травмы (в среднем 124 пострадавших в год). По данным Роструда в Российской Федерации за период с 2019 по 2023 год в обрабатывающем производстве наибольшее повышение уровня смертельного травматизма наблюдается при транспортировке и хранении с 12,7 % до 15,66 % от общего количества смертельных случаев по РФ, повышение составило 23,31 %.

Металлообрабатывающая промышленность относится к одним из самых травмоопасных отраслей.

Опасными зонами при выполнении работ по металлу являются:

- зона резания;
- зона выброса искр, абразивной пыли, стружки;
- зона подачи заготовки;
- зона нагрева обрабатываемой поверхности;
- зона вращения механизмов.

Опасными зонами при выполнении погрузочно-разгрузочных работ являются:

- зона движения транспортных средств и спецтехники;
- зона перемещения грузов;
- зона складирования грузов;
- зона работы грузоподъемных машин;

места пересечения маршрутов движения людей и техники.

Работа с тяжелым оборудованием, острыми инструментами, горячими заготовками создает высокие риски получения серьезных травм. Переломы, сотрясения, порезы, ушибы, переломы, ожоги – это лишь некоторые из травм, которые могут получить работники данных предприятий.

5. Результаты исследования

При расследовании несчастных случаев на производстве одной из самых частых причин получения работником производственной травмы устанавливается нарушение нормативных требований охраны труда при производстве работ мастером, начальником цеха, самим работником (не считая несчастные случаи, причинами которых явилось: неосторожность, невнимательность, ухудшение состояния здоровья пострадавшего, причинение вреда жизни и здоровью в результате противоправных действий третьих лиц и др.).

По выявленным нарушениям виновные лица привлекаются к административной ответственности по части 1 статьи 5.27.1 Кодекса РФ об административных правонарушениях за допущенные нарушения государственных нормативных требований охраны труда, содержащихся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, что влечет:

предупреждение или наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 2000 до 5000 рублей;

на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица - от 2000 до 5000 рублей;

на юридических лиц - от 50000 до 80000 рублей.

Стоит отметить, что это самое малое административное наказание из всех, которое предусмотрено в сфере охраны труда.

Рассмотрим несчастный случай (НС) на производстве.

Несчастный случай с работником произошел около сварочного стола производственного цеха в месте размещения заготовок. Сварочный стол относился к сварочному посту. В цехе осуществлялось напольное хранение готовых изделий высотой не более 1 м, ширина прохода между сварочным столом и местом хранения - 1,1 м.

В день несчастного случая пострадавший пришел на работу, переоделся, получил задание на смену от начальника цеха, после чего приступил к выполнению работ по подготовке к работе сварочных постов, принес расходные материалы для сварщиков, мелкие заготовки, косынки. Далее пострадавший начал подготовку поверхностей металла заготовок для последующей сварки. При зачистке поверхности монтажной детали пострадавшему понадобилась корщетка, которая лежала на соседнем сварочном poste. Пострадавший пошел между штабелем с балками и сварочным столом, случайно зацепил прокладку под

двухавровой балкой, и она вместе с другими металло материалами начала падать на работника.

Неподалеку от места несчастного случая работал электрогазосварщик, когда он услышал громкий звук и крик, поднял маску и понял, что придавило подсобного работника (пострадавшего) и сразу позвал на помощь. Работники убрали балку, которой придавило пострадавшего, и оказали ему первую помощь.

Причинами данного несчастного случая стало:

не соблюдение требований безопасности по размещению металло материалов (не осуществлены мероприятия по недопущению падения, опрокидывания, разваливания размещаемых грузов);

недостатки в изложении требований безопасности в технологической документации (в технологической карте погрузочно-разгрузочных работ, утвержденной на предприятии, отсутствовали сведения об указании мест размещения грузов, размеров проходов и проездов между штабелями, отсутствовали сведения о способе размещения грузов, а также не были обеспечены меры для исключения возможности падения грузов);

работодателем не обеспечена организация контроля за состоянием условий труда на рабочих местах;

работодателем не обеспечено функционирование системы управления охраной труда.

Лицами, ответственными за допущенные нарушения законодательных нормативных правовых, локальных нормативных актов, явившихся причинами несчастного случая, были установлены:

директор предприятия, который как работодатель не обеспечил безопасное выполнение работ при осуществлении технологических процессов, организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, функционирование системы управления охраной труда, проведение специальной оценки условий труда на рабочем месте работника, чем были нарушены требования 1, 3, 5 п. 4 Приказа Минтруда России от 28.10.2020 N 753н «Об утверждении Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов», п. 1 ч. 2 ст. 4, п. 1 ч. 1 ст. 17 Федерального закона от 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», абз. 2, 3, 12, 13, 23 ч. 3 ст. 214, 217 Трудового кодекса РФ;

начальник производственного цеха, который не проконтролировал правильность штабелирования металло материалов, допустил выполнение работ с технологической карты с недостаточными требованиями по выполняемой работе, не обеспечил функционирование системы управления охраной труда в структурном подразделении, чем были нарушены требования, 1, 9, 10 п. 105, п. 22 приложения, пп. 1, 6 п. 107, пп. 3 п. 110 Приказа Минтруда России от 28.10.2020 N 753н «Об утверждении Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов», абз. 5, 7 п. 2.3, абз. 4 п. 2.4, Должностной инструкции № 78 начальника цеха.

Экономические потери предприятия от несчастного случая подставлены в таблице:

Статьи расходов и потерь	Время, ч	Стоимость, руб.
Заработная плата пострадавшего в день НС	4	1400
Заработная плата отвлеченных от работы работников (2-х)	4	2000
Затраты на восстановление безопасности на месте происшествия (2 стропальщика)	6	3600
Упущенная прибыль предприятия		28000
Ущерб вследствие разрушения, порчи используемых материалов, сырья, полуфабрикатов и прочего	-	10600
Оплата работы членов комиссии – работников предприятия по расследованию НС на производстве (3-х человек)	20	10000
Проведение внеплановой специальной оценки условий труда	-	1350
Оплата медицинских процедур, лечения, медикаментов	-	16000
Итого	-	62950

Экономический ущерб предприятия от несчастного случая составил 62950 рублей.

6. Выводы по работе

Анализ статистики и причин производственного травматизма свидетельствует о стабильном наличии проблемы, основными причинами которой является невыполнение требований законодательства об охране труда участниками трудового процесса, а также недостаточное внимание работодателей к реконструкции и модернизации производства, соблюдению сроков проведения ремонта и замены устаревшего оборудования, применению надежных систем предупреждения и локализации аварий, недостаточно полный учет требований норм и правил охраны труда при проектировании производственного оборудования и технологических процессов.

Для снижения ущерба от производственного травматизма необходимо совершенствовать систему управления охраной труда металлообрабатывающих

предприятий Тверской области.

7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков А.В. Отраслевая структура занятости и уровень производственного травматизма в субъектах Российской Федерации // Социально-трудовые исследования. 2024. №2(55). С. 89-99.
2. Гилязов И.Ф., Фомина Е.Е. Определение доминирующих видов производственного травматизма // Безопасность жизнедеятельности. 2025. № 3(291). С. 9-14.
3. Sarybayeva I.E., Amanova G.D., Abikenova Sh.K., Attimova Sh.T. Analysis of economic losses from occupational injuries and occupational diseases // Statistic, Accounting and Audit. 2024. No 3(94). Pp.153-163.
4. Производственный травматизм / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации / rosstat.gov.ru: [сайт]. - URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения : 07.09.2025).
5. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: Федеральный закон № 195 - ФЗ от 30 дек. 2001 г. : принят Государственной Думой 20 дек. 2001 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : некоммерческая интернет-версия. - URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 11.09.2025).
6. Правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов : приказ Минтруда России от 28 нояб. 2020 г. № 753н. Текст: электронный // КонсультантПлюс: некоммерческая интернет-версия. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370924/ (дата обращения: 14.08.2025).
7. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федер. закон № 197-ФЗ от 30.12.2001 [принят Гос. Думой 21.12. 2001] (ред. от 28.12.2024) // КонсультантПлюс: некоммерческая интернет-версия. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 11.09.2025).

ИНТЕРАКТИВНЫЙ КВЕСТ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА: ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ «ЗАЩИТИ ГОРОД. МИССИЯ СИЗ»

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается применение интерактивного квеста как инновационного инструмента формирования культуры безопасности труда и повышения эффективности использования средств индивидуальной защиты (СИЗ) у студентов и молодых специалистов. На примере квеста «Защити город. Миссия СИЗ», реализованного в рамках Всероссийской недели охраны труда (ВНОТ) в 2025 году, проанализированы когнитивные, эмоционально-ценностные и поведенческие изменения у участников после прохождения восьми тематических станций, посвящённых вопросам охраны труда и правильного применения СИЗ. Исследование, в котором приняли участие более 120 человек, показало значительное повышение уровня знаний, мотивации и практической готовности соблюдать требования безопасности. Результаты подтверждают потенциал игровых форматов обучения для развития культуры безопасности и снижения профессиональных рисков в производственной среде.

Ключевые слова: культура безопасности, средства индивидуальной защиты, охрана труда, геймификация, интерактивное обучение

ВВЕДЕНИЕ

Формирование культуры безопасности труда является одной из приоритетных задач в системе управления охраной труда [1,2]. В условиях усложнения производственных процессов, роста технологических рисков и внедрения новых видов оборудования повышается значимость не только технических мер защиты, но и осознанного отношения работников к соблюдению требований безопасности.

Культура безопасности представляет собой совокупность знаний, ценностей и моделей поведения, направленных на предотвращение несчастных случаев и минимизацию профессиональных рисков. Эффективная система охраны труда должна воздействовать на все эти уровни: когнитивный (знания), эмоционально-ценностный (мотивация и отношение) и поведенческий (практическое применение).

Традиционные методы обучения (лекции, инструктажи, контрольные опросы) часто не обеспечивают необходимого уровня вовлечённости и не формируют устойчивых навыков [3]. Поэтому в последние годы всё большее распространение получают активные и интерактивные методы обучения, такие как деловые игры, тренажёры и образовательные квесты [4]. Эти подходы

позволяют не только передавать знания, но и развивать навыки безопасного поведения через моделирование производственных ситуаций

1 АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых, более эффективных инструментов формирования культуры безопасности труда, особенно среди молодого поколения — студентов, магистрантов и начинающих специалистов. В условиях, когда привычные формы инструктажей зачастую воспринимаются формально и не оказывают долгосрочного воздействия, применение интерактивных методов становится ключевым направлением развития системы охраны труда.

Целью настоящей работы является оценка эффективности интерактивного квеста как инструмента формирования культуры безопасности труда и совершенствования практик применения средств индивидуальной защиты.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на основе интерактивного квеста «Защити город. Миссия СИЗ», реализованного в рамках Всероссийской недели охраны труда (ВНОТ) в 2025 году. В мероприятии приняли участие более 120 человек, включая студентов высших учебных заведений и молодых сотрудников промышленных предприятий.

Квест включал восемь тематических станций, каждая из которых моделировала реальную производственную ситуацию и была направлена на развитие конкретных навыков:

- «Входной контроль» — проверка комплектности и исправности СИЗ;
- «Опасные опасности» — анализ нарушений и оценка рисков;
- «Что? Где? Риски!» — викторина по нормативным требованиям и понятиям;
- «О, маркировка» — сопоставление пиктограмм и значений маркировки СИЗ;
- «Центр подготовки памяти» — тренировка распознавания знаков и сигналов;
- «Обложка журнала СИЗ» — творческое закрепление правильного использования СИЗ;

- «На высоте» — практика работы со страховочной системой;
- «Примени СИЗ по правилам» — отработка правильного надевания комплектов СИЗ.

Оценка эффективности квеста проводилась с использованием анкетирования участников [5]. Опрос содержал 15 утверждений, распределённых по трём компонентам: когнитивному, эмоционально-ценностному и поведенческому. Ответы фиксировались по шкале Лайкерта (1–5).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Средние значения по вопросам

Результаты анализа анкет показали, что все показатели превышают 4,7 балла из 5, что свидетельствует о высокой оценке квеста участниками.

Когнитивный компонент — 4,74, что указывает на рост знаний и понимания опасностей.

Эмоционально-ценностный компонент — 4,82, демонстрируя высокий уровень вовлечённости.

Поведенческий компонент — 4,81, что подтверждает готовность применять знания на практике.

3.2. Сравнение компонентов культуры безопасности

Сравнительный анализ трёх компонентов показал, что наибольшее воздействие квест оказал на эмоционально-ценностный уровень, который составил 4,82. Это подчёркивает важность мотивационной составляющей в формировании культуры безопасности. (Рисунок 1).



Рисунок 1— Средние значения по компонентам культуры безопасности)

3.3. Распределение ответов

Большинство участников (более 80%) выбрали варианты «4» и «5», что подтверждает положительное восприятие и практическую значимость мероприятия (Рисунок 2).

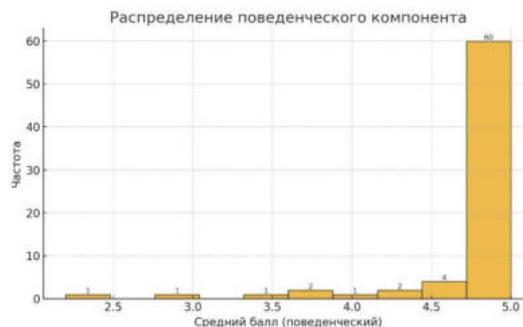


Рисунок 2 – Распределение ответов участников по шкале Лайкерта

3.4. Корреляционный анализ

Анализ зависимости между когнитивным и поведенческим компонентами выявил значительную положительную корреляцию (** $r = 0,65$; $p < 0,0001$ **). Это подтверждает, что рост знаний напрямую влияет на безопасное поведение (Рисунок 3).

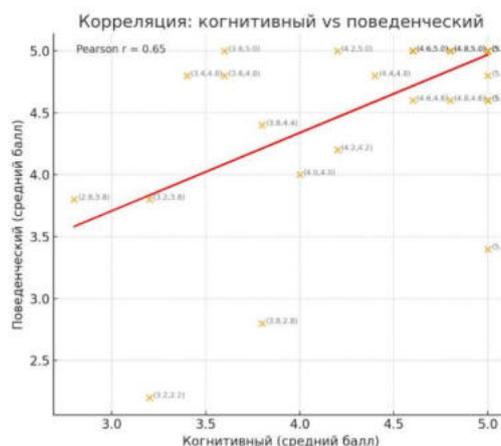


Рисунок 3 – Корреляция когнитивного и поведенческого компонентов

3.4. Итоги по результатам исследований

Полученные результаты подтверждают эффективность интерактивного квеста как инструмента формирования культуры безопасности. В отличие от традиционных методов, квест позволяет воздействовать одновременно на когнитивный, эмоционально-ценностный и поведенческий уровни [6]. Такой подход обеспечивает не только передачу знаний, но и формирование устойчивых моделей безопасного поведения.

Особенно важно, что применение квестового формата способствует развитию практических навыков использования СИЗ и осознанию их значения для предотвращения несчастных случаев. Это делает его перспективным инструментом в системе подготовки персонала и снижении профессиональных рисков на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Интерактивный квест «Защити город. Миссия СИЗ» доказал свою эффективность как средство формирования культуры безопасности труда: средние оценки участников превысили 4,7 из 5.
2. Установлена значимая положительная корреляция ($r = 0,65$) между знаниями и готовностью применять их на практике, что подтверждает ключевую роль обучения в формировании безопасного поведения.
3. Квестовый формат способствует развитию как когнитивной, так и эмоционально-поведенческой составляющей культуры безопасности, что делает его ценным инструментом в подготовке молодых специалистов и сотрудников предприятий.

Таким образом, внедрение интерактивных квестов в практику охраны труда может стать значимым направлением развития культуры безопасности и совершенствования применения средств индивидуальной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилов, А. Н. Формирование культуры безопасности труда: учебное пособие. — М.: Альфа-М, 2021.
2. Романова, Н. В. Современные подходы к обучению персонала вопросам охраны труда // Безопасность труда в промышленности. — 2022. — №6. — С. 14–20.
3. Яковлева, И. С., Чернышев, А. В. Методические основы формирования безопасного поведения работников. — СПб.: Питер, 2020.
4. Сафонов, С. Г. Интерактивные формы обучения охране труда: практика внедрения // Труд и социальные отношения. — 2021. — №4. — С. 78–83.
5. Белов, В. А. Анкетные методы в исследовании эффективности обучения персонала по охране труда // Охрана труда и техника безопасности. — 2022. — №5. — С. 33–39..
6. Руденко, В. П. Повышение эффективности обучения вопросам охраны труда на основе интерактивных методов // Технологии техносферной безопасности. — 2024. — №1. — С. 59–65.



Секция 4

Экологическая безопасность

Я.И. Артюков

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», филиал в г. Нижневартовске

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ (НИЖНЕВАРТОВСК КАК МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР)**АННОТАЦИЯ**

В проектной работе рассматриваются современные методы экологической экспертизы, применяемые в малых городах России на примере города Нижневартовск. Работа раскрывает специфику внедрения новейших инструментов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), общественного участия и цифровых платформ в условиях тесной взаимосвязи городской среды с предприятиями нефтегазовой отрасли региона. Подчеркивается необходимость совершенствования процедур экспертизы в ответ на рост промышленного воздействия и новые федеральные требования 2025 года.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**1.1. Введение**

Экологическая ситуация малых городов России представляет особую сферу научного интереса и практической значимости в контексте устойчивого развития территорий и обеспечения благоприятной среды жизнедеятельности населения. Нижневартовск, расположенный в центральной части Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, является характерным примером малого города, чья экологическая безопасность тесно связана с деятельностью крупных предприятий нефтегазовой отрасли и требует применения современных методов экологической экспертизы для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду. Специфика промышленности региона, где сосредоточены основные нефтедобывающие активы России, обуславливает необходимость постоянного мониторинга состояния атмосферного воздуха, водных объектов, почвенного покрова и разработки эффективных механизмов экологического контроля, способных своевременно выявлять и предотвращать экологические нарушения. В последние годы проблемы загрязнения окружающей среды в Нижневартовске приобрели особую остроту: зафиксированы случаи нелегального размещения буровых шламов, разливы нефтепродуктов в водоохраных зонах, превышение допустимых норм выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что привело к возбуждению уголовных дел, наложению крупных штрафов на нефтяные компании и вмешательству федеральных органов власти. Основными источниками экологических проблем города являются сжигание попутного нефтяного газа на факелах, испарение углеводородов с поверхности аварийных разливов и шламовых

амбаров, деятельность автотранспорта, а также накопление промышленных отходов, что требует комплексного подхода к оценке воздействия на окружающую среду и внедрения инновационных технологий экологического мониторинга. Современные методы экологической экспертизы, включающие цифровые платформы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), автоматизированные системы мониторинга, биоиндикационные исследования и общественное участие в процедурах экологической оценки, становятся критически важными инструментами для обеспечения экологической безопасности малых городов в условиях интенсивного промышленного развития. Актуальность исследования обусловлена также изменениями в российском законодательстве об экологической экспертизе, вступившими в силу в 2024-2025 годах, которые расширяют возможности общественного контроля, внедряют новые процедуры оценки экологических рисков и требуют адаптации существующих методик к специфике малых городов нефтегазовых регионов. Интеграция современных технологических решений в систему экологической экспертизы, развитие механизмов прозрачности и подотчетности перед пользователями, а также формирование эффективной системы взаимодействия между органами власти, бизнесом и общественностью являются ключевыми факторами для достижения устойчивого экологического развития Нижневартовска и других малых городов России с аналогичной промышленной специализацией.

1.3 Цель проведения исследования

Целью проведения исследования является комплексная оценка современных методов экологической экспертизы и анализ их эффективности при использовании в малых городах с развитой нефтегазовой промышленностью (на примере г. Нижневартовск) для обоснования направлений повышения экологической безопасности городской среды и минимизации негативного воздействия промышленных объектов на окружающую среду и здоровье жителей.

1.4 Задачи

Для достижения этой цели в работе поставлены задачи:

8. Провести анализ действующих нормативных актов, технологий и алгоритмов, используемых в экологической экспертизе малых городов, с учётом специфики нефтегазовой отрасли
9. Оценить эффективность современных инструментальных и цифровых методов мониторинга воздействия промышленных объектов на окружающую среду, выявить ключевые экологические риски для городской среды.

10. Разработать практические рекомендации по улучшению процедур экспертизы, интеграции инновационных технологий мониторинга и общественного участия для повышения прозрачности и качества экологического контроля в условиях промышленного развития города.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование базировалось на анализе и систематизации данных, находящихся в открытом доступе, без использования служебной информации ограниченного распространения или конфиденциальных документов. В качестве основных материалов исследования выступили нормативно-правовые акты федерального и регионального уровней, регулирующие проведение экологической экспертизы в России, включая Федеральный закон № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе», Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», административные регламенты Росприроднадзора по проведению государственной экологической экспертизы, а также нормативные документы Ханты-Мансийского автономного округа и города Нижневартовска. Для анализа современного состояния экологической ситуации в городе использовались официальные отчеты департамента экологии ХМАО-Югры, информационные материалы администрации Нижневартовска, находящиеся в публичном доступе, данные мониторинга состояния окружающей среды, опубликованные на официальных сайтах органов власти, а также аналитические материалы и публикации в региональных СМИ, освещающие экологические проблемы города и деятельность предприятий нефтегазовой отрасли. В работе применялся комплекс исследовательских методов, включающий сравнительно-правовой анализ для изучения особенностей российского и зарубежного законодательства об экологической экспертизе, системный анализ для выявления взаимосвязей между различными элементами экологической экспертизы в условиях малых городов, структурно-функциональный анализ для исследования организационных аспектов проведения экспертиз на федеральном и региональном уровнях, а также контент-анализ публикаций и документов для выявления тенденций развития методов экологического контроля. Изучение документооборота государственной экологической экспертизы осуществлялось на основе административных регламентов и методических документов Росприроднадзора, размещенных на официальных порталах ведомства, включая требования к составу документации, процедуры рассмотрения заявлений, критерии оценки воздействия на окружающую среду и порядок принятия решений. Для анализа практического применения методов экологической экспертизы в Нижневартовске изучались публично доступные материалы оценки воздействия на окружающую

среду (ОВОС) по крупным промышленным проектам, протоколы общественных обсуждений, заключения экспертных комиссий и решения органов власти по вопросам экологической безопасности, что позволило выявить специфику применения современных методов экспертизы в условиях интенсивного нефтегазового развития региона.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате комплексного анализа открытых документов и региональных источников установлено, что внедрение современных методов экологической экспертизы в Нижневартовске на примере одного из крупнейших нефтедобывающих предприятий — ПАО «Сургутнефтегаз» — обеспечивает системный мониторинг состояния окружающей среды вокруг всех производственных объектов: факельных установок, полигонов отходов, буровых площадок и локализации возможных аварийных выбросов. Вмешательство специалистов экологического мониторинга позволяет на всех этапах — от строительства до эксплуатации и рекультивации земель — осуществлять регулярный отбор проб атмосферного воздуха, снежного покрова, донных отложений, воды и почвы, а многолетние наблюдения формируют базу данных химико-аналитических исследований для своевременного выявления рисков. При этом используются аккредитованные лаборатории и цифровые платформы ведомственного экологического мониторинга, результаты которых размещаются на открытых ресурсах и доступны органам экологического надзора. Аналогичный подход применяют другие нефтегазовые компании региона, однако ключевое отличие современных экспертиз — интеграция автоматизированных систем анализа, ГИС-картирования территорий и мобильных приложений для оперативного взаимодействия между природопользователями, экспертами и местными органами власти. Итогом таких процедур становится прозрачная экологическая отчетность, оперативное реагирование на инциденты и публичный контроль за деятельностью предприятий, что существенно сокращает ущерб окружающей среде и способствует развитию принципов ESG и устойчивого развития. Практическая апробация инструментальных и цифровых методов экологической экспертизы выявила ряд нерешённых проблем: недостаток квалифицированных кадров, сложность обработки больших объемов данных, а также необходимость расширения участия независимых экспертов и общественных организаций для повышения объективности экспертизы. Тем не менее, на примере Нижневартовска и ПАО «Сургутнефтегаз» можно заключить, что внедрение современной системы мониторинга, апробация цифровых решений и публичная доступность экологической информации ведут к снижению негативного воздействия нефтегазовых предприятий, формированию новых

стандартов экологической безопасности для малых городов, связанных с крупной промышленностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные методы экологической экспертизы для малых городов, включающие автоматизированный мониторинг, открытые цифровые сервисы и интеграцию общественного участия, позволяют повысить прозрачность и качество контроля, своевременно выявлять риски для окружающей среды, а на примере нефтегазодобывающих предприятий Нижневартовска показано, что внедрение инновационных технологий мониторинга и регулярные независимые аудиты эффективно снижают уровень промышленного воздействия, тиражирование этих практик важно для устойчивого развития малых городов в регионах нефтегазовой отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 174-ФЗ от 23.11.1995 «Об экологической экспертизе» (ред. 2025).
2. Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (действующая редакция).
3. Экологическая экспертиза – что это, как проходит и как подготовить необходимые документы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://forest-save.ru>, 2024.
4. Особенности и порядок проведения экологической экспертизы в малых городах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kvadriga-eco.ru>, 2025.
5. Официальный сайт департамента экологии и природопользования ХМАО-Югры. Раздел «Мониторинг состояния окружающей среды» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eco.admhmao.ru>, 2025.
6. Экоактивисты обеспокоены сильным нефтяным загрязнением в Нижневартовске [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gorod3466.ru>, 2025
7. Как экологический мониторинг позволяет «Сургутнефтегазу» предотвратить воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sribuna.ru>, 2021.
8. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра: экологические показатели и развитие нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://crru.ru>, 2022.
9. Уведомление о проведении общественных обсуждений экологических проектов в г. Нижневартовск [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://n-vartovsk.ru>, 2025.
10. Прохождение государственной экологической экспертизы в Нижневартовске – Эко Консалт [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nizhnevartovsk.econsalt.ru/proxozhdenie-gosudarstvennoj-ekologicheskoy-ekspertizy>, 2021.

РЕИНЖИНИРИНГ СИСТЕМЫ КОМПРИМИРОВАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОДАВНОГО ГАЗА

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследуется проблема вовлечения низконапорного попутного нефтяного газа (ПНГ) в процессы утилизации на промышленных объектах. На основе анализа современных технологических решений предложен реинжиниринг системы компримирования газа, призванный обеспечить достижение нормативного уровня утилизации свыше 95%, сокращение непроизводительных потерь сырья и снижение экологического ущерба. В работе рассматриваются возможности внедрения вакуумных и винтовых компрессорных установок, цифровых средств мониторинга, автоматизации процессов сбора и подготовки газа, а также апробированы методы повышения экологической и экономической эффективности промышленных объектов нефтегазовой отрасли посредством интеграции низконапорного газа в общий хозяйственный цикл.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Введение

Попутный нефтяной газ (ПНГ) — один из наиболее ценных побочных продуктов нефтедобычи, который содержит широкий спектр углеводородов и может применяться как топливо, сырьё для химической промышленности и источник дополнительного дохода для предприятия. В современной нефтегазовой отрасли ведущими тенденциями становятся повышение экологической и экономической эффективности всех этапов добычи и переработки сырья. Основной драйвер развития инфраструктуры ПНГ — ужесточение стандартов по утилизации побочных газов: законодательство РФ требует утилизации не менее 95% образующегося ПНГ, а недостижение этого показателя чревато экономическими санкциями и потерей устойчивости бизнеса. При этом технологической проблемой остаётся вовлечение в хозяйственный цикл низконапорного газа, который исторически направляли на сжигание за ненадобностью, хотя именно этот ресурс способен существенно увеличить общий процент утилизации.

Цель проведения исследования

Рассмотреть возможности вовлечения низконапорного ПНГ в процесс утилизации и повысить процент его полезного использования за счёт реинжиниринга (технологической реконструкции) систем компримирования на промышленных объектах.

Задачи

Для достижения этой цели в работе поставлены задачи:

1. Проанализировать существующие инженерные решения и структуры компрессорных станций на промыслах для сбора и подготовки низконапорного газа, выявить узкие места и ограничения, препятствующие 95%-ной утилизации ПНГ.

2. Оценить эффективность современных технологий компримирования (вакуумные, винтовые, поршневые компрессоры, системы автоматизированного управления), подобрать оптимальную схему для интеграции на действующие объекты.

3. Разработать алгоритм по выбору оборудования, организацию техобслуживания, цифровизации мониторинга состава и параметров газа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основных материалов для исследования использованы действующие технологические регламенты, стандарты качества и нормативные требования к компрессорному оборудованию для работы с низконапорным ПНГ, включая ГОСТ 5542-2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения», правила технической эксплуатации магистральных газопроводов, а также техническая документация и проектные решения по модернизации компрессорных станций на российских месторождениях (Биттемское, Вынгапуровское, Советское месторождения). Исследование базировалось на анализе технических характеристик дожимных (ДКУ) и вакуумных (ВКУ) компрессорных установок различных производителей, включая винтовые маслозаполненные компрессоры, поршневые агрегаты, системы автоматизированного управления и контроля параметров газа. Для оценки эффективности различных технологических решений применялись методы термодинамического моделирования процессов компримирования газа в специализированном программном обеспечении, позволяющем создавать теоретические модели поведения газовых смесей при заданных условиях температуры и давления, а также расчеты фазового равновесия по уравнению концентрации для определения оптимальных режимов работы оборудования. Анализ состава и свойств низконапорного ПНГ проводился на основе данных хроматографического анализа газа последних ступеней сепарации нефти с учетом изменения компонентного состава, плотности (до 1700 г/м³), содержания углеводородов C₃+ (до 1000 г/м³) и других критических параметров, влияющих на

выбор технологической схемы компримирования. Методология исследования включала сравнительный анализ различных типов компрессорных установок по критериям энергоэффективности, надежности, стоимости эксплуатации и соответствия требованиям промышленной безопасности, а также оценку влияния климатических факторов (температуры до -60°C), коррозионной активности газа (высокое содержание H₂S) и удаленности объектов на выбор конструктивных решений и материалов. Экономическое обоснование проектных решений осуществлялось на основе расчета капитальных и операционных затрат, анализа окупаемости инвестиций в компрессорное оборудование, а также оценки экологических и социальных эффектов от повышения уровня утилизации ПНГ до нормативных 95% в соответствии с требованиями российского законодательства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате исследования установлено, что в ходе реинжиниринга системы компримирования на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) были достигнуты значимые результаты по комплексной утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ). На примере Южно-Приобского, Салымского и Вынгапуровского месторождений выявлено, что применение современных технологических решений (вакуумных и винтовых компрессорных установок, автоматизированных систем управления, цифровых платформ мониторинга) позволило довести уровень утилизации ПНГ в регионе до 95,5% — этот показатель превышает мировые стандарты и соответствует целевым нормативам российского законодательства. Комплексная модернизация инфраструктуры — строительство новых газоперерабатывающих заводов, ввод дополнительных дожимных станций, организация разветвленной сети газопроводов протяженностью более 2,5 тыс. км — обеспечила вовлечение низконапорного газа, ранее сжигаемого на факелах, в технологический и хозяйственный цикл. Например, оборудование Южно-Приобского ГПЗ, рассчитанного на переработку 900 млн кубометров ПНГ в год (партнерские проекты «Газпром нефти» и «СИБУРа»), успешно интегрирует низконапорный газ в общий поток сырья, что подтверждается результатами лабораторного мониторинга и финансовым эффектом от сокращения потерь на сжигание. Экологические показатели региона демонстрируют снижение выбросов загрязняющих веществ почти на 50% за последние три года, а предприятия отмечают рост доходности благодаря оптимизации расходов и расширению газохимической переработки. Практика модернизации компрессорных станций на месторождении имени Лазарева и Салымском месторождении показала эффективную интеграцию автоматизированных систем контроля, быстродействующих клапанов и датчиков кислорода

— это повысило безопасность технологических процессов и позволило оптимизировать эксплуатационные расходы за счет снижения простоев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе реинжиниринга системы компримирования на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) были достигнуты значимые результаты по комплексной утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ). На примере Южно-Приобского, Салымского и Вынгапуровского месторождений выявлено, что применение современных технологических решений (вакуумных и винтовых компрессорных установок, автоматизированных систем управления, цифровых платформ мониторинга) позволило довести уровень утилизации ПНГ в регионе до 95,5% — этот показатель превышает мировые стандарты и соответствует целевым нормативам российского законодательства. Комплексная модернизация инфраструктуры — строительство новых газоперерабатывающих заводов, ввод дополнительных дожимных станций, организация разветвленной сети газопроводов протяженностью более 2,5 тыс. км — обеспечила вовлечение низконапорного газа, ранее сжигаемого на факелах, в технологический и хозяйственный цикл. Например, оборудование Южно-Приобского ГПЗ, рассчитанного на переработку 900 млн кубометров ПНГ в год (партнерские проекты «Газпром нефти» и «СИБУРа»), успешно интегрирует низконапорный газ в общий поток сырья, что подтверждается результатами лабораторного мониторинга и финансовым эффектом от сокращения потерь на сжигание. Экологические показатели региона демонстрируют снижение выбросов загрязняющих веществ почти на 50% за последние три года, а предприятия отмечают рост доходности благодаря оптимизации расходов и расширению газохимической переработки. Практика модернизации компрессорных станций на месторождении имени Лазарева и Салымском месторождении показала эффективную интеграцию автоматизированных систем контроля, быстродействующих клапанов и датчиков кислорода — это повысило безопасность технологических процессов и позволило оптимизировать эксплуатационные расходы за счет снижения простоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компримирование низконапорного ПНГ — Технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru>, 2025.
2. Попутный газ последних ступеней сепарации. Особенности подготовки и компримирования [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://runep.ru>, 2025.

3. ЭНЕРГАЗ: опыт подготовки и компримирования низконапорного ПНГ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru>, 2020.
4. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения.
5. Уровень утилизации попутного нефтяного газа в Югре превысил 95% [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tass.ru>, 2025.
6. Уровень утилизации попутного нефтяного газа в ХМАО составляет 95,5% [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://interfax-russia.ru>, 2025.
7. IV Глобальный форум Всемирного банка «Решения по утилизации ПНГ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://admugansk.ru>, 2025.
8. Газпром нефть в 15 раз повысила эффективность утилизации ПНГ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sdelanounas.ru>, 2014.
9. Состояние окружающей среды на территории Югры за 2021 год // Доклад Росприроднадзора ХМАО.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ПОВЕРХНОСТНОМ ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ

АННОТАЦИЯ

В работе разработана трехмерная математическая модель распространения примесей при сбросе сточных вод в искусственный канал трапецидального сечения с применением методов вычислительной гидродинамики. Исследовано влияние конструкции выпуска на процессы смещения и разбавления загрязняющих веществ. Исследовано, как конфигурация водовыпуска существенно влияет на формирование зоны смещения. Разработанная модель может быть использована для проектирования водовыпускных сооружений, оптимизации режимов сброса сточных вод и проведения экологической оценки воздействия на водные объекты в соответствии с требованиями природоохранного законодательства.

1. ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные ресурсы являются критическим компонентом экосистем и основой экономического развития. Интенсивное использование водных объектов для сброса сточных вод создаёт риски их деградации из-за токсического, биогенного и термического загрязнения.

Целью работы является разработка верифицированной математической модели распространения загрязнений при сбросе сточных вод в поверхностный водный объект на базе методов вычислительной гидродинамики.

Актуальность данной работы заключается в том, что сточные воды сами по себе представляют собой один из наиболее масштабных и экологически значимых видов антропогенного воздействия на гидросферу. Их образование является неизбежным следствием хозяйственной деятельности человека, а сброс в поверхностные водные объекты – ключевым фактором, определяющим качество водных ресурсов, состояние водных экосистем и возможности их хозяйственного использования.

Практическая значимость заключается в том, что разработанная модель может быть использована:

- При проектировании рассеивающих выпусков сточных вод;
- В процедурах экологической оценки воздействия на водные объекты;
- Для оптимизации режимов эксплуатации каналов.

2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Каналы – это искусственно созданные водные пути. Воздействие канала на среду не ограничивается его руслом. Как и вокруг водохранилищ, вдоль каналов формируются зоны влияния. Полоса гидрогеологического влияния связана с неизбежной фильтрацией воды через дно и стенки канала в окружающие грунты, а также с

риском переливов воды через берега. Это приводит к подтоплению территорий, изменению уровня грунтовых вод и химического состава почвенных вод на прилегающих участках. Особенно сложные взаимодействия возникают там, где канал пересекает естественную сеть постоянных или временных водотоков (ручьи, балки)[1].

Гидротехнические каналы проектируются с разными формами поперечного сечения, выбор которых зависит от назначения канала, типа грунта, гидравлических требований и эксплуатационных условий.

Симметричное трапецидальное поперечное сечение – наиболее распространённая форма, где боковые стенки наклонены под углом к основанию. Угол наклона (коэффициент заложения откосов, m) определяется устойчивостью грунта: для скальных пород: $m = 0–0.5$; для глинистых грунтов: $m = 1.0–1.5$; для песчаных грунтов: $m = 2.0–3.0$. Преимущества такого сечения заключаются в устойчивости к размыву, благодаря наклонным стенкам, и в простоте строительства на рыхлых грунтах. Недостатки: большая площадь земляных работ. Схема трапецидального сечения представлена на рисунке 1, где: b – ширина канала по дну; h – глубина наполнения; m – коэффициент заложения откосов[2].

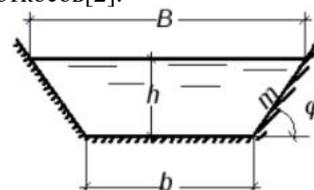


Рисунок 1 — Симметричное трапецидальное поперечное сечение канала

3. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Математическое моделирование представляет собой фундаментальный метод исследования, при котором реальный объект (явление или процесс) замещается его формализованным представлением — математической моделью. Эта модель описывает ключевые характеристики объекта с помощью математического языка: уравнений, формул, функций и других абстрактных конструкций. Дальнейшее изучение модели осуществляется посредством вычислительных алгоритмов, реализуемых на компьютерах в виде специализированного программного обеспечения.

К основным преимуществам данного подхода относятся: точная воспроизводимость, гибкость и экономичность, эффективность по времени.

Роль математического моделирования в изучении сложных объектов и динамических процессов постоянно усиливается. Математика, в совокупности с вычислительной техникой, выступает универсальным и мощным инструментом анализа и прогнозирования в современных научных исследованиях и инженерных разработках[3].

3.1. Постановка задачи и математическая постановка

Для исследования создается гидродинамическая модель распространения сточных вод в поверхностном водном объекте, имеющим трапецидальное сечение. Точечный водовыпуск имеется в различных вариациях: со стенок модели в трех различных положениях относительно глубины канала, а также варианты водовыпусков с выступающей с поверхности стенок трубой в двух положениях относительно глубины канала.

Таким образом, получается шесть различных вариаций (Case №1 – Case №6) одного кейса с одинаковыми начальными и граничными условиями, но разной геометрией водовыпуска. Чтобы провести сравнительный анализ и сделать выводы были созданы: береговой, среднеглубинный и придонный, а также три варианта выпуска с трубой, выступающей на разную ширину относительно ширины канала. И также еще два кейса с потоком атмосферного воздуха (ветра), чтобы оценить влияние дополнительных условий.

Все манипуляции производились в следующих программных обеспечениях в зависимости от этапа процесса: для разработки геометрии модели и расчетной сетки использовалась программа Salome, для реализации – OpenFoam, а для визуализации процесса Paraview.

Сам процесс создания рабочей модели можно охарактеризовать тремя этапами.

Первый этап, он же этап «pre-processing», включает в себя два раздела: создание самой модели (Geometry) и создание расчётной сетки (Mesh). Модель может быть как и 1D, так и 2D, и 3D. В нашем случае рассматривается 3D модель.

Второй этап – «processing». На данном этапе задаются все начальные и граничные условия для нашей модели, а также этап включает в себя непосредственно подготовку самой модели.

Третий этап: заключающим этапом здесь будет «post-processing», в котором происходит непосредственно визуализация готовой модели и расчётов, а также обработка полученных данных.

В системе OpenFOAM пользователи обладают значительной гибкостью при формировании своей инструментальной цепочки для вычислительной гидродинамики[4].

IntermixingFoam — это решатель, специально разработанный для моделирования переходных процессов с участием трёх несжимаемых изотермических жидкостей, две из которых смешиваются (например, жидкости А и В), а третья (жидкость С) остаётся несмешивающейся. Он подходит как для ламинарных, так и для турбулентных потоков, работая с различными

жидкостями, в том числе ньютоновскими и неньютоновскими. Он использует подход «Объём жидкости» (VoF) для точного определения границы раздела между жидкостями. Решатель подходит для случаев, когда особый интерес представляет поведение границы раздела между двумя жидкостями (например, водой и воздухом). Таким образом, он расширяет возможности решателя interFoam. Этот решатель идеально подходит для анализа смешивания двух жидкостей в открытых резервуарах и обычно используется для анализа смеси двух фаз при отсутствии третьей несмешивающейся фазы.

Основные уравнения модели включают[5, 6]:

1. Уравнение неразрывности (массовый баланс) описано формулой (1):

$$\nabla \cdot U = 0. \quad (1)$$

Уравнение, гарантирующее сохранение массы для несжимаемого потока. Это уравнение реализовано через коррекцию потока в процедуре correctPhi.H.

2. Уравнения переноса фаз для объёмных долей.

а) Для несмешивающейся фазы (α_3):

$$\frac{\partial \alpha^3}{\partial t} + \nabla \cdot (U \alpha^3) + \nabla \cdot (U_{\text{comp} \alpha}^3 (1 - \alpha^3)) = 0, \quad (2)$$

где U_{comp} – компрессионная скорость, сохраняет резкость интерфейса.

Решается методом MULES для предотвращения численной диффузии.

б) Для смешивающихся фаз (α_1):

$$\frac{\partial \alpha^1}{\partial t} + \nabla \cdot (U \alpha^1) = \nabla \cdot (D \nabla \alpha^1), \quad (3)$$

где D – коэффициент диффузии между фазами.

Объёмная доля второй смешивающейся фазы α_2 вычисляется как: $1 - \alpha^1 - \alpha^3$.

3. Уравнение импульса:

$$\frac{\partial (\rho U)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U U) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau + \rho g + F_{\sigma}, \quad (4)$$

где $\tau = \mu (\nabla U + (\nabla U)^T)$ – вязкие напряжения;

$F_{\sigma} = \sigma \kappa \nabla \alpha^3$ – сила поверхностного натяжения по модели CSF;

$\kappa = -\nabla \cdot (\nabla \alpha_3 / |\nabla \alpha_3|)$ – кривизна интерфейса.

4. Уравнение для давления:

$$\nabla \cdot \left(\frac{1}{A_p \nabla p} \right) = \nabla \cdot \left(\frac{H}{A_p} \right), \quad (5)$$

где A_p – диагональные коэффициенты матрицы импульса,

H – недиагональные члены и источники.

После решения выполняется коррекция скорости:

$$U = H A_p - 1 A_p \nabla p. \quad (6)$$

5. Расчёт свойств смеси:

Плотность ($\rho = \alpha_1 \rho_1 + \alpha_2 \rho_2 + \alpha_3 \rho_3$) и динамическая вязкость ($\mu = \alpha_1 \mu_1 + \alpha_2 \mu_2 + \alpha_3 \mu_3$) вычисляются как средневзвешенные по объёмным долям и обновляются после решения уравнений переноса фаз.

Решатель interMixingFoam базируется на ряде ключевых упрощающих допущений, которые существенно снижают вычислительную сложность

задачи при сохранении физической релевантности для определённого класса задач:

1. Все фазы моделируются как несжимаемые;
2. Одним из главных допущений будет являться то, что сточные воды обладают нейтральной плавучестью по отношению к основному потоку, следовательно, их плотности равны;
3. Система считается изотермической, что подразумевает постоянство температуры во времени и пространстве, исключает уравнения энергии и позволяет считать физические свойства (вязкость, поверхностное натяжение) постоянными, не зависящими от температурных условий;
4. Поверхностное натяжение учитывается только на границе между газовой фазой и жидкой смесью, в то время как взаимодействие между самими смешивающимися жидкостями игнорируется;
5. Модель не учитывает фазовые переходы — испарение, конденсацию, кристаллизацию или растворение, ограничивая массообмен только диффузионными процессами.

Pre-processing

На этом этапе происходит создание геометрии модели и создание расчетной сетки с использованием утилиты Salome.

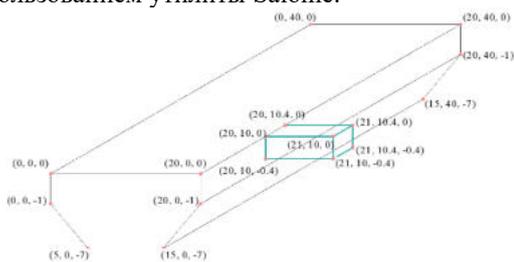


Рисунок 2 — Схема геометрии модели с координатами вершин

После успешного построения геометрии модели (рис. 2) можно приступать к созданию сетки (Mesh)(рис. 3).

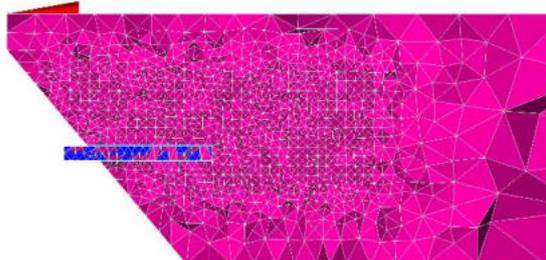


Рисунок 3 — Пример сечения модели с готовой расчетной сеткой для одной из вариаций кейса (с вытянутой трубой).

Processing

На данном этапе происходит создание рабочего кейса, его модификации, задание начальных и граничных условий.

Сам кейс представляет из себя адаптированный под требуемую задачу и условия каталог.

На данном этапе прописываем начальные и граничные условия для расчетов исследуемой модели и оценки результатов.

Для исследуемого объекта были заданы следующие параметры:

1. постоянная скорость основного потока в канале $U_{\text{поток}} = 0.05$ м/с по оси OY;
2. постоянная скорость распространения загрязняющего вещества $U_{\text{зв}} = 0.04$ м/с по оси OX.

Когда кейс переработан под исследуемую задачу, то можно приступать к запуску расчётов. По заданным условиям в кейсе создаются отдельные папки с временем от 0 до 702 секунд с интервалом записывания каждые 3 секунды.

Post-processing

По завершении всех манипуляций и расчётов мы приступаем к запуску модели и непосредственно к программной реализации через программное обеспечение ParaView.



Рисунок 4 — Визуализация процесса для Case №1

Если отобразить видимость потока сточных вод, воспользовавшись функцией («Generate isolines or isosurfaces») с помощью которой создаются слои (изоповерхности) и, помимо этого, добавим отображение линий тока для скорости основного потока (StreamTraker), то тогда получим наглядную визуализацию скорости потока до и после сброса сточных вод, после которых скорость основного потока изменяется и образуются вихри (рис. 5).

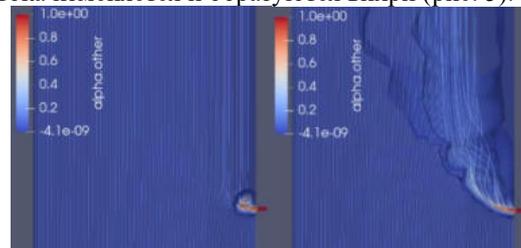


Рисунок 5 — Визуализация Case №1 с слоями сточных вод и линиями тока скорости основного потока

Помимо изменений конфигурации выпуска был создан кейс с измененными начальными условиями, а именно со скоростью воздуха на верхней грани равными 1 м/с и 15 м/с (рис. 6).

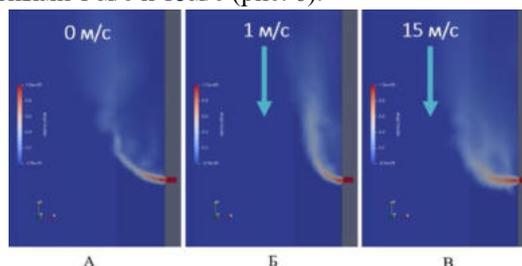


Рисунок 6 — Сравнение трех одинаковых моделей с разными параметрами скорости атмосферного воздуха, где: А – базовый Case №1 с отсутствием скорости воздушного потока; Б – Case №1 с заданной скоростью

потока 1 м/с; В – Case №1 с заданной скоростью потока 15 м/с.

При скорости ветра 1 м/с наблюдается формирование прибрежной струи с концентрированным распространением загрязнений вдоль береговой линии (эффект дрейфового течения). А усиление ветра до 15 м/с способствует интенсивному поперечному переносу, приводящему к дисперсии загрязняющих веществ на большее расстояние от места сброса и увеличению площади зоны влияния.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модель предоставляет научно обоснованный инструмент для прогнозирования зон загрязнения, оценки соблюдения нормативов (НДС) и расчета рисков для водных экосистем, что критически важно для экологической экспертизы проектов.

Модель позволяет исследовать влияние гидравлических параметров (скорость основного потока, расход сброса) на распространение загрязнений, что может быть использовано для управления сбросами в различных гидрологических условиях.

Путем сравнения установлено, как конфигурация водовыпуска существенно влияет на динамику распространения и разбавления сточных вод, а оценка влияния дополнительных условий дала понять, как влияет поток атмосферного ветра на зону распространения и разбавления. Показано, что русловые выпуски с трубами, выдвинутыми в поток, обеспечивают более эффективное начальное разбавление по сравнению с береговыми выпусками, непосредственно сбрасывающими стоки со стенки канала. Выявлено, что положение берегового выпуска по глубине (у поверхности, в толще, у дна) также значимо влияет на формирование зоны смешения и распределение концентраций.

4.1. Перспективы дальнейших исследований

Модель разработана с учетом ряда определенных допущений, поэтому в дальнейшем рассматриваемая предметная область обладает значительным потенциалом для научного развития. Гибкость программной платформы OpenFOAM позволяет преодолеть ограничения стандартных решателей посредством разработки специализированных вычислительных модулей, адаптированных к специфике конкретных физических процессов.

Одним из приоритетных направлений представляется интеграция температурного фактора — моделирование термодинамических характеристик как основного потока, так и сточных вод, а также учет температурной стратификации водного объекта. Исследование пространственно-временной динамики температурных полей и их влияния на процессы разбавления способно существенно углубить понимание механизмов теплопереноса в водных системах.

Перспективным является также моделирование влияния солёности (минерализации), особое значение имеет учет дифференциации плотностных

характеристик взаимодействующих сред, учет концентрации специфических компонентов, включая взвешенные частицы минерального происхождения (песок, шлаки) и углеводородные фракции (т.е. нефтепродукты).

Отдельное направление составляет оптимизация геометрического моделирования. Вариативность конфигураций водовыпускных сооружений, добавление нестационарных источников сброса, морфодинамика русловых процессов и учет батиметрических особенностей водных объектов открывают возможности для исследования пространственной неоднородности процессов смешения.

Таким образом, формируется методологическая основа для создания многопараметрических цифровых двойников гидрологических систем, объединяющих физико-химические и морфодинамические аспекты. Последовательное расширение функциональности вычислительных моделей через разработку специализированных решателей представляет стратегическое направление, сочетающее фундаментальные исследования процессов массопереноса с решением прикладных экологических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.М. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. Учебник. Орлов В.Г. / Владимиров А.М., Орлов В.Г. – СПб : РГГМУ, 2009. – 220 с.
2. Приказ Минстроя России от 16.12.2016 N 954/пр "Об утверждении свода правил «Водопропускные гидротехнические сооружения (водосбросные, водоспускные и водовыпускные). Правила проектирования».
3. Кузина В.В. Математическое моделирование в задачах мониторинга состояния водной среды: моногр. / Кузина В.В., Кошев А.Н. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 144 с.
4. Mohammadian, A. Numerical Simulation of Effluent Discharges: Applications with OpenFOAM. Numerical Simulation of Effluent Discharges / A. Mohammadian, H. K. Gildeh, X. Yan. – 1. – Boca Raton : CRC Press, 2023. – URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781003181811> (date accessed: 28.09.2025). – Text : electronic. – ISBN 978-1-003-18181-1.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1 / Седов Л.И. – Москва : Наука, 1970. – 492 с.
6. Самарский, А. А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. Самарский А.А., Михайлов А.П., 2001 / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – 2. – Москва : Физматлит, 2001. – 320 с. – ISBN ISBN 5-9221-0120-X.

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ КОРМА КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ АСПЕКТ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНОГО

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты по оценке качества и безопасности комбикормов для лошадей на примере 4 образцов торговой марки «Биотех-Ц»: «Импульс Юниор» (образец № 1), «Девясил» (образец № 2), «Подорожник» (образец № 3) и «Витаминно-травяная мука с иммуномодулирующим, бронхолегочным, противовоспалительным действием» (образец № 4). Определены их органолептические, физико-химические, микробиологические, радиологические показатели отобранных для исследования комбикормов.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Качество кормовой базы является ключевым фактором, которое определяет эффективность производства животноводческой продукции, а также безопасность продуктов питания для человека. Влияние внешних факторов на качество корма приобретает особую значимость при изучении безопасности населения в продовольственной сфере.

1. КОРМЛЕНИЕ ЖИВОТНОГО КАК ВАЖНЫЙ АСПЕКТ ЕГО ПРОДУКТИВНОСТИ

Правильное и полноценное кормление считается важнейшим фактором нормальной жизнедеятельности организма, поддержания здоровья животного, а также производства продукции. Например, результаты производства молока на 50-55% определяются кормлением, ввиду этого животным необходимо скармливать доброкачественные и хорошо подготовленные корма.

Недостаточное по общему уровню питания, протеину, жиру, углеводам, минеральным веществам и витаминам кормление делает его неполноценным. При длительном недостатке в корме необходимых для жизни веществ у животных развиваются различные внутренние незаразные болезни.

Многочисленные болезни из-за недостаточного питания резко снижают продуктивность животных, сокращают продолжительность хозяйственного использования.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОРМЛЕНИЯ

Хорошая кормовая база - необходимое условие успешного развития животноводства. Важно количество и качество кормов, содержание в нем

питательных веществ и соответствие санитарно-гигиеническим требованиям. Полноценное кормление животных достигается, когда рацион покрывает все потребности организма в питательности и в легкоусвояемости, при этом создает условия для проявления максимальной продуктивности, воспроизводительной способности, а также обеспечивает устойчивое здоровье и правильное проявление у животного физиологических функций.

Недоброкачественные корма отличаются содержанием в них вредных, ядовитых и токсических веществ, снижающих питательность, кроме того вызывающих кормовые заболевания и отравления животных.

Такие корма являются причиной многих незаразных заболеваний, снижают устойчивость и иммунологическую реактивность организма животного к инфекционным заболеваниям.

3. ВИДЫ НЕДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ КОРМОВ ПО ИСТОЧНИКУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

3.1 Механические примеси

Загрязнение механическими примесями. Довольно часто в грубых, зерновых, мучнистых и других кормах. Обнаруживают землю, песок и ил. Загрязнение этими примесями сильно снижает качество кормов и иногда приводит к полной непригодности их для скармливания. Такие корма засоряют пищеварительный тракт животных и вызывают тяжело протекающие желудочно-кишечные заболевания.

У животных, поедающих корм в ненадлежащем виде, возникает потеря аппетита, стресс, что является причиной снижения удоев. В следствие нарушения обмена веществ, ухудшается качество молока – снижается жирность, ухудшаются вкусовые качества, уменьшается биологическая ценность, а также ухудшается качество мяса - снижается срок хранения, уменьшается пищевая ценность. У птиц снижается яйценоскость, ухудшается качество яиц.

Обнаруживают примеси визуально, с помощью просеивания, лабораторным анализом состава. Для предупреждения появления примесей необходимо соблюдать правила заготовки кормов, правильные условия хранения, регулярный осмотр мест хранения.

3.2 Амбарные вредители

Корма также могут поражаться амбарными вредителями: насекомыми, грызунами. Амбарные вредители уничтожают запасы кормов, в том числе питательные вещества, превращая их за счет своих метаболитов в опасные продукты, а иногда даже и в ядовитые. Выделяя экскременты и оказывая влияние на состав кормов, они способствуют развитию, росту и размножению различных микроорганизмов.

Последствия поражением вредителей потеря веса, развитие плесени и грибков, появление токсичных веществ. Для животных последствия проявляются в желудочно-кишечными расстройства, отравления, снижается иммунитет.

Для предупреждения поражения вредителями проводят дезинсекцию хранилищ, сортировку и очистку кормов, соблюдают условия хранения.

3.3 Грибы и микробы

Кормовые средства в дождливую погоду, при неправильном хранении часто поражаются грибной флорой и бактериями. Такие корма нередко служат причиной тяжелых массовых заболеваний и падежа животных. Вредные свойства кормов, пораженных грибной и другой микрофлорой, связаны с образованием токсических веществ, выделяемых грибами, накоплением продуктов распада питательных веществ корма, а также со способностью некоторых видов грибов при поступлении в организм с кормом и воздухом паразитировать в тканях и органах животного.

Поедая корма, пораженные грибами, животное теряет привес, у него падает удой, ухудшается качество продукции, нарушаются репродуктивные функции, может увеличиться заболеваемость.

Во избежание появления микробов и грибов необходимо контролировать влажность при хранении, соблюдать температурный режим, а также проводить проверку кормов на наличие плесени.

3.4 Загрязнение минеральными и синтетическими ядами

Большую опасность для здоровья животных представляют различные ядохимикаты и минеральные удобрения. Небрежное хранение и неправильное использование ядохимикатов может быть причиной загрязнения кормов, воды, воздуха. Пестициды разрушаются очень медленно и могут накапливаться в растениях, организме животных, рыб и пчёл. Все это представляет опасность и для человека, так как с продуктами питания в его организм могут поступать и ядовитые вещества.

Для предупреждения соблюдают правила хранения ядохимикатов, контролируют сроки обработки полей, проверяют корма на наличие остаточных пестицидов.

Употребление продукции животного происхождения, загрязненной пестицидами и ядохимикатами, представляют серьезную опасность для человека.

Цель исследования: провести оценку качества комбикормов для лошадей.

Объекты исследования: 4 образца комбикормов торговой марки «Биотех-Ц»: «Импульс Юниор» (образец № 1), «Девясил» (образец № 2), «Подорожник» (образец № 3) и «Витаминно-травяная мука с иммуномодулирующим, бронхолегочным, противовоспалительным действием» (образец № 4).

4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЛОШАДЕЙ

Пробы для исследования были взяты с предприятия, которое специализируется на производстве и реализации готовых гранулированных и рассыпных кормовых смесей, комбикормов-концентратов, белково-минеральных концентратах лечебно-профилактического характера для всех половозрастных и функциональных групп лошадей по индивидуальным рецептурам, соответствующим требованиям нормативно-технической документации.

Исследуемый материал хранился в специальных складских помещениях, которые обеспечивают безопасность кормов в течение установленного срока годности.

Для оценки качества комбикормов для лошадей были использованы органолептические, физико-химические, микробиологические, санитарно-микологические, радиологические методы.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комбикорм для животных можно применять в качестве основного корма или в сочетании с другими кормами, когда его скармливают в ограниченном количестве. Рецептура и требования ГОСТ зависят от вида животных с учетом пола, возраста и физиологического состояния.

Продуктивность животных можно увеличить, а расход зернового фуража – уменьшить при рациональном использовании комбикормов, что подтверждается опытом и результатами исследований отечественных и зарубежных специалистов в сфере животноводства.

Цвет, запах, внешний вид, крошимость, содержание металломагнитной примеси в исследуемых образцах соответствуют требованиям ГОСТ. В образцах № 1 и № 2 выявлены вредители хлебных запасов в количестве 4 и 2 на кг, что не превышает допустимых норм (до 10 на кг). В остальных образцах вредители не обнаружены.

Результаты физико-химического состояния 4 образцов комбикормов для лошадей отечественного производителя показали, что все образцы кормов соответствуют стандартам ГОСТ.

Микробиологические и санитарно-микологические анализы комбикормов для лошадей торговой марки «Биотех-Ц» показали, что образец комбикорма № 3 («Подорожник»)

имеет максимальный уровень обсемененности, а самый низкий уровень у комбикорма № 2 («Девясил»). Общая бактериальная обсемененность анализируемых образцов находится в пределах от $1,9 \times 10^4$ до $4,1 \times 10^4$ КОЕ/г, что не превышает норму (по ГОСТ $5,0 \times 10^4$ КОЕ/г) и свидетельствует о безопасности производимых комбикормов. Патогенные эшерихии (бактерии группы кишечной палочки) и сальмонеллы в представленных образцах не выявлены. Содержание спорыньи и спор головневых грибов, общая кислотность – в пределах установленной нормы во всех образцах.

Показатель выживаемости колпод при определении общей токсичности исследуемых образцов комбикормов для лошадей составил промежуток от 92,0 до 96,0 % (по ГОСТ – не менее 90 %), что соответствует требованиям ГОСТ 34152-2017 и ГОСТ 31674-2012. Содержание стронция-90 находится в пределах от 19 до 49 Бк/кг (по ГОСТ не более 65 Бк/кг), содержания цезия-137 находится в пределах от 22 до 64 Бк/кг (по ГОСТ не более 600 Бк/кг). Таким образом, содержание радионуклидов в комбикормах не превышает их максимально допустимый уровень и соответствует нормам, предусмотренным Инструкцией о радиологическом контроле качества кормов (Минюст № 831 14.04.1995).

Проанализировав все результаты, полученные в ходе данного исследования, можно утверждать, что выбранные пробы соответствуют должному уровню доброкачественности и безопасности кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень жизнедеятельности и здоровья животных, а также качество и безопасность получаемой от них продукции напрямую зависит от доброкачественности и безопасности кормов, используемых в животноводстве. Именно поэтому одним из главных факторов улучшения кормовой базы животноводства является производство полноценных и безопасных кормов, сохранение их питательности при заготовке и хранении.

Во избежание последствий негативного воздействия факторов внешней среды на животных и непосредственно на человека, необходимо проводить оценку качества кормов с использованием органолептических, физико-химических, микробиологических, санитарно-микробиологических и др. методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, А.Ф. Зоогигиеническая и ветеринарно-санитарная экспертиза кормов: учебник / А. Ф. Кузнецов [и др.] – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 508 с.
2. ГОСТ 34152-2017 «Комбикорма-концентраты для лошадей. Общие технические условия (Переиздание)».

– Введ. 2019-01-01. – М.: Стандартиформ, 2020. – 14 с.

3. Хазиахметов, Ф.С. Рациональное кормление животных: учебное пособие / Ф.С. Хазиахметов. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 364 с.
4. Филиппов, М. Обеспечение контроля качества / М. Филиппов // Комбикорма. – 2016. – № 4. – С. 45-47.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

АННОТАЦИЯ

Многообразие источников загрязнения и технических трудностей, связанных со снижением степени их негативного воздействия на окружающую среду, повышает актуальность проблема нормирования, учета, контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ от предприятий топливно-энергетического комплекса. Исследование посвящено обеспечению экологической безопасности нефтеперекачивающих станций при их эксплуатации в Арктической зоне посредством совершенствования методологии оценки рисков аварий и отказов технологического оборудования, приводящих к загрязнению окружающей среды.

1. Введение

Нефтеперекачивающие станции являются объектами магистральных нефтепроводов, входя в систему трубопроводного транспорта топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. Значимость трубопроводного транспорта Арктической зоны определяется удаленностью основных месторождений нефти от потребителей, а также высокой долей нефти, нефтепродуктов в экспортном балансе России.

Вклад предприятий комплекса в загрязнение окружающей среды составляет 48 % общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в промышленности, 27 % сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, более 30 % твердых отходов.

Неконтролируемое загрязнение окружающей среды в Арктической зоне губительно для природных экосистем, где ценность каждого вида живых организмов возрастает в условиях невысокого биоразнообразия по сравнению с южными широтами. Арктические экосистемы характеризуются низкими продуктивностью, способностью к самовосстановлению и самоочищению, что делает их ещё более уязвимыми.

Объект исследования: нефтеперекачивающие станции (НПС) Арктической зоны РФ.

Предмет исследования: система мер, направленных на обеспечение экологической безопасности нефтеперекачивающих станций.

Цель: обоснование способов обеспечения экологической безопасности при эксплуатации нефтеперекачивающих станций в Арктической зоне РФ.

Задачи:

- дать отраслевую и структурную характеристики объекту исследования, описать применяемые на нем технологические процессы и оборудование;

- выявить основные виды негативного воздействия нефтеперекачивающих станций на окружающую среду, определить причины их формирования;

- провести анализ и оценку рисков аварийных ситуаций, опасных для окружающей среды и здоровья человека, и предложить рекомендации по обеспечению экологической безопасности на объекте исследования.

2. Научная новизна и практическая значимость исследования

Научная новизна работы заключается в использовании комплексного подхода к изучению и выявлению основных способов обеспечения экологической безопасности на предприятиях топливно-энергетического комплекса Арктической зоны Российской Федерации.

Практическая значимость работы заключается в проведении количественной и качественной оценки рисков аварийных ситуаций, связанных с неисправностью оборудования нефтеперекачивающих станций, сопровождающихся формированием негативного воздействия на окружающую среду.

3. Методы исследования

Методы исследования выбраны исходя из поставленных в научно-исследовательской работе задач и с учетом особенностей объекта и предмета исследования: анализ, наблюдение, описание, а также сценарный и экспертный подходы оценки риска, в т.ч. метод анализа опасности и работоспособности.

4. Факторы аварийности на объекте исследования

При нормальной эксплуатации линейной части нефтепровода выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в приземный слой атмосферы и сбросы ЗВ в подземные и поверхностные водные объекты и на водосборные площади не производятся, так как нефтепровод представляет собой защищенную герметичную систему. Однако при эксплуатации НПС формируется негативное воздействие на отдельные компоненты окружающей среды.

Основным источником загрязнения приземного слоя атмосферы углеводородами является резервуарные парки НПС.

С целью полной или частичной ликвидации негативных воздействий на окружающую среду при проектировании нефтепровода предусматриваются следующие мероприятия:

на расширяемых НПС строительство

резервуаров, оборудованных понтонами, что до 80 % сокращает выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

обвалование резервуаров, что обеспечит вместе с профилированными дренажными канавами отвод случайно разлитой нефти от резервуаров в систему улавливания и очистки;

обеспечение постоянного контроля за точным соблюдением технологического регламента работы оборудования;

использования существующих систем для сбора производственных стоков на площадках НПС.

Однако нефтепроводы являются потенциально опасными объектами, эксплуатация которых сопряжена с риском аварийных ситуаций, из которых наиболее тяжелыми, с точки зрения наносимого экологического ущерба являются аварии, связанные с поступлением нефти в окружающую среду.

Аварийные ситуации рассматриваются отдельно для двух основных типов сооружений трубопроводной системы, различающихся конструктивными особенностями и условиями эксплуатации:

линейной части трубопроводов,
резервуарных парков НПС.

Аварийные ситуации на линейной части возникают в результате действия различных факторов, отражающих особенности проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводов в конкретных условиях окружающей среды. На основе статистических данных аварийности магистральных нефтепроводов выделено 10 групп факторов, влияющих на возникновение аварийных ситуаций. Для каждой группы факторов (опасностей) определены весовые коэффициенты, характеризующие вклад данной группы в общую статистику отказов.

опасности возникновения аварийных отказов связаны, в основном, с качеством изготовления и монтажа трубопровода (30 %), коррозионными процессами (24 %), внешними антропогенными (20 %) и природными (10 %) воздействиями.

Причины аварийных ситуаций в резервуарных парках НПС связаны, в основном, с разрушением (полным или частичным) резервуаров и пожарами в резервуарном парке.

Вероятность разрушения резервуара формируется за счет действия различных факторов, включая механические и коррозионные повреждения, дефекты конструкций и монтажа, пожар в резервуарном парке, а также активизацию оползневых процессов, землетрясение, наводнение и другие стихийные действия.

Причины возникновения пожара в резервуарных парках НПС обусловлено, как правило, образованием взрывоопасных концентраций паров углеводородов в самом резервуаре или обвалования и активизаций источника воспламенения (инициирования) взрывоопасной смеси.

Источниками взрывоопасности являются выделение паров углеводородов нефти в процессе больших и малых «дыханий» резервуаров,

нерегламентированные утечки нефти из технологического оборудования, сброс подтоварной воды, загрязненной нефтью, и подводящих трубопроводов, разлив нефти при разрушении резервуаров.

5. Результаты исследования

Выбор метода оценки вероятности развития неблагоприятных событий определяется спецификой выполняемых операций, характеристиками сырья, наличием статистических данных по работоспособности аналогичного оборудования. Для НПС, на которых основные риски связаны неисправностью оборудования, наиболее рационально применять метод анализа опасности и работоспособности.

В рамках экспертизы объекта проводится разделение системы на части, идентификация отклонений путем использования управляющих слов для каждого элемента, идентификация последствий и причин отклонений, идентификация механизмов защиты, обнаружения и индикации отклонений, идентификация возможных корректирующих и защитных мероприятий.

Идентификация потенциальных опасностей в системе, а также потенциальных проблем работоспособности системы осуществлены методом «Анализ опасности и работоспособности». В процессе анализа для установки определены возможные отклонения, причины и рекомендации по обеспечению безопасности. При характеристике каждого возможного отклонения используются ключевые слова следующего содержания:

«НЕТ» - отсутствие прямой подачи реагента, когда она должна быть;

«БОЛЬШЕ (МЕНЬШЕ)» – увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами;

«ТАК ЖЕ КАК» - появление дополнительных компонентов;

«ДРУГОЙ» - состояния, отличающиеся от обычной работы;

«ИНАЧЕ ЧЕМ» - полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;

«ОБРАТНЫЙ» - логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

Также приведены экспертные балльные оценки вероятности возникновения рассматриваемого отклонения (В), тяжести последствий (Т) и показателя критичности ($K = B + T$). Показатели В и Т определяются по 4-балльной шкале (балл, равный 4, соответствует максимальной опасности).

При ранжировании результатов изучения опасности и работоспособности объекта определены отклонения, имеющие повышенные значения критичности, для которых требуется более детальное рассмотрение посредством построения сценариев аварийных ситуаций и количественной оценки риска

Например, в перечне отклонений рассмотрено нарушение герметичности насосного оборудования, в т.ч. насоса НМ 1250-260:



Рис. Общий вид насоса НМ 1250-260

Причинами отклонения могут стать перегрев торцевых уплотнений на опорных узлах магистрального насоса с последствиями в виде понижение давления в системе выбросом паров нефти, разливом нефтепродуктов (В=2,Т=3, К=5), а также неизбежные утечки нефтепродуктов через торцевые уплотнения на опорных узлах магистрального насоса с последствиями в виде отсутствия опасности (В=4,Т=1, К=5). В первом сценарии рекомендация «Плановое техническое обслуживание. Замена торцевых уплотнений», во втором – «Проверить работу автоматической системы контроля».

По результат проведенного исследования перечень отклонений при изучении опасности и работоспособности оборудования НПС составил 25 пунктов.

6. Выводы по работе

При исследовании отраслевых и структурных особенностей эксплуатации нефтеперекачивающих станций Арктической зоны РФ выявлены виды негативного воздействия объекта на окружающую среду, связанные с возникновением аварий вследствие неисправности основного технологического оборудования.

Установлено, что отказы в работе насосного оборудования нефтеперекачивающих станций провоцируют разливы нефтепродуктов, выбросы паров нефти; износ ответственных трибосопряжений нефтяных электронасосов типа НМ сопровождается формированием локального акустического загрязнения и увеличением вибрационной нагрузки на среду.

На основе анализа опасности и работоспособности оборудования нефтеперекачивающих станций выявлены основные отклонения, имеющие повышенные значения критичности состояния безопасности объекта исследования.

Предложены технические решения по автоматизации технологического процесса и дополнительному оснащению оборудования системами блокировки и сигнализации, направленные на обеспечение необходимого уровня

экологической безопасности при эксплуатации нефтеперекачивающей станции, которые могут быть использованы для аналогичных объектов техносферы в Арктической зоне Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. Утверждена Указом Президента РФ от 26.10.2020 №645 (ред. от 27.02.2023). Материалы информационно-правового портала ГАРАНТ.РУ. URL: <http://www.base.garant.ru> (дата обращения: 07.09.2025).
2. Об охране окружающей среды: федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ / Собрание законодательства Российской Федерации, 2002. №2. Ст. 133; Собрание законодательства Российской Федерации, 2011. №1. Ст. 54 (с изменениями). 38 с.
3. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»: Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534 (ред. от 31.01.2023). Материалы электронного фонда правовых и нормативно-технических документов «Кодекс» URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230594?ysclid=lozuqzpznf807523582> (дата обращения: 14.09.2025).
4. Грановский Э.А. Проблемы оценки риска по результатам НАЗОР-исследований // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 5. С. 33-40.
5. Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Зинец Т.В. Анализ экологически опасных ситуаций на магистральных нефтепроводах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 1 (298). С. 18-21.
6. Степанова Н.Е. Экологическая безопасность и охрана окружающей среды на нефтеперерабатывающем предприятии // Успехи современного естествознания. 2022. № 5. С. 78-83.
7. Яковлев С.Ю., Шемякин А.С. Методы оценки неопределенности и риска при управлении промышленно-экологической безопасностью арктических регионов и критических инфраструктур // Экология промышленного производства. 2024. № 3(127). С. 44-47.
8. Ilinskiy A.A. Bianco I.E. Mechanisms for Reducing Technological Risks of Oil and Gas Companies to Improve Environmental Safety in the Arctic Region // The North and the Market: Forming the Economic Order. 2021. No 1(71). Pp.4-12.

А. И. Карунская

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, Москва 105005, Россия

ВЛИЯНИЕ pH НА СПОСОБНОСТЬ ПОРОШКООБРАЗНОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ К СОРБЦИИ ТРУДНООКИСЛЯЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДООТВЕДЕНИИ

АННОТАЦИЯ

Сточные воды, содержащие трудноокисляемые органические соединения, характеризуются устойчивостью к традиционным способам очистки. Данная проблема актуальна в связи с необходимостью поддержания качества водных ресурсов на безопасном уровне для сохранения и улучшения состояния экосистем. Сорбция является одним из наиболее перспективных известных методов очистки. В работе внимание акцентировано на действии порошкообразного активированного угля (ПАУ) ввиду его сорбционных свойств и недостаточной изученности в области водоотведения. Исследована применимость ПАУ как эффективного собирателя трудноокисляемых органических соединений. К использованию предлагается активный уголь УО-А. Установлена резистентность выбранного ПАУ к изменению значений водородного показателя pH сточной воды.

ВВЕДЕНИЕ

Трудноокисляемые органические соединения обладают высокой химической стабильностью и представляют угрозу для окружающей среды и здоровья человека из-за их токсичности. В частности, образованию такого вида загрязнителей в производственных сточных водах способствует активное применение одноатомных спиртов и кетонов, как растворителей и вспомогательных химических веществ в технологических процессах. Зачастую такие вещества присутствуют в высоких концентрациях. Их низкая способность к окислению обусловлена особенностями структуры молекул [5].

И в условиях ужесточения нормативов, предъявляемых к качеству сбрасываемых сточных вод, и направленности государства в сторону усиления экологической безопасности [3] сохраняется необходимость в определении эффективных методов очистки.

В настоящее время удаление трудноокисляемых органических соединений проводится при помощи озонирования, сорбции, электрохимической обработки и мембранных технологий [4]. Ввиду сложности осуществления большинства из перечисленных процессов наиболее широко применимым является сорбционный метод. В очистке сточных вод распространена сорбция на гранулированном активированном угле, однако наблюдается перспективность применения порошкообразного, строение которого способствует беспрепятственному проникновению поллютантов в микропоры, и как следствие, крепкому закреплению частиц на поверхности сорбента. И поскольку

состав сточных вод зачастую представляет собой сложную многокомпонентную матрицу, то возможны отклонения показателя pH, который и является параметром, ограничивающим применение активного угля в силу изменения заряда поверхности угля, и как правило, щелочная среда способствует десорбции [2, 6].

Цель: оценка способности ПАУ к сорбции трудноокисляемых органических соединений из сточных вод различной кислотности.

Поставленная цель достигается путем решения следующих задач:

1. Приготовление раствора, моделирующего сточные воды содержащих трудноокисляемые органические вещества.

2. Проверка способности ПАУ сорбировать трудноокисляемые органические вещества, с определением эффективной дозы суспензии угля.

3. Осуществление углевания при различных значениях pH стока.

4. Проведение анализа очищенной воды по показателю химическое потребление кислорода (ХПК).

1 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Используемые материалы и оборудование

Основным параметром, определяющим степень загрязненности воды трудноокисляемыми органическими соединениями, является ХПК. Измерение указанного показателя проводилось на спектрофотометре HACH-LANGE DR 6000 посредством методики по штрих-коду, нанесенного на кювету с реактивом HACH LCK114 Lange, диапазон измерений 150-1000 мгО₂/л (рисунок 1).



Рисунок 1 – Спектрофотометр HACH-LANGE DR 6000

Предварительное нагревание анализируемой жидкости проводилось в термореакторе HACH-LANGE LT 200 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Термореактор HACH-LANGE LT 200

В качестве объекта исследования был выбран порошкообразный активированный уголь «Уголь активный ОУ-А ГОСТ 4453-74». Изготовлен из березовой древесины, обладает относительно высокой активностью [1]. В экспериментальном исследовании ПАУ применялся в виде 10 и 20%-ой суспензии.

Для обеспечения требуемых значений водородного показателя среды дозировались следующие химические реагенты:

- подкисляющие – 37%-ый раствор HCl;
- подщелачивающие – 30%-ый раствор NaOH, 5%-ая суспензия Ca(OH)₂.

Величина водородного показателя воды определялась при помощи карманного рН-метра ЭКОСТАБ PH201.

На заключительном этапе очистки осуществлялось фильтрование с использованием фильтровальной бумаги в две стадии, быстрая фильтрация (БФ) обеззоленная влагопрочная и медленная фильтрация (МФ) обеззоленная влагопрочная ТУ 2642-00142624157-98.

1.2 Модельный раствор

В качестве объекта, подлежащего очистке использован модельный сток, приготовленный на основе водопроводной воды с добавлением примесей следующего содержания:

- изопропиловый спирт – [C₃H₈ОН] = 200 мг/л;
- ацетон – [C₃H₆O] = 200 мг/л.

Указанные концентрации подбирались исходя из предельных значений методики измерения.

1.3 Определение эффективной дозы суспензии ПАУ

Изначально проводилась проверка ПАУ на способность извлечения рассматриваемых органических соединений. Для выявления зависимости объема суспензии ПАУ от показателя ХПК в три отдельные колбы было добавлено по 200 мл модельного стока и по 10, 30 и 50 мл соответственно 10%-ой суспензии ПАУ (рисунок 3). Процесс углянения осуществлялся в течение 25 минут с постоянным перемешиванием. За это время

уголь сорбирует на своей поверхности органические примеси, затем с помощью фильтрования извлекается из воды (рисунок 4).



Рисунок 3 – Колбы с модельным стоком и суспензией ПАУ



Рисунок 4 – Этап фильтрования

Перед определением значения показателя ХПК, в кювету HACH LCK114 Lange добавляется 2 мл исследуемой воды. Далее кювета помещается в термореактор HACH-LANGE LT200 2 блока, 6x13 / 4x20 + 6x13 / 4x20 LTV082.99.51002, где осуществляется нагрев до 148 °С в течение 120 минут с последующим охлаждением до 80 °С. Далее кювета с раствором извлекается из прибора и несколько раз плавно переворачивается. После происходит ее охлаждение до температуры 20 °С, что позволяет проводить анализ. Численные результаты анализа очищенной воды приведены на рисунке 5.

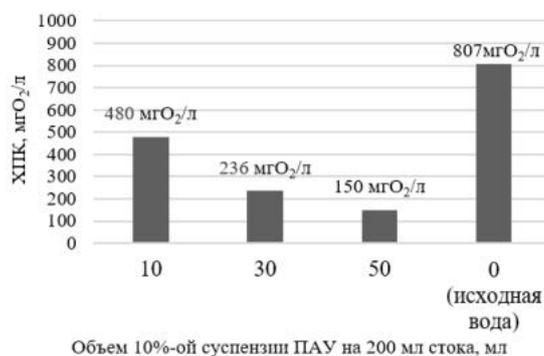


Рисунок 5 – Зависимость значения ХПК от содержания ПАУ

Качественное представление результата эксперимента изображено на рисунке 6.

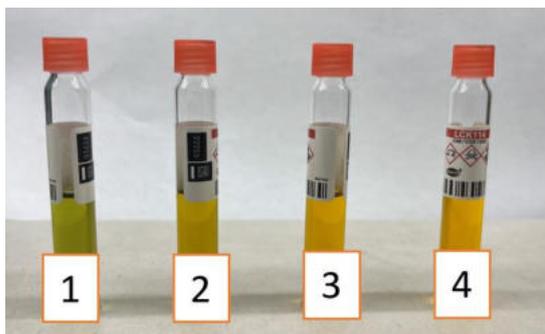


Рисунок 6 – Кюветы после анализа воды на ХПК:
1 – исходная вода; 2 – 10 мл 10%-ой суспензии ПАУ;
3 – 30 мл 10%-ой суспензии ПАУ; 4 – 50 мл 10%-ой суспензии ПАУ

Таким образом зафиксировано эффективное применение ПАУ в качестве сорбента растворенных органических веществ. На основании полученных данных, исходя из технико-экономических соображений, при проведении последующих экспериментов будет дозироваться 15 мл 20%-ой суспензии ПАУ на 200 мл стока.

1.4 Углевание стока при различных значениях pH

Для установления зависимости влияния pH на процесс адсорбции растворенных органических веществ в три отдельные колбы на 250 мл было добавлено по 200 мл модельного стока. Далее в колбе №1 была создана кислотная среда (pH = 3) в колбе №2 – нейтральная (pH = 7,3 – исходная вода), в колбе №3 – щелочная (pH = 11). При помощи пипетки 0,1 мл в колбу №1 было добавлено 0,017 мл 37%-го раствора HCl, в колбу №3 – 0,02 мл 30%-го раствора NaOH. Далее осуществлялся процесс углевания в течение 25 минут с постоянным перемешиванием, и после – фильтрование (рисунок 7).

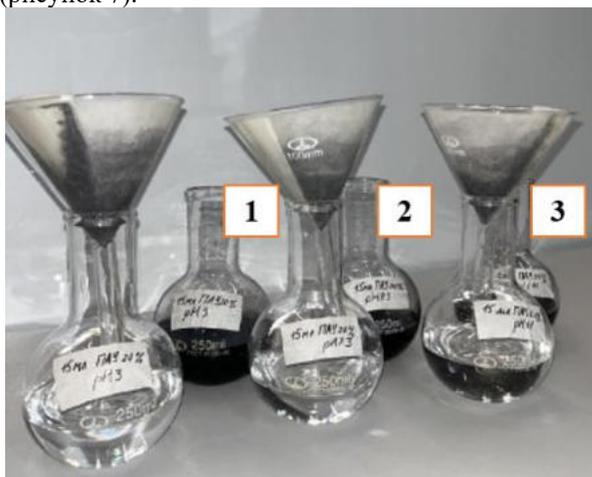


Рисунок 7 – Экспериментальная установка по исследованию влияния pH на углевание
1 – pH 3; 2 – pH 7,3; 3 – pH 11

Результаты анализа при вариативности водородного показателя среды представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость ХПК от pH

pH	ХПК, мгО ₂ /л
3	254
7,3	239
11	242

Таким образом, использование ПАУ возможно в широком диапазоне значений водородного показателя воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные, полученные в результате предварительных экспериментов, позволяют установить, что величина водородного показателя pH не оказывает существенного влияния на эффективность процесса углевания. Универсальность выбранного материала в качестве сорбента определяется исходя из достаточной эффективности извлечения загрязнений в средах различной кислотности (щелочности), а именно до 70%. Таким образом представляется возможность расширить применение порошкообразного активированного угля в области очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. – М.: Изд-во стандартов. –1993. – 21 с.
- Когановский, А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. – Л.: Химия. – 1990. – 256 с.
- Постановление Правительства РФ от 22.05.2020 № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».
- Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Т. 1 : пер. с фр. – СПб.: Новый журнал. – 2007. – 878 с.
- Штриплинг, Л. О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учебное пособие / Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко – Омск: ОмГТУ. – 2005. – 192 с.
- Li S, Li W, Chen H, Liu F, Jin S, Yin X, Zheng Y, Liu B. Effects of calcium ion and pH on the adsorption/regeneration process by activated carbon permeable reactive barriers. RSC Adv. 2018 May 8;8(30):16834-16841. doi: 10.1039/c8ra01961d. PMID: 35540539; PMCID: PMC9080289.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ

АННОТАЦИЯ

В этой работе был произведен анализ способов очистки газов от диоксида серы (SO_2), являющегося одним из основных загрязнителей атмосферы. Приводится подробный анализ существующих технологий газоочистки, включая традиционные методы, использование регенеративных сорбентов, интегрированные системы многофакторной очистки, биологические методы и электронно-лучевую очистку (E-beam).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Основными источниками выбросов SO_2 являются процессы сжигания ископаемого топлива (угля,

нефти, природного газа) на тепловых электростанциях (ТЭЦ), а также технологические процессы в нефтеперерабатывающей и металлургической промышленности [1]. Десульфуризация проводится для улучшения качества продукта, защиты окружающей среды и здоровья человека.

1.2 Традиционные методы десульфуризации

Классически методы десульфуризации классифицируют по фазовому состоянию сорбента и характеру реакции на три основные категории (мокрые, полусухие и сухие), сравнение которых представлено в таблице 1 [2, 3, 4, 5].

Таблица 1 – Сравнение основных категорий методов десульфуризации (FGD)

Параметр	Мокрая (WFGD)	Полусухая (SDA)	Сухая (DFGD)
Фазовое состояние абсорбента	Жидкая суспензия (CaCO_3 или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в воде)	Влажный спрей ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ или Na_2CO_3)	Сухой порошок ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaHCO_3)
Эффективность удаления SO_2	95–99%	80–95%	50–80%
Массоперенос (Ha, E)	Высокий (Ha > 1, E > 1 при pH 5-6, катализаторы Mn^{2+} , Fe^{2+} ускоряют окисление)	Умеренный (Ha ~ 1, E ограничен из-за меньшего контакта жидкость-газ)	Низкий (Ha < 1, E низкий из-за отсутствия жидкой фазы)
Побочные продукты	Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), шлам ($\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), CO_2	Сухие сульфиты/сульфаты (CaSO_3 , CaSO_4), сложная утилизация	Сухие сульфиты/сульфаты, требуют утилизации
Экологичность	Средняя (CO_2 , шлам требуют утилизации)	Средняя (меньше жидких отходов, сложная утилизация)	Низкая–средняя (низкий расход воды, но меньшая эффективность)
Капитальные затраты	Высокие (сложные абсорберы, коррозионно-устойчивые материалы)	Средние (упрощенная конструкция, распылители)	Низкие (простые системы впрыска)
Эксплуатационные затраты	Средние–высокие (реагенты, энергия, утилизация)	Средние (реагенты, энергия на распыление)	Низкие (минимальная инфраструктура)
Промышленная зрелость	Высокая (широко применяется, напр., угольные электростанции)	Средняя (нишевые применения)	Низкая (ограниченное использование)
Устойчивость к влаге	Высокая (работает во влажной среде)	Средняя (требуется контроль влажности)	Низкая (чувствительна к высокой влажности)
Область применения	Высокие концентрации SO_2 (>1000 ppm), крупные электростанции	Средние концентрации SO_2 (500–1000 ppm), средние установки	Низкие концентрации SO_2 (<500 ppm), малые установки

Выбор конкретной технологии представляет собой компромисс: мокрая очистка предлагает максимальную эффективность, но сопряжена с необходимостью управления большими объемами шлама и дальнейшей его обработкой [4]. Сухие и полусухие методы менее эффективны, но могут быть предпочтительны для меньших мощностей. Мокрая десульфуризация с использованием известняка является наиболее распространенным и отработанным методом. Она основана на процессе поглощения загрязнителя известняковой суспензией, которая впрыскивается в абсорбционный аппарат [4].

Химический механизм известняк-гипсового процесса десульфуризации включает несколько последовательных химических этапов [3,4].

Этап 1: Абсорбция SO_2 в жидкой фазе.

Этап 2: Растворение SO_2 и ионизация: диоксид серы растворяется в воде с образованием сернистой кислоты, которая затем диссоциирует с образованием бисульфит- и сульфит-ионов.

Этап 3: Нейтрализация и образование сульфита кальция: известняк (CaCO_3), находящийся в суспензии, нейтрализует кислоту, высвобождая ионы кальция Ca^{2+} .

Затем ионы кальция реагируют с сульфит-ионами, образуя промежуточный продукт — дигидрат сульфита кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, шлам).

Этап 4: Принудительное окисление и кристаллизация гипса: для получения товарного продукта (гипса) сульфит кальция принудительно окисляется путем подачи кислорода (воздуха) в реактор.

Для достижения высокой эффективности мокрой системы очистки в промышленных условиях недостаточно простого соблюдения стехиометрии, основную роль играют кинетические ограничения массопереноса газа в жидкую фазу [3,4]. Эффективность абсорбции SO_2 тесно связана с управлением скоростью реакции в жидкой пленке.

Сложность процесса описывается с использованием числа Хатта (Ha), которое соотносит скорость диффузии с кинетической скоростью реакции, и фактора усиления (E), который описывает, насколько химическая реакция в жидкой фазе усиливает массоперенос по сравнению с чисто физической абсорбцией [4].

Оптимизация предполагает управление этими параметрами, часто путем точного контроля pH и введения катализаторов. Присутствие микроэлементов, таких как ионы марганца Mn^{2+} и железа ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$), значительно ускоряет реакцию окисления бисульфит-ионов, позволяя процессу перейти в быстрый режим реакции ($\text{Ha} \gg 1$, $E > 1$). В итоге, повышение эффективности — это комплексная задача, требующая баланса между химическими (pH, катализаторы) и физическими (массоперенос, конструкция абсорбера) параметрами [4, 5, 6].

Стоит отметить и перспективность переработки отходов газоочистки, крупномасштабное применение WFGD приводит к образованию огромных объемов строительного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), что ставит проблему его утилизации и сбыта. Одним из многообещающих направлений является разработка процессов конвертации FGD-гипса в высокоценное удобрение — сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, с сопутствующим получением осажденного карбоната кальция (PCC). Сульфат аммония является ценным источником азота и серы, особенно для таких культур, как кукуруза и пшеница.

Экономическая целесообразность такой конверсии напрямую зависит от характеристик конечного продукта. Предварительные оценки показывают, что процесс становится экономически выгодным только в том случае, если сульфат аммония производится в гранулированной форме (1,2 до 3,3 мм), а не в виде порошка.

1.3 Регенеративные методы десульфуризации

Регенеративные методы десульфуризации представляют собой стратегическое направление развития, так как они предлагают значительные

преимущества по сравнению с традиционными методами очистки: высокую эффективность, возможность многократного использования сорбента, существенное сокращение объемов отходов.

Не смотря на большие расходы на регенеративные установки за счет дорогостоящей стадии регенерации, расходы могут быть компенсированы при повторном использовании реагентов, так же снижая затраты на утилизацию отходов.

В поисках экологически чистых и высокоэффективных сорбентов большое внимание уделяется функционализированным ионным жидкостям (ILs) [7] и глубоким эвтектическим растворителям (DES) [8], которые демонстрируют способность к высокоэффективному улавливанию SO_2 , особенно при низких парциальных давлениях.

Инновации в этой области сместились в сторону молекулярного проектирования растворителей. Например, ионная жидкость 1-(2-диэтиламиноэтил)-3-метилимидазолий тетразолат ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$) демонстрирует одну из самых высоких зарегистрированных емкостей поглощения — до 0,47 г SO_2 на 1 г IL при 0,0101 Мпа [7]. Причина такой высокой емкости заключается в том, что поглощение SO_2 происходит химически с участием активных центров как катиона, так и аниона молекулы IL. Это кооперативное химическое связывание обеспечивает высокую селективность и позволяет легко проводить регенерацию: $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$ сохранял свою высокую абсорбционную способность и скорость после пяти повторных циклов [7].

Глубокие эвтектические растворители (DES), которые часто синтезируются на основе аминокислот, также признаны высокоперспективными для масштабирования. Они обладают преимуществами, включая простоту приготовления, нетоксичность и низкие температуры регенерации, что делает их высоко конкурентными по сравнению с традиционными регенеративными методами [8].

Среди твердых сорбентов металлорганические каркасы (MOFs) продемонстрировали самую высокую зарегистрированную емкость поглощения SO_2 в лабораторных условиях. Однако MOFs пока не нашли промышленного применения. Основные барьеры включают высокую стоимость синтеза, недостаточную стабильность в агрессивных промышленных средах и технологические сложности их формулирования. Это подчеркивает, что для перехода от научных рекордов к промышленному применению решающее значение имеют не только эффективность, но и экономика синтеза, а также термическая и химическая устойчивость сорбента.

Сравнение регенерирующих методов очистки представлена в таблице 2 [7, 8].

Таблица 2 — Сравнительные Характеристики Перспективных Регенеративных Сорбентов

Параметр	MOFs	ILs	DES
----------	------	-----	-----

Механизм улавливания	Физическая адсорбция и хемосорбция (зависит от функционализации)	Хемосорбция и физическая адсорбция	Хемосорбция и физическая адсорбция
Емкость SO ₂	Высокая (7–10 ммоль/г при <0.1 атм)	Высокая (1–3 моль/моль при <0.1 атм)	Средняя (0.5–2 моль/моль при <0.1 атм)
Селективность к SO ₂	Высокая, настраиваемая (особенно с -NH ₂ , -OH группами)	Высокая, настраиваемая (аминогруппы, сульфонаты)	Средняя, зависит от состава (например, хлорид холина + мочевины)
Эффективность при низких давлениях SO ₂	Отличная (подходит для <500 ppm SO ₂)	Отличная (эффективны при <2000 ppm)	Хорошая, но ниже, чем у ILs и MOFs
Кинетика массопереноса	Высокая (твердая фаза, диффузия в порах), На применимо для хемосорбции	Ограничена высокой вязкостью, Na>>1 при катализе	Средняя (вязкость ниже, чем у ILs), Na>>1 при катализе
Фактор усиления (E)	Высокий для хемосорбционных MOFs, зависит от активных центров	Высокий (E>1) при быстром режиме реакции	Средний (E>1, но ниже, чем у ILs)
Экологичность	Высокая (без летучих выбросов, возможны биоразлагаемые лиганды)	Средняя (возможна деградация, сложный синтез)	Высокая (биоразлагаемые компоненты, низкая токсичность)
Стоимость	Высокая (сложный синтез, дорогие лиганды)	Высокая (дорогой синтез, но ниже регенерационные затраты)	Низкая (доступные компоненты, простой синтез)
Устойчивость к влаге	Зависит от типа: UiO-66, MIL-101 устойчивы; Zn-MOFs чувствительны	Средняя (некоторые ILs устойчивы, но влага может снижать эффективность)	Низкая (влага может разрушать структуру DES)
Термическая стабильность	Высокая (до 300–400°C для UiO-66, MIL-101)	Высокая (до 200–300°C)	Средняя (до 100–150°C, зависит от состава)
Регенерация	Умеренные энергозатраты (нагрев или вакуум, 80–150°C)	Низкие энергозатраты (нагрев ~80°C или снижение давления)	Низкие энергозатраты (нагрев ~60–80°C)
Промышленная применимость	Ограничена (пилотные проекты, высокая стоимость)	Ограничена (пилотные проекты, высокая вязкость)	Ограничена (менее изучены, чувствительность к влаге)
Влияние катализаторов	Ускорение хемосорбции с Mn ²⁺ , Fe ²⁺ в структуре	Ускорение реакции с Mn ²⁺ , Fe ²⁺ (повышение Na)	Ускорение реакции с Mn ²⁺ , Fe ²⁺ (повышение Na)
Интеграция с WFGD	Подходит для финальной очистки (остаточный SO ₂)	Возможна в гибридных системах, замена суспензии	Возможна, но ограничена из-за чувствительности к влаге
Примеры	UiO-66-NH ₂ , MFM-300(Al), MIL-101	[BMIM][BF ₄], аминокфункционализованные ILs	Хлорид холина + мочевины, хлорид холина + этиленгликоль

Делая выводы по применению **регенеративных методов десульфуризации** MOFs превосходят ILs и DES по емкости и селективности улавливания SO₂, особенно при низких парциальных давлениях, благодаря высокой пористости и настраиваемой химии. ILs эффективны, но ограничены высокой вязкостью, требующей оптимизации массопереноса (Na>>1, E>1). DES наиболее экономичны и экологичны, но менее селективны и чувствительны к влаге. MOFs предпочтительны для низких концентраций SO₂, DES — для экономичных решений, а гибридные системы с WFGD могут обеспечить оптимальную производительность [6, 7, 8].

1.4 Интегрированные системы многофакторной очистки

Эффективность регенеративных сорбентов сильно зависит от состава дымового газа, присутствия других газов, таких как O₂, CO₂, NO_x, и водяного пара, поэтому для обеспечения оптимальной производительности всех методов рекомендуется контроль pH и использование катализаторов (Mn²⁺, Fe²⁺) [6]. В то же время стоит обратить внимание на **интегрированные системы**

многофакторной очистки, в первую очередь диоксида серы (SO₂) и оксидов азота (NO_x), позволяющие снизить CAPEX и OPEX за счет обработки двух загрязнителей в одном аппарате [8, 9].

Метод окисления/абсорбции с использованием озона, технология основана на двух этапах [2, 10]:

Этап 1 Окисление: озон, как сильный окислитель, впрыскивается в поток дымового газа, где превращает малорастворимые соединения SO₂ и NO в более растворимые формы — SO₃ и NO₂ (а также N₂O₅ в случае дальнейшего окисления NO₂).

Окисление SO₂ и NO озоном происходит в газовой фазе и не ограничивается массопереносом газа в жидкость, что упрощает процесс на этапе окисления.

Этап 2 Абсорбция: окисленные формы (SO₃ и NO₂/N₂O₅) легко поглощаются щелочным раствором, например, гидроксидом натрия (NaOH) или аммиаком (NH₃), с образованием сульфатов и нитратов.

На этапе абсорбции высокая растворимость SO₃ и NO₂ обеспечивает быстрый массоперенос в жидкую фазу. Число Хатта (Ha) и фактор усиления (E) высоки благодаря быстрой реакции окисленных

форм с щелочью, что минимизирует кинетические ограничения в жидкой пленке [10]. Добавление катализаторов (например, Mn^{2+} , Fe^{2+}) в щелочной раствор может дополнительно ускорить окисление остаточных бисульфит-ионов, повышая эффективность: до 99% удаления SO_2 благодаря высокой растворимости SO_3 и до 95% удаления NO_x , что делает метод эффективным для строгих экологических стандартов.

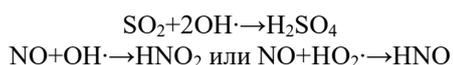
Однако, данный метод имеет значительные экономические недостатки: необходим высокий расход озона для достижения эффективной очистки от NO_x . Кроме того, при использовании аммиака (NH_3) в качестве абсорбента образуются побочные продукты — сульфат аммония $(NH_4)_2SO_4$ и нитрат аммония NH_4NO_3 , являющиеся удобрениями, но они могут быть смешаны с другими солями, что снижает качество конечного удобрения и создает риск вторичного загрязнения (например, выделения, того же SO_2).

Электронно-лучевая очистка (E-beam) — это метод очистки дымовых газов от SO_2 и NO_x , основанный на принципах радиационной химии [2, 3, 9]. Метод использует высокоэнергетический электронный луч, генерируемый ускорителем, для инициирования образования активных радикалов ($OH\cdot$, $O\cdot$, $HO_2\cdot$) из водяного пара и кислорода, присутствующих в газе. Эти радикалы являются мощными окислителями, которые превращают SO_2 и NO_x в соответствующие кислоты, которые затем нейтрализуются с образованием ценных побочных продуктов.

Механизм действия:

Этап 1 Генерация радикалов: Электронный луч ионизирует молекулы воды (H_2O) и кислорода (O_2) в дымовом газе, создавая высокоактивные радикалы:

Этап 2 Окисление SO_2 и NO_x :



Этап 3 Нейтрализация: В поток газа впрыскивается аммиак (NH_3), который реагирует с кислотами, образуя твердые соли — сульфат аммония $((NH_4)_2SO_4)$ и нитрат аммония (NH_4NO_3) . Эти соли осаждаются в виде твердых частиц и собираются для использования, например, как азотные удобрения.

Метод особенно эффективен (до 90–95% удаления SO_2 и до 80–95% удаления NO_x) для одновременной очистки от SO_2 и NO_x [9].

Стоит также упомянуть перспективные **биологические методы** очистки дымовых газов от SO_2 и NO_x основаны на использовании микроорганизмов, способных метаболизировать эти загрязнители в более мягких условиях (низкие температуры, атмосферное давление, нейтральный pH) по сравнению с традиционными физико-химическими методами. Эти методы предлагают экологически чистый подход с минимальными энергозатратами и потенциалом для производства ценных побочных продуктов. Эффективность удаления SO_2 и NO_x варьируется в зависимости от

типа микроорганизмов, условий культивирования и состава газа, но на текущий момент (2025 год) достигает 60–90% для SO_2 и 50–80% для NO_x в лабораторных условиях, что является недостаточной и требует дальнейших научных подходов.

2. Заключение

В результате обзора современных способов очистки газов от диоксида серы было проанализировано несколько методов очистки. Каждый метод обладает своими преимуществами и недостатками. Выбор определенного метода зависит от особенностей источника загрязнения и от объема загрязнений. Дальнейшее развитие различных способов очистки позволит повысить эффективность и экономичность, снизить нагрузку на природу и обеспечить соблюдение экологических норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов В. С. Диоксид серы и основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы // Научный журнал. – 2017. – №. 6-1 (19). – С. 18-20.
2. Беспалов, В. И. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие для вузов [Текст] / В. И. Беспалов, С. У. Беспалова, М. А. Вагнер. - 2-е изд. - Томск: Изд-во Национальный исследовательский томский политехнический университет, 2010. - 240 с.
3. Кормина Л. А., Лазуткина Ю. С. Технологии очистки газовых выбросов // Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 2019.
4. Li C. et al. Process Simulation of Wet Flue Gas Desulfurization // Journal of Chemical Engineering Research Updates. – 2024. – Т. 11. – С. 80-90.
5. Соловьев А. К., Михеев В. О., Пуликов П. С. Очистка дымовых газов от оксидов серы // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2014. – №. 3 (9). – С. 33-36.
6. Hanif M. A., Ibrahim N., Abdul Jalil A. Sulfur dioxide removal: An overview of regenerative flue gas desulfurization and factors affecting desulfurization capacity and sorbent regeneration // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Т. 27. – №. 22. – С. 27515-27540.
7. Yang D. et al. Reversible capture of SO_2 through functionalized ionic liquids // ChemSusChem. – 2013. – Т. 6. – №. 7. – С. 1191-1195.
8. Chou I. M. et al. Utilization of the gypsum from a wet limestone flue gas desulfurization process // Proceedings of the International Conference on Solid Waste Technology and Management. – 1999. – С. 754-760.
9. Lee K. H., Sublette K. L. Simultaneous combined microbial removal of sulfur dioxide and nitric oxide from a gas stream // Applied biochemistry and biotechnology. – 1991. – Т. 28. – №. 1. – С. 623-634.
10. Xue Z., Chen H., Zhao M. Combined removal of NO_x and SO_2 from flue gas at low temperature // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 53. – С. 04038.

В.В. Палий

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, Россия

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ВЫГРУЗКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН: ОЦЕНКА, МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ПУТЬ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблеме загрязнения атмосферы выбросами от испарения нефтепродуктов при их выгрузке из железнодорожных цистерн. Актуальность работы обусловлена Указами Президента РФ № 176 и № 309, направленными на снижение выбросов загрязняющих веществ в городах и населенных пунктах. На примере объекта в Хабаровском крае проведена количественная оценка выбросов, выявившая недостатки существующих расчетных методик. В качестве решения предложена усовершенствованная методика, сочетающая инструментальные измерения и расчеты, а также разработано стационарное устройство для организованного отвода паров. Эффективность технического решения подтверждена экспериментально. Результаты работы направлены на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами от испарения нефтепродуктов (НП) при их железнодорожных перевозках обусловлена существенным вкладом этапа выгрузки в общую экологическую нагрузку. Данный процесс, сопровождающийся неорганизованными выбросами паровоздушной смеси через открытые люки цистерн, представляет особую опасность в связи с расположением сливных эстакад вблизи жилых зон и природных объектов. Императивы, заложенные в Указах Президента РФ № 176 и № 309, ориентируют на кардинальное снижение выбросов вредных веществ, что требует разработки точных методов оценки и эффективных технических решений для минимизации негативного воздействия.

1.2. Цель проведения исследования

Целью работы является разработка комплекса научно-обоснованных мер по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от испарений нефтепродуктов на этапе их выгрузки из железнодорожных цистерн.

1.3 Задачи

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести количественную оценку масштабов загрязняющего воздействия на основе сопоставления расчетных и экспериментальных

данных на примере конкретного производственного участка.

2. Проанализировать недостатки существующих методик инвентаризации выбросов и разработать усовершенствованный подход, сочетающий инструментальные измерения и расчетные методы.

3. Разработать и экспериментально апробировать техническое решение, направленное на организованный отвод паров нефтепродуктов.

1.4 Объект и методика исследования

Объектом работы выступает технологический процесс выгрузки светлых нефтепродуктов из железнодорожных цистерн на сливных эстакадах.

Методологической основой исследования является системный подход, включающий методы теоретического анализа, расчетные методы (на основе методик научно-исследовательского института охраны атмосферного воздуха (НИИ «Атмосфера»), натурные экспериментальные измерения объемов испарений, моделирование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, а также стендовые испытания предлагаемого метода.

2. ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ВЫБРОСОВ НА ПРИМЕРЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Для количественной оценки загрязняющего воздействия, оказываемого на окружающую среду в результате испарений нефтеналивных грузов (далее - ННГ) при их выгрузке, было проведено анализ одного из производственных участков Хабаровского края. Исследование проводилось комплексно, с применением расчетного и экспериментального методов, что позволило получить репрезентативные данные за период 2022-2023 годов.

Исходной информацией для расчетов послужили статистические данные о выгрузке, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Сводные данные по выгрузке нефтепродуктов на объекте г. Хабаровска

Месяц	Количество выгруженных цистерн, шт.	Масса выгрузки, кг	Объем выгрузки, м ³
Январь	284	16893161	22375
Февраль	311	18484420	24463,2
Март	295	17549136	23243,7
Апрель	301	17877150	23709,6
Май	307	18243510	24163,5
Июнь	265	16253269	21615,8
Июль	266	16045831	21309,1
Август	280	16404973	21786,1
Сентябрь	305	18718938	24777
Октябрь	314	18648844	24682,3
Ноябрь	244	14863199	19733,1
Декабрь	270	16029166	21230,5
Итого	3442	206011597	273088,9

В основе расчетной методики, НИИ «Атмосфера» лежало положение о том, что железнодорожные цистерны могут рассматриваться как горизонтальные резервуары. Согласно данной методике, потери от испарения при сливе определяются как доля от потерь при наливке по формуле:

$$G_{ц(слив)}^{ci} = 0,15 \cdot G_{ц}^{hi}, \quad (1)$$

где $G_{ц}^{hi}$ – потери нефтепродукта от испарения при отгрузке, кг, рассчитываемые по формуле:

$$G_{ц}^{hi} = V_{ж}^{hi} \cdot \left(\frac{d_t^i}{P_a^c} \right) \cdot \rho_{ц} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где $V_{ж}^{hi}$ – объем наливаемой жидкости за период, м³; d_t^i – давление насыщенных паров ННГ при средней температуре, мм рт. ст.; P_a^c – среднее барометрическое давление воздуха, мм рт. ст.; $\rho_{ц}$ – плотность насыщенных паров ННГ, кг/м³.

Для выполнения расчетов были определены ключевые физико-химические параметры. Давление насыщенных паров и компонентный состав (табл. 2) были установлены экспериментально в лаборатории в соответствии с ГОСТ 2517-2012 и ГОСТ 32507-2013.

Таблица 2 – Компонентный состав паров ННГ

Компонент	Объемная доля компонента n, %	Молекулярный вес компонента m, г/моль
Амилены	0,9	23
Углеводороды С1-С5	36,6	55
Углеводороды С6-С10	47,4	70
Бензол	0,6	20
Диметилбензол	3,9	20
Метилбензол	6	40
Этилбензол	2,4	8

На основе данных табл. 2 была рассчитана средняя молекулярная масса паров по формуле:

$$M = \frac{100}{\sum_{i=1}^7 \frac{n_i}{m_i} + \dots \frac{n_7}{m_7}}, \quad (3)$$

что позволило далее определить плотность паров. Температура газового пространства цистерн рассчитывалась с учетом среднегодовых температурных показателей для региона.

В результате расчетным методом было установлено, что суммарные выбросы от испарения при выгрузке составили 26,2 тонны. Однако последующие натурные инструментальные измерения, проведенные с помощью специального герметизирующего устройства, устанавливаемого на горловину цистерны (рис. 1), показали, что реальные выбросы достигают 28,5 тонн в год. Расхождение объясняется тем, что расчетная методика не учитывает выбросы, происходящие во время подготовительно-заключительных работ (вскрытие локов, замеры), которые добавили еще 0,76 тонн выбросов.



Рисунок 1 – Устройство измерения объема паровоздушной смеси на горловине цистерны

Экспериментальные данные подтвердили, что фактический процент потерь от испарения при сливе для конкретных климатических условий Хабаровского края составляет не 15%, а 17%, что указывает на необходимость корректировки нормативных коэффициентов для региона и использования уточненной формулы:

$$G_{ц(слив)}^{ci} = 0,17 \cdot G_{ц}^{hi}. \quad (4)$$

Дополнительно, с применением программного комплекса «Эколог», было выполнено моделирование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Результаты моделирования (рис. 2) наглядно продемонстрировали, что зона влияния выбросов распространяется за пределы промышленной площадки, затрагивая селитебные территории и акваторию реки Амур, где отмечается присутствие таких опасных веществ, как бензол, толуол и этилбензол, с концентрациями до 0,6 ПДК. Полученные результаты оценки масштабов выбросов убедительно доказывают значительный вклад этапа выгрузки в общую экологическую нагрузку и подчеркивают необходимость разработки

и внедрения эффективных природоохранных мероприятий.

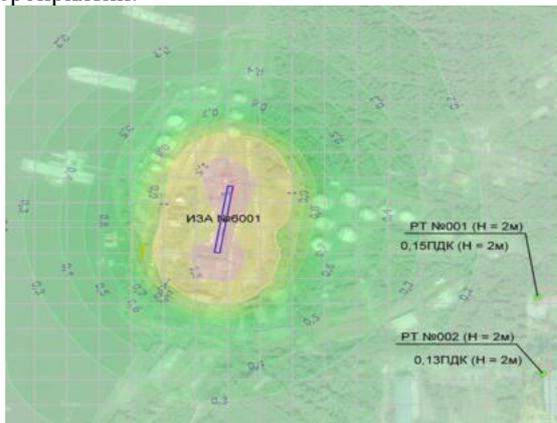


Рисунок 2 – Результаты моделирования рассеивания загрязняющих веществ при выгрузке ННГ на производственном участке

3. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ

Анализ существующих подходов к оценке выбросов загрязняющих веществ от испарения нефтепродуктов при их выгрузке из железнодорожных цистерн выявил существенный недостаток, заключающийся в применении усредненных коэффициентов. Действующие методики, в частности, пособие НИИ «Атмосфера», предполагают расчет потерь при сливе как фиксированный процент (10-15%) от потерь при наливе, что не учитывает региональные климатические особенности и специфику технологического процесса на конкретных объектах. Как показали натурные измерения в Хабаровском крае, реальный процент потерь может достигать 17%, что подтверждает необходимость разработки более точного инструментария для инвентаризации выбросов.

В качестве решения предлагается усовершенствованная объемно-массовая методика, комбинирующая инструментальные измерения и расчетные методы. Основная формула для определения массы выбросов имеет вид:

$$M = \sum_{i=1}^{n_{\text{цист}}} (V \cdot \rho_{\text{нп}}), \quad (5)$$

где $n_{\text{цист}}$ – количество выгруженных цистерн, ед.; V – измеренный объем выбросов НП, м³; $\rho_{\text{нп}}$ – плотность насыщенных паров НП, кг/м³.

Для определения плотности паров используется модифицированное уравнение состояния:

$$\rho_{\text{нп}} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}, \quad (6)$$

где P – давление насыщенных паров, кПа; M – молярная масса НП, г/моль; R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К)); T – абсолютная температура, К.

Ключевым нововведением методики является прямое инструментальное измерение объема испарения НП с помощью разработанного герметизирующего устройства, устанавливаемого на

люк цистерны (рис. 2). Это позволяет учесть выбросы не только в процессе слива, но и во время подготовительно-заключительных работ.

Учитывая, что в рамках методики применяются контрольно-измерительные приборы, имеющие допустимые погрешности, формула подлежит уточнению путем дополнения определенного коэффициента:

$$M = \sum_{i=1}^{n_{\text{цист}}} (V \cdot \rho_{\text{нп}}) \pm \Delta M, \quad (7)$$

где ΔM – коэффициент отклонения измерений с учетом классов точности приборов:

$$\Delta M = \frac{M}{100} \sqrt{\delta V^2 + \delta T^2 + \delta P^2}, \quad (8)$$

где $\delta V, \delta T, \delta P$ – классы точности приборов измерения, %.

Для обработки данных, собранных измерительным устройством, и автоматизации расчетов разработано специализированное программное обеспечение расчета выбросов НП от испарений из железнодорожных цистерн (далее – ПО), интерфейс которого представлен на рис. 3.

Рисунок 3 – Пользовательский интерфейс ПО

Алгоритм работы ПО включает следующие этапы:

1. Импорт данных об объеме ПВС от измерительного устройства или ручной ввод.
2. Автоматический расчет плотности паров на основе введенных физико-химических параметров (по формуле 6).
3. Расчет массы выбросов по формуле 7.
4. Суммирование данных по всем цистернам.
5. Формирование итогового отчета в табличном формате.

Предложенная методика позволяет перейти от расчетов по усредненным коэффициентам к прямому инструментальному учету выбросов с привязкой к конкретным условиям эксплуатации, что значительно повышает достоверность инвентаризации продукции.

4. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ: АДсорбЦИОННАЯ УСТАНОВКА

Анализ существующих методов защиты от выбросов при выгрузке нефтеналивных грузов показал, что традиционные решения, применяемые для стационарных резервуаров (понтон, плавающие крышки, газоуравнительные системы), не адаптированы к конструктивным особенностям железнодорожных цистерн и специфике технологического процесса их опорожнения. Наиболее эффективным методом для данных условий признано улавливание паровоздушной смеси (ПВС) с последующей адсорбцией.

Было разработано техническое решение в виде стационарной адсорбционной установки (рис. 4), монтируемой на железнодорожной сливной эстакаде. Установка включает два ключевых компонента: устройство герметизации цистерн и адсорбер с активированным углем марки АР-3, обеспечивающий поглощение углеводородных паров.

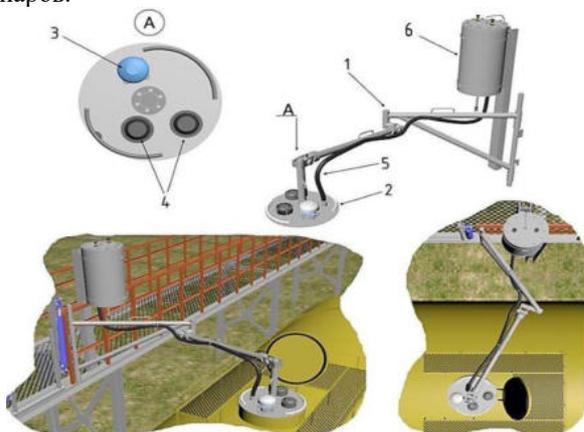


Рисунок 4 – Модель стационарного устройства герметизации цистерн: 1 – поворотный кронштейн; 2 – герметизирующий диск; 3 – приточный клапан; 4 – лючки обслуживания; 5 – резиноканевый шланг; 6 – емкость с адсорбером.

Принципиальная схема работы установки выглядит следующим образом. В начале технологического цикла производится герметичное соединение устройства отвода ПВС с люком цистерны. Это соединение обеспечивается разработанным герметизирующим диском, который исключает неорганизованный выход паров в атмосферу. Под действием разрежения, создаваемого насосом, или вследствие явления «обратного выдоха» ПВС из полости цистерны направляется по герметичному трубопроводу в адсорбер. При прохождении через слой сорбента углеводородные пары задерживаются в его порах, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Процесс продолжается в течение всего времени выгрузки и подготовительно-заключительных работ.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило значительные выбросы загрязняющих веществ при

выгрузке нефтепродуктов из железнодорожных цистерн. Существующие методики расчета недооценивают объем выбросов на 8-10% для условий Хабаровского края.

Разработана комбинированная методика оценки выбросов, сочетающая инструментальные измерения и расчеты, что повышает точность инвентаризации. Предложено техническое решение в виде адсорбционной установки с герметизацией цистерн.

Практическая значимость работы заключается в возможности снижения экологической нагрузки от объектов железнодорожной инфраструктуры. Разработанные решения готовы к внедрению на действующих сливных эстакадах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО "НИИ Атмосфера". Методическое пособие по расчету, нормированию, и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух / ООО "НИИ Атмосфера" – Санкт-Петербург, 2012. – С. 224.
2. ГОСТ 2517-2012. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб. утверждён приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1448 – введ. 1.03.2014 г. - М.: Стандартинформ, 2014. – С. 35.
3. Патент на полезную модель № 231302 U1 Российская Федерация, МПК G01F 3/00. устройство для измерения объема испарения нефтепродукта из железнодорожных цистерн при выполнении сливных операций: заявл. 27.08.2024: опубл. 22.01.2025 / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».
4. Кузьмин О.С., Луценко А.Н., Куликова Е.С., Ткаченко А.З. К вопросу об источниках загрязняющего воздействия отгрузки нефтепродуктов при их перевозке железнодорожным транспортом // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 237–240.
5. Коршак А.А., Кулагин А.В. Методика расчета потерь бензинов из подземных горизонтальных резервуаров АЗС // Нефтегазовое дело. – 2003. – № 1.
6. Коршак С.А. Совершенствование методов расчета потерь бензинов от испарения из резервуаров типов РВС и РВСП: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: специальность 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» - Уфа, 2003. – С. 174.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

АННОТАЦИЯ

В статье представлена разработка модели расчета показателей эффективности системы экологического менеджмента (СЭМ) на опасных производственных объектах (ОПО). Анализируются ключевые индикаторы: ожидаемый экологический ущерб (ОЭУ), индекс экологического риска (ИЭР) и показатели результативности (ПОР, ПУР) в соответствии со стандартами ISO 14001 и ISO 14031. Предложена трехуровневая структура модели с использованием визуально-информационных моделей и балльной системы оценки. Разработан прототип для Visual Basic for Applications (VBA) на примере нефтеперекачивающей станции, позволяющий автоматизировать расчеты ОЭУ и ИЭР для минимизации рисков и устойчивого развития.

1. ВВЕДЕНИЕ

В условиях, когда с каждым годом наблюдается ужесточение требований в области защиты окружающей среды, одной из наиболее актуальных задач для предприятий становится не формальное выполнение предписаний, а реальная интеграция экологических принципов в производственные процессы, минимизация рисков негативного воздействия и обеспечения устойчивого развития.

В отличие от промышленной безопасности, где накоплен значительный опыт количественной оценки, и система показателей более проработана, в области экологического менеджмента (СЭМ) до сих пор сохраняется недостаток унифицированных и прикладных методик, которые могли бы объективно оценивать результативность предпринимаемых мероприятий. В этих условиях разработка модели расчёта показателей эффективности СЭМ, особенно применительно к опасным производственным объектам (ОПО), приобретает особую значимость.

2. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЭМ

Документом, входящим в основу СЭМ, является российский национальный стандарт ГОСТ Р № ИСО 14001–2016, эквивалентный международному стандарту ISO 14001. По своей сути документ строится на цикле Шухарта–Деминга, формулирует требования в максимально универсальной форме, и без подготовленных специалистов компании начинают тратить время на внутренние трактовки и согласования, вместо того чтобы выстраивать реальные экологические процессы и снижать воздействие на окружающую среду [1].

С целью минимизации трудозатрат на формирование и практическую реализацию СЭМ

обоснована необходимость разработки модели расчёта показателей её эффективности, однако для этого необходимо в первую очередь определить показатели эффективности.

2.1. Ожидаемый экологический ущерб

Первым показателем, который может встать в основу СЭМ, является ожидаемый экологический ущерб (ОЭУ). ОЭУ является фундаментальным элементом, так как закладывает финансовую базу и оценку потенциальных экономических потерь, на основе которых затем строится вся система управления рисками.

Это тот показатель, который является неотъемлемой частью декларации промышленной безопасности, где указывается информация о характере и степени опасности объекта, а также меры по защите окружающей среды и населения от возможных аварийных ситуаций. Проблема данного показателя в том, что учитывает он далеко не все факторы – методическая база, которая могла бы полноценно этот аспект проработать, на данный момент не создана. Тем не менее, допустимо ограничиться теми факторами, которые в первую очередь используются для расчета этого показателя:

- площади земель, подвергшихся загрязнению вследствие аварии представлено в методике [2];
- исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды представлено в методике [3];
- исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного вследствие выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов загрязняющих веществ в водные объекты представлено в Правилах [4].

Рассчитанные величины необходимо объединить в один интегральный показатель. В основе лежит стоимостное приведение – все компоненты переводятся в денежные единицы с использованием нормативных ставок и коэффициентов значимости. Затем эти денежные оценки (D_i) просто суммируются в рамках одного сценария аварии, давая «конечную цифру» ущерба. При построении модели эффективности СЭМ эту «конечную цифру» можно дополнительно взвесить с вероятностью сценария (P_i), получив ожидаемый экологический ущерб (ОЭУ), в итоге выводится классическая формула:

$$\text{ОЭУ} = \sum_i P_i \cdot D_i, \quad (1)$$

Таким образом, сводя разнородные компоненты ущерба к единой стоимостной основе и включая вероятность сценариев, мы получаем инструмент, который связывает риски, затраты и эффекты СЭМ в одну модель. Это позволяет не просто оценивать ущерб, но управлять им, видеть отдачу инвестиций в природоохранные мероприятия и корректировать стратегию развития СЭМ в динамике.

2.2. Индекс экологического риска

Индекс экологического риска (ИЭР) является ключевым компонентом для идентификации и управления экологическими рисками в рамках общей программы экологического менеджмента. Если ОЭУ позволяет оценить проблему постфактум, то ИЭР можно использовать как показатель, на который можно ориентироваться – проактивно управлять и смягчать экологические риски в контролируемом пространстве [5].

Проактивность проявляется в том, что ИЭР помогает принимать более обоснованные управленческие решения относительно совокупности всех физических объектов и пространств, которые находятся под контролем организации и планировать будущие потребности. Организация устанавливает пороговые значения для каждой категории риска, чтобы разделить приемлемый и неприемлемый риск, и эти баллы используются для принятия управленческих решений [6].

ИЭР состоит из ряда вопросов с множественным выбором, охватывающих каждую из категорий риска. Каждому ответу с множественным выбором соответствует числовое значение. После ответа на вопросы это приводит к получению показателя риска для данной категории.

В соответствии с методологией анализа экологического риска, основанной на ISO 14001, используется пятиэтапный процесс идентификации экологических аспектов [6]:

1. Составление списка всех видов деятельности на рассматриваемом объекте.
2. Характеристика нормативно-правового и экологического контекста.
3. Применение критериев значимости.
4. Рассмотрение инженерных или эксплуатационных альтернатив.
5. Оценка риска.

Полученные баллы риска затем ранжируются для приоритизации мер контроля и установления измеримых целей в СЭМ.

2.3. Показатели результативности экологической деятельности

Показатели результативности экологической деятельности описаны в ISO 14031 и подразделяются на Показатели операционной результативности (ПОР) и Показатели управленческой результативности (ПУР) и необходимы для систематической оценки и управления воздействием организации на окружающую среду [7].

ПОР необходимы для отслеживания результативности и фактического воздействия (например, потребление ресурсов или количество выбросов). Они отвечают на вопрос: «Насколько хорошо мы работаем в этой области?».

ПУР оценивают усилия руководства, направленные на улучшение результативности. Они отвечают на вопрос: «Насколько хорошо мы управляем этой работой и улучшаем ее?».

На практике показатели результативности экологической деятельности адаптированы к условиям каждой организации. Общие области применения включают управление энергопотреблением, сокращение отходов, контроль выбросов, эффективность использования ресурсов и отслеживание соответствия требованиям. Независимо от отрасли, эти показатели должны быть структурированы и соответствовать целям. Разделяя показатели на ПОР и ПУР, организация удовлетворяет требованиям стандарта ISO 14001 по оценке эффективности и стремится к постоянному совершенствованию: ПОР указывают на то, где возникают воздействия, а ПУР обеспечивают активное реагирование руководства на них [7].

3. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Модель расчета показателей эффективности СЭМ имеет трехуровневую иерархическую структуру:

1. Риск-ориентированные показатели.
2. Показатели результативности.
3. Интегральный показатель, или синтез риск-показателей и показателей результативности.

В качестве прототипа для разработки модели будет рассмотрена нефтеперекачивающая станция (НПС), которая классифицируется согласно Федеральному закону № 116-ФЗ как ОПО.

3.1. Идентификация экологических аспектов

Процесс идентификации является ключевым компонентом для расчета ИЭР и выполняется в соответствии с пятиэтапным анализом рисков.

На первом этапе необходимо составить перечень всех процессов и оборудования НПС, которые могут потенциально взаимодействовать с окружающей средой. Основной деятельностью НПС является перекачка нефти по магистральному нефтепроводу и состоит из ряда ключевых процессов:

- прием и транспортировка нефти по подводящим и напорным нефтепроводам;
- очистка нефти через фильтры-грязеуловители;
- сбор и хранение утечек (дренажные емкости);
- эксплуатация и техническое обслуживание.

Второй этап заключается в характеристике нормативно-правового и экологического контекста. Необходимо учитывать законодательные и нормативные требования в отношении выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов в водные объекты и загрязнения почв. Организация должна рассмотреть данные о состоянии

окружающей среды (например, качество грунтовых, поверхностных вод, состояние почв) для идентификации тех видов деятельности, которые могут оказать воздействие в конкретной ситуации. Также необходимо выделить основные риски. НПС является ОПО, для которого ключевым риском является разгерметизация оборудования и трубопроводов с последующим проливом нефти.

На третьем этапе следует применить критерии значимости – выделить те аспекты, которые могут оказать одно или более значимых экологических воздействий. Для НПС основное внимание должно быть уделено аспектам, связанным с нефтью. Критерии значимости могут быть выбраны как на основе анализа рисков, так и на основе мнения заинтересованных сторон.

На этом этапе целесообразно использовать визуально-информационные модели (ВИМ), такие как блок-схемы, которые позволяют не только структурировать список экологических аспектов, но и наглядно показать их значимость в сравнении друг с другом. Например, с помощью матрицы «риск – воздействие» или схемы потоков нефти можно визуализировать, какие операции несут наибольший экологический риск и каким заинтересованным сторонам они наиболее критичны [8].

Четвертый этап предполагает анализ того, какие инженерные решения или изменения в эксплуатации могут снизить или устранить идентифицированные значимые аспекты. Например, предупреждение разгерметизации посредством использования насосов с торцевыми уплотнениями; оснащение оборудования предохранительными клапанами и антикоррозионным покрытием; регламентные испытания на прочность и герметичность.

На завершающем этапе проводится оценка риска для ранжирования полученных баллов риска. Это позволяет установить измеримые цели в СЭМ и принимать обоснованные управленческие решения. На основе этой оценки НПС может выбрать соответствующие ПУР, например, частота проведения аудитов или объем обучения персонала и ПОР, например, снижение выбросов или эффективности использования ресурсов, чтобы целенаправленно работать над снижением значимых экологических аспектов.

3.2. Механизм расчета и применения ИЭР на основе балльной системы

После идентификации экологических аспектов и оценки риска, расчет ИЭР выполняется с использованием балльной системы:

1. Формирование вопросов по категориям риска с множественным выбором.

2. Присвоение числового значения каждому ответу с множественным выбором.

3. Получение показателя риска для рассматриваемой категории на основе ответов на вопросы.

4. Установление пороговых значений для каждой категории риска.

5. Принятие управленческих решений на основе полученных баллов.

Таким образом, оценка ИЭР начинается с концептуальной идентификации экологических аспектов, за которой следует количественная оценка путем ответов на вопросы и присвоения баллов для каждой категории риска.

4. ПРОТОТИПНАЯ МОДЕЛЬ

Разработка модели-прототипа заключается в создании программного инструмента для количественной оценки эффективности СЭМ на ОПО с учётом возможных аварийных сценариев и их экологических последствий. Задачи прототипа включают:

– выделение и формализация ключевых аварийных сценариев на рассматриваемом ОПО (например, разгерметизация колонного оборудования с разливом легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) и последующим пожаром пролива);

– определение набора входных параметров (характеристики аварии и среды, объём и состав разлившегося вещества, метеорологические условия, параметры защиты и др.);

– разработка математической базы для расчёта аварийных последствий и экологических показателей;

– реализация вычислительных алгоритмов в среде VBA для автоматизации расчётов;

– формирование выходных показателей: итоговых значений ОЭУ, ИЭР, а также отчётных таблиц и графиков.

Математическая основа модели строится на стандартных методиках расчёта аварийных последствий и оценки ущерба. Так, общий экологический ущерб (ОЭУ) при разливе веществ может рассчитываться по формуле:

$$U = K_{вг} \cdot K_{в} \cdot K_{ин} \cdot K_{дп} \cdot \sum_{i=1}^n H_i, \quad (2)$$

где H_i – нормативный ущерб от i -го вещества, а $K_{вг}$, $K_{в}$, $K_{ин}$, $K_{дп}$ – коэффициенты, учитывающие вид объекта (водоём, почва и т.д.), класс опасности вещества, интенсивность и длительность загрязнения. Подобные формулы применяются для расчёта ОЭУ и интегральных индексов эффективности при различных типах аварий.

В качестве примера рассмотрим аварийный сценарий пожар пролива ЛВЖ. В этой модели принимаются следующие допущения:

– объём разлитой жидкости равен 1000 кг;

– условия воспламенения: мгновенное возгорание пролива при наличии источника огня;

– метеоусловия: безветрие, стандартные температура и атмосферное давление;

– длительность аварии: пожар продолжается до полного выгорания топлива (например, 60 минут);

– прочие: отсутствуют дополнительные утечки, система пожаротушения не срабатывает, удалённость населённых пунктов не учитывается.

Входными данными прототипа являются численные параметры аварийной ситуации и среды (объём разлива V , длительность аварии t , физико-химические свойства веществ, скорость ветра u , температура и т.д.), а также параметры системы реагирования и экономические коэффициенты. Пример программной реализации алгоритма расчёта представлен на рисунке 1.

```
Function Calc_OEU(V As Double, t As Double, u As Double, T As Double, k As Double) As Double
    Calc_OEU = (V * t) * (1 + u / 10) * (1 + T / 100) * k
End Function

Sub Scenario_C2()
    Dim V As Double, t As Double, u As Double, T As Double, k As Double, OEU As Double

    V = 20
    t = 30
    u = 2
    T = 15
    k = 1500

    OEU = Calc_OEU(V, t, u, T, k)

    Cells(2, 1) = "Сценарий: Пожар пролива"
    Cells(3, 1) = "Ожидаемый экологический ущерб (руб):"
    Cells(3, 2) = Round(OEU, 2)
End Sub
```

Рисунок 1 – Программная реализация алгоритма расчёта ожидаемого экологического ущерба

По этим данным модель вычисляет промежуточные величины (площадь и объём загрязнённой зоны, дозы теплового и токсического воздействия, расход тушащих средств и др.). Выходными параметрами прототипа являются рассчитанные значения ОЭУ и ИЭР, а также сформированные на их основе отчётные таблицы и графики.

Концептуально модель включает следующие блоки и потоки данных:

- ввод и проверка исходных данных: формирование начальных сценариев аварий (тип, параметры выброса, условия среды, состояние СЭМ и т.д.);

- расчёт аварийных последствий: вычисление физики аварии (размер дефекта, скорость потока, распространение разлива, интенсивность пожара);

- оценка экологического ущерба: расчёт воздействий на среды и их стоимостная оценка (например, использование формулы расчёта ОЭУ);

- расчёт показателей эффективности СЭМ: вычисление интегральных индексов, характеризующих соотношение достигнутых экологических эффектов и затраченных ресурсов;

- вывод результатов: генерация итоговых отчётов, графиков и сводных таблиц по рассчитанным величинам ОЭУ, ИЭР и другим показателям.

Предложенная модель обеспечивает логическую последовательность: от ввода аварийных сценариев и физических расчётов последствий к формированию итоговых показателей эффективности СЭМ. Такой подход соответствует принципу непрерывного совершенствования системы экологического менеджмента и ориентирован на устойчивое развитие производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова, Е.Э. Сравнение систем экологического менеджмента в российском и международном стандартах / Е.Э. Смирнова, И.А. Соломатин // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: Материалы IX Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 18–23 апреля 2022 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 221-224. – EDN YPCTZL.

2. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах / под. ред. А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, Х.А. Азметов. М.: ТрансПресс. – 1996. – С. 10–16.

3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» от 08.07.2010 № 238 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010 г. – № 40. – с изм. и допол. в ред. от 18.11.2021.

4. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации» от 31.05.2023 № 881 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2023 г. – № 23. – Ст. 4191 (Часть 1).

5. Review of the PBS Environment Program // GSA Office Of Inspector General [Электронный ресурс]. – URL: www.gsaig.gov/sites/default/files/audit-reports/A050040_1.pdf (дата обращения: 22.09.2025).

6. Rodger, M.H., Springer N.K. Risk-Based Environmental Aspects Assessment // SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Nice, France, April 2008. doi: <https://doi.org/10.2118/111946-MS>.

7. ГОСТ Р ИСО 14031-2016. Экологический менеджмент. Оценка экологической результативности. Руководство по оценке экологической эффективности. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 36 с.

8. Сергеев, О.Ю. Роль визуально-информационных моделей в процессе внедрения системы экологического менеджмента / О.Ю. Сергеев, И.Г. Русскова // Неделя науки инженерно-строительного института – 2025: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 01–04 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. – С. 283-286. – EDN PXSIXZ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОННЫХ АППАРАТОВ: ОТ КЛАССИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ К НОВЫМ МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ СИСТЕМАМ

АННОТАЦИЯ

В статье проведён сравнительный анализ и численное моделирование работы циклонных аппаратов различных конструкций, включая классические циклоны, модификации с рециркуляционным контуром и усовершенствованные многоступенчатые системы. Применены методы вычислительной гидродинамики (CFD) с использованием RNG k-ε модели турбулентности и открытого программного обеспечения OpenFOAM. Доказано, что классические и рециркуляционные циклоны имеют ограничения в эффективности улавливания мелкодисперсных частиц (<10 мкм), что делает необходимым переход к многоступенчатым системам. Подробно рассмотрены принципы работы многоступенчатого циклона нового образца, а также влияние числа входных патрубков второй ступени на производительность и гидравлическое сопротивление. Результаты демонстрируют значительный потенциал предложенной конструкции для применения в экологически безопасных промышленных процессах, включая аддитивное производство.

1. ВВЕДЕНИЕ

Задачи очистки промышленных выбросов от пыли и аэрозолей остаются актуальными в условиях роста объемов производства и ужесточения экологических требований. По данным Гидрометцентра России и Росгидромета, ежегодно в атмосферу выбрасываются 1200–5900 тонн твердых частиц различного происхождения [1, 2]. Наиболее распространённым оборудованием для улавливания твердых частиц являются циклонные пылеуловители, отличающиеся простотой конструкции и надёжностью работы. Однако классические циклоны демонстрируют ограниченную эффективность при улавливании мелкодисперсных частиц [3]. Для повышения эффективности разработаны модификации с рециркуляционным контуром и многоступенчатые системы, обеспечивающие каскадное разделение фракций. Современные CFD-подходы позволяют оптимизировать аэродинамику таких аппаратов [4].

Цель исследования: изучение аэродинамики и эффективности циклонных аппаратов различных конструкций, анализ эволюции от классических к многоступенчатым системам и оценка влияния числа входных патрубков второй ступени

многоступенчатого циклона на его производительность.

1.1. Задачи:

- Проанализировать работу классического циклона.
- Исследовать ограничения циклона с рециркуляционным контуром.
- Выполнить моделирование усовершенствованного многоступенчатого циклона нового образца.
- Оценить влияние числа входных патрубков второй ступени на производительность и гидравлические характеристики.

1.2. Методы исследования

Для решения задач применялся комплексный подход:

- Аналитический расчёт эффективности и гидравлического сопротивления;
- CFD-моделирование движения газового потока и траекторий частиц (ANSYS Fluent, OpenFOAM);
- RNG k-ε модель турбулентности, учитывающая завихрённость потока[5].
- Использование открытого программного обеспечения (Salome для создания 3D-модели, SnappyHexMesh для генерации расчётной сетки, OpenFOAM для расчётов, ParaView для визуализации) для построения геометрии, сетки и анализа распределения скоростей и давлений[4].

Математическая модель основана на RNG k-ε модели турбулентности:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m + S_k$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} \rho \varepsilon u_i = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1f} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R_\varepsilon + S_\varepsilon$$

где

k — кинетическая энергия турбулентности, ε — диссипация,

G_k, G_b — генерация за счёт градиентов скорости и плавучести [6].

Граничные условия: скорость входа 5–24 м/с, плотность газа 1,225 кг/м³, no-slip на стенках. Для многофазных потоков использован лагранжево-эйлеров подход с MPPICFoam и LES-моделью [6].

Цель исследования: исследование аэродинамики и эффективности циклонных аппаратов различных конструкций, анализ эволюции от классических к многоступенчатым системам, а также оценка влияния числа входных патрубков второй ступени на производительность.

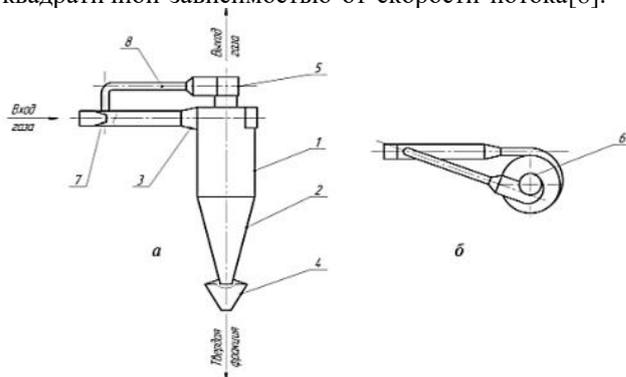
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Классический циклон

Классический циклон представляет собой цилиндрическо-коническую конструкцию, где запыленный газ вводится тангенциально, формируя вихревой поток. Центробежные силы обеспечивают осаждение частиц размером >20 мкм с эффективностью до 95%, однако улавливание мелкодисперсных фракций (<10 мкм) не превышает 40–50%. CFD-моделирование подтвердило наличие центрального восходящего вихря и пристеночного нисходящего потока, формирующих траектории осаждения частиц. Главными ограничениями классического циклона является прямая зависимость эффективности от энергозатрат и низкая сепарация мелких фракций [7].

2.2. Циклон с рециркуляционным контуром

Циклон с рециркуляционным контуром (Рисунок 1) предусматривает возврат части очищенного газа, содержащего мелкие частицы, во входной патрубок через рециркуляционную трубу (диаметр 0,045 м при диаметре корпуса 0,3 м). Это увеличивает концентрацию частиц и вероятность их агломерации, что повышает эффективность улавливания до 97% для частиц 10–20 мкм. Моделирование в 3D (сетка ~289 000 тетраэдров) с применением RNG к-ε модели выявило максимальную скорость в пристеночной зоне (до 24 м/с) и снижение к дну. Гидравлическое сопротивление возрастает на 5–10% по сравнению с классическим циклоном, что согласуется с квадратичной зависимостью от скорости потока [8].



а - главная часть; б – вид сверху

Рисунок 1 – конструкция циклона с рециркуляцией [8].

Несмотря на улучшение, рециркуляционный циклон обладает значительными недостатками. Во-первых, эффективность улавливания субмикронных частиц (<5 мкм) остаётся недостаточной (55–65%), что ограничивает его применение в высокоточных процессах. Во-вторых, увеличение рециркуляции приводит к росту турбулентных потерь и неравномерности распределения потоков, что снижает общую энергоэффективность. Таким образом, рециркуляционный циклон является промежуточным этапом эволюции, уступающим по характеристикам усовершенствованным многоступенчатым системам.

2.3. Усовершенствованный многоступенчатый циклон нового образца

Следующей ступенью развития является усовершенствованный многоступенчатый циклон нового образца, обеспечивающий каскадное разделение частиц в две стадии. Конструкция включает внешний цикл для осаждения крупных фракций (>10 мкм) и внутренний цикл с множеством входных патрубков для улавливания мелкодисперсных частиц (<5 мкм). Газовый поток вводится тангенциально во внешний цикл, где центробежные силы отделяют крупные частицы, которые осаждаются в нижний бункер. Очищенный газ с остаточными мелкими частицами направляется во внутренний цикл, где дополнительные входные патрубки создают локальные зоны повышенной турбулентности и рециркуляции, способствующие агломерации и осаждению субмикронных фракций (Рисунок 2).

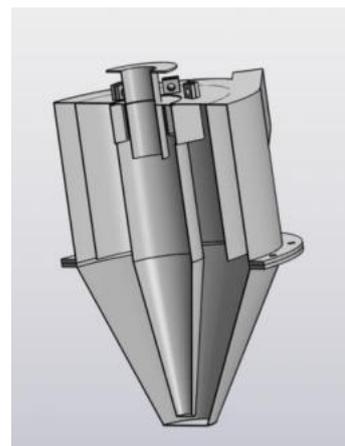


Рисунок 2 – схема многоступенчатого циклона

Принцип работы основан на последовательном использовании центробежного и инерционного эффектов. Внешний цикл функционирует как классический циклон, тогда как внутренний цикл оптимизирован для тонкой сепарации благодаря регулируемому числу входных патрубков (от 2 до 6). Увеличение числа патрубков

усиливает равномерность распределения потока и повышает эффективность улавливания до 84–85% для частиц <2 мкм при гидравлическом сопротивлении, возрастающем всего на 5% относительно классического циклона. Однако чрезмерное увеличение числа патрубков (более 3) приводит к росту турбулентных потерь и гидравлического сопротивления (до 1,8 кПа при расходе 0,5 м³/с), что требует компромиссного подбора параметров (Рис.3 — линии тока в циклоне с 6 патрубками).



Рисунок 3 — линии тока в циклоне с 6 патрубками.

CFD-анализ с использованием MPPICFoam и LES-модели показал устойчивую вихревую структуру с зонами рециркуляции во внутренней ступени, повышающими сепарацию на 15–20% по сравнению с рециркуляционным циклоном. Визуализация в ParaView подтвердила равномерное распределение скоростей (до 10 м/с в вихре) и давления (Рис. 4 – распределение давления в циклоне). Для SLM-установок такая конструкция обеспечивает очистку инертной среды (азот, аргон) от металлических порошков при температурах 300–800 К, что критично для поддержания качества продукции.

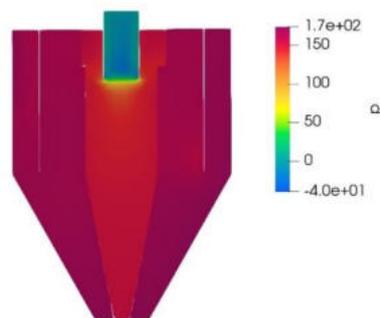


Рисунок 4 - Распределение давления в циклоне

3. РЕЗУЛЬТАТЫ:

Переход от классического циклона к рециркуляционному и далее к многоступенчатому обеспечивает поэтапное повышение эффективности очистки.

Таблица сравнительного анализа:

Конструкция	Эффективность	Улавливание	Сопротивление	Особенности
Классический	90–95 % (>20 мкм)	Низкое <10 мкм	1250–1500 Па	Простота
С рециркуляцией	До 97 % (10–20 мкм)	Среднее	+5–10 %	Агломерация частиц
Многоступенчатый	>98 % (>5 мкм), 84 % (<2 мкм)	Высокое	+5 %	Число патрубков второй ступени

Многоступенчатый циклон демонстрирует наилучший баланс эффективности и энергоэффективности, особенно для субмикронных частиц, что подтверждено исследованиями для аддитивных технологий. Влияние числа патрубков требует дальнейшей оптимизации для минимизации сопротивления.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

На основе проведённого исследования сделаны следующие выводы. Классические циклоны эффективны для частиц >20 мкм (90–95%), но недостаточны для мелкодисперсных фракций (<10 мкм, 40–50%), ограничивая их применение в современных процессах. Циклоны с рециркуляцией повышают эффективность до 97% для 10–20 мкм за счёт агломерации, однако селективность для <5 мкм остаётся низкой (55–65%), а гидравлическое сопротивление растёт на 5–10%, что указывает на их промежуточный характер.

Усовершенствованный многоступенчатый циклон нового образца обеспечивает эффективность >98% (>5 мкм) и 84–85% (<2 мкм) благодаря каскадной сепарации, с увеличением сопротивления лишь на 5%. Число входных патрубков второй ступени (2–6) существенно влияет на производительность: рост патрубков улучшает равномерность потока, но возрастают турбулентные потери. CFD-моделирование с OpenFOAM и

визуализация в ParaView подтвердили надёжность подхода для анализа аэродинамики.

Исследование способствует разработке энергоэффективных газоочистных систем, соответствующих экологическим стандартам аддитивного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гидрометцентр России. Состояние и загрязнение атмосферного воздуха. – URL: <https://meteoinfo.ru>, .

2. Романовская, А. Ю. Аэрозольная пыль почвенного происхождения в атмосфере; источники, количество, свойства Бюл. Почв. ин-та. 2021. №109. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aerazolnaya-pyl-pochvennogo-proishozhdeniya-v-atmosfere-istochniki-kolichestvo-svoystva-obzor> (дата обращения: 14.05.2025). / А. Ю. Романовская, И. Ю. Савин // Бюл. Почв. ин-та. – 2021. – № №109.

3. Ganegama Bogodage, S. CFD simulation of cyclone separators to reduce air pollution / S. Ganegama Bogodage, A. Y. T. Leung. – DOI 10.1016/j.powtec.2015.08.023 // Powder Technology. – 2015. – Vol. 286. – P. 488-506 4. Моделирование внутренней аэродинамики инерционных пылеуловителей для установок послойного синтеза методом селективного лазерного плавления : 147-151 / О. И. Седяров, Е. С. Бородина, А. А. Полифтова [и др.]. – 2019. – Т. 2.

5. Vakamalla, T. R. Numerical simulation of industrial hydrocyclones performance: Role of turbulence modelling / T. R. Vakamalla, N. Mangadoddy. – DOI 10.1016/j.seppur.2016.11.049 // Separation and Purification Technology. – 2017. – Vol. 176. – Numerical simulation of industrial hydrocyclones performance. – P. 23-39.

6. Experimental and numerical studies on a new double-stage tandem nesting cyclone / G. Yu, S. Dong, L. Yang [et al.]. – DOI 10.1016/j.ces.2021.116537 // Chemical Engineering Science. – 2021. – Vol. 236. – P. 116537.

7. Очистка и дезодорация газовой воздушной выбросов / В. А. Пронин, В. О. Мамченко, О. В. Долговская, В. А. Цветков. – Санкт-Петербург, 2022. – 156 с. – ISBN 978-5-7577-0668-9.

8. Гребенчук, П. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА В ЦИКЛОНЕС РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ» (ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА В ЦИКЛОНЕ С РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ / П. С. Гребенчук, Д. Ю. Мытько // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 20220. – № 16. – С. 58-62

А.А. Суриков, Ю.Н. Коваль

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Красноярский край, Россия

ОТ ОТХОДОВ — К ЗАЩИТЕ: ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА

АННОТАЦИЯ

В настоящей статье представлен результат создания инновационного полимерного композита, разработанного по принципу «отходы — в ресурс». Основу материала составляют два техногенных потока: пыль от производства карбамидно-меламино-фурановых смол и отработанные моторные масла. Их рациональное вовлечение в производственный цикл позволяет одновременно решить две стратегические задачи: надёжную защиту промышленного оборудования — за счёт формирования покрытия, снижающего скорость коррозии на 93%; безопасную утилизацию опасных отходов, исключая их захоронение и минимизируя вторичное загрязнение. Разработанное покрытие характеризуется высокой адгезией к металлическим поверхностям, устойчивостью к агрессивным химическим средам, экстремальным температурам и длительному воздействию влаги. При этом его применение экономически целесообразно: себестоимость защитного слоя на 25–30% ниже аналогов на основе первичного сырья.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Нефтегазовый комплекс остается одним из крупнейших источников техногенного воздействия на окружающую среду. Ежегодно миллионы тонн нефтепродуктов становятся источником загрязнения биосферы. По данным ООН, только в России ежегодно образуется более 1,5 млн тонн отработанных масел, из которых менее 20% проходят полноценную переработку. Коррозия металлических конструкций остаётся одной из ключевых проблем в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, нефтегазовую, строительную отрасль. Ежегодно около 30% стали выходит из строя в результате протекания коррозионных процессов. Под угрозой аварийного разрушения находится до 50% металлических конструкций на производствах **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Для замедления процессов коррозии широко применяют антикоррозионные покрытия. Применение таких покрытий не требуют принципиального изменения технологических схем и наиболее выгодно с экономической точки зрения. Традиционные методы защиты в нефтегазовом комплексе — лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных или алкидных смол — сами по себе являются источником загрязнения: они токсичны, не поддаются биоразложению и требуют сложной утилизации. Несмотря на значительный в настоящие

время ассортимент антикоррозионных покрытий — идет постоянный поиск новых, современных и безопасных композиций [1,2].

Традиционные лакокрасочные материалы на основе эпоксидных, полиуретановых или алкидных смол обладают рядом недостатков: склонность к старению, растрескиванию, недостаточная водостойкость и устойчивость к УФ-излучению. При обработке материалов и конструкций от коррозии, защита должна носить высокую степень надежности, а также быть экономически целесообразной [3]. В связи с этим возникает потребность в разработке новых композитов с улучшенными защитными свойствами, в том числе на основе полимеров и остаточного продукта нефтепереработки.

Современные исследования показывают [4], что органические композиции могут быть оптимизированы путем комбинирования различных компонентов, что позволяет улучшить их защитные свойства и расширить область применения. Другие исследования [5] фокусируются на роли полимерных связующих и добавок, которые улучшают механическую прочность и химическую стойкость защитных покрытий.

Цель данного исследования — разработать и апробировать экологичный полимерный композит, который снижает риск коррозионных разрушений, утилизирует опасные отходы нефтепереработки, минимизирует потребление первичного.

На базе ФГБОУ ВО Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России ведутся исследования, направленные на создание и совершенствование экологически безопасных полимерных композитов на основе отходов нефтепереработки, способных подавлять окислительные реакции, протекающие на поверхности металлических изделий.

В качестве основы композита использована тонкодисперсная пыль-порошок карбамидно-меламино-фурановых смол — побочный продукт производства полимерных сорбентов. Этот материал ранее считался отходом, но благодаря своей химической структуре идеально подходит для формирования плотных, термостойких пленок (Рис.1).

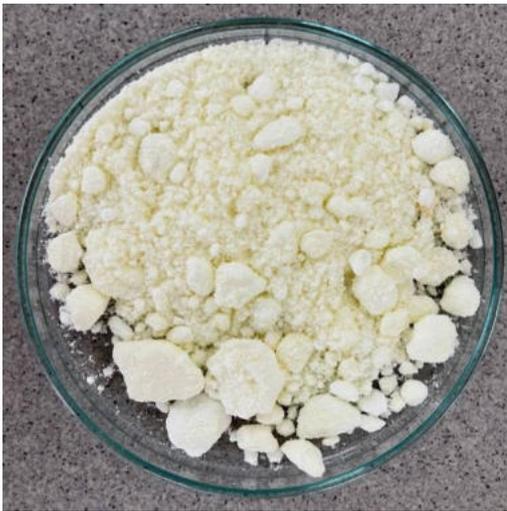


Рисунок 1 - Основа полимерного композита

В качестве модификатора применены остаточные продукты нефтепереработки — отработанные моторные масла. Эти масла, содержащие углеводородные фракции и функциональные присадки, после очистки и диспергирования вводятся в полимерную матрицу, усиливая ее гидрофобность и адгезию. Использование остаточных продуктов нефтепереработки в рецептуре позволяет переработать до 15–20% отходов в полезный продукт, снижая нагрузку на полигоны и предотвращая попадание токсинов в почву и грунтовые воды.

В качестве веществ, способствующих снижению скорости коррозионных процессов в полимерную матрицу, вводили специализированные функциональные наполнители [5].

В результате комплексного перемешивания компонентов на уровне нано- и микрогетерогенной структуры был получен композиционный материал в виде пластичной консистентной массы. Полученный состав характеризуется отсутствием абразивных свойств и способностью образовывать на поверхности металлических изделий сплошное защитное покрытие, выполняющее барьерную функцию в отношении коррозионно-активных агентов окружающей среды. Необходимо отметить, что важным параметром является выборка размера частиц: использование тонкодисперсных порошков (< 5 мкм) способствует улучшению адгезии и снижению вероятности образования дефектов.

Стоит отметить, что разработанное покрытие обладает рядом преимуществ перед традиционными методами защиты металлов [4]:

- высокая устойчивость к влаге и химическим веществам;
- способность выдерживать температурные колебания;
- простота нанесения и обработки;
- являются биоразлагаемыми и утилизируются без ущерба окружающей среде.

1.2 Материалы и методы

В качестве опытного образца брали стальные пластины Ст3, обработанные пескоструйной очисткой до степени Sa 2.5. Сталь марки Ст3 является одной из самых востребованных в промышленности.

Одна опытная пластина была с надрезом и одна без надреза, размеры образцов 100*100*2 мм. После приготовления защитного покрытия его наносили на опытный образец методом пневматического распыления. Отверждение суспензии проводили при 130–140 °С в течение 30–40 мин. Толщина покрытия — 120–180 мкм.

Поскольку взаимодействие материалов со средой осуществляется с поверхности, то для выявления ее активности необходимо применение структурно-чувствительных методов, позволяющих ранжировать материалы по коррозионной стойкости в конкретных средах. Тестирование покрытия на устойчивость к коррозии проводили в атмосфере распыляемого пятипроцентного раствора хлорида натрия в воде (5% NaCl), при относительной влажности 98-100% (ISO 2081-2017.). Данный метод испытаний используется как универсальный метод испытаний на коррозионную стойкость материалов вне зависимости от того, для каких условий эксплуатации предназначены испытываемые материалы [6].

Тестирования могут быть окончены после появления первых признаков коррозии на образцах. Либо изделия могут выдерживаться стандартное время испытаний – 24, 48, 96 и 240 часов. После испытаний образцы были промыты в дистиллированной воде и высушены на воздухе. Поперечная морфология покрытий после испытаний на коррозионную стойкость исследовались на оптическом микроскопе.

На промежуточных временных точках образцы извлекали из камеры, осуществляли визуальную проверку и фиксировали состояние: наличие пузырей, ширину отслоения.

1.3 Результаты и их обсуждение

В ходе лабораторного исследования в предварительно подготовленную жидкую фазу вводили отход производства полимерных сорбентов, представляющий собой тонкодисперсную пыль-порошок карбамидно-меламино-фурановых смол. В качестве модифицирующих компонентов добавляли функциональные наполнители, включающие сверхтонкие наночастицы и остаточные продукты нефтепереработки, полученные из отработанных моторных масел автотранспортных предприятий. В результате был получен композитный материал в виде пластичной консистентной массы. Полученный состав характеризуется отсутствием абразивных свойств и способностью образовывать на поверхности металлических изделий сплошное защитное покрытие, выполняющее барьерную функцию в отношении коррозионно-активных агентов окружающей среды [7].

Антикоррозионное покрытие наносится на поверхность металла и образует тонкую пленку, которая защищает металл от воздействия окружающей среды, включая влагу, кислород и агрессивные химикаты. Пленка обладает высокой адгезией и устойчивостью к механическим повреждениям.

Образцы стальных пластин, которые не были обработаны композиционным полимером, после их пребывания в соляной камере в течении 48 часов не было появлений следов окисления. У пластин с надрезом появились следы коррозии, произошло появление ржавых пятен и разводов. У образцов, которые были обработаны защитным составом через 96 часов пребывания в соляной камере, на поверхности образцов не наблюдалось признаков подпленочной коррозии, вздутия или отслаивания покрытия.

Образцы без надреза, обработанные составом, показали высочайшей стойкостью покрытия даже при экспозиции свыше 240 часов. Поверхность образцов, обработанных антикоррозионным составом, имеющие надрез, покрылась ржавыми разводами по краям и вокруг отверстий

Все испытанные образцы показали стойкость к красной коррозии при нахождении 48 часов в камере соляного тумана.

Таким образом, использование стальных пластин в качестве опытного образца позволило достоверно оценить защитные свойства разработанного композита в условиях, приближенных к реальным промышленным. Полученные результаты подтверждают перспективность применения покрытий для защиты широко распространённых сталей в различных отраслях хозяйства [8].

Стоит отметить, что для приготовления 10 кг композита потребовалось внести 2,2 кг отработанных масел – что подтверждает прямое снижение объема опасных отходов и снижает потребление первичных ресурсов (замена синтетических смол на отходы производства). Состав является биоразлагаемым — после окончания срока службы покрытие может быть утилизировано с добавлением бактерий нефтедеструкторов, не выделяя токсичных продуктов.

2. ВЫВОДЫ

Лабораторная оценка полимерного композита пониженной горючести на основе карбамидно-меламино-фурановых смол показала, что защита возможна путем снижения проницаемости агрессивных сред сквозь пленочную матрицу. Экспериментальные данные подтверждают снижение скорости коррозии металла до 93 % по сравнению с незащищённым образцом.

Скорость коррозии стальных пластин Ст3, которые не были обработаны защитным составом значительно превышает скорость коррозии образцов, на которые был нанесен полимерный композит на основе тонкодисперсной пыли-порошка карбамидно-меламино-фурановых смол. На

образцах, которые были обработаны полимерным композитом на основе тонкодисперсной пыли-порошка карбамидно-меламино-фурановых смол отсутствуют следы распространения коррозии, что подтверждает эффективность применения данного состава. Стоит отметить, что на структуру и физико-химические свойства композиции в значительной степени влияет соотношение компонентов, при изменении концентрации того или иного компонента, стоит ожидать изменения всего комплекса полимерного компонента.

Анализ полученных результатов показал, что использование карбамидно-меламино-фурановых смол в качестве матрицы для композиции способствует образованию плотного защитного слоя, эффективно препятствующего проникновению коррозионно-активных агентов – воды, кислорода и других окислителей к металлической поверхности. Это позволяет значительно снизить скорость электрохимических процессов окисления и повысить долговечность металлических конструкций. Пленкообразующие полимерные антикоррозионные покрытия играют важную роль в защите металлических поверхностей от разрушения, обеспечивая долговечность и надежность различных технических устройств и сооружений. Предложенный состав пленочной контактной композиции может быть рекомендован для практического применения в различных отраслях промышленности, где требуется надежная защита металлических поверхностей от коррозии, включая машиностроение, строительство, нефтегазовую и транспортную инфраструктуру [8].

Применение остатков нефтепродуктов в рецептуре антикоррозионного покрытия имеет ряд важных экологических преимуществ. Прежде всего это помогает сократить потребление новых сырьевых ресурсов, снижает количество отходов, требующих специальной утилизации, и требует меньше энергии, чем потребление нового продукта. Композит превращая отход в ресурс.

Таким образом на основании полученных экспериментальных данных возможно сделать обоснованный вывод о том, что разработанный полимерный композит на основе отходов нефтепереработки и пыли-порошка смол — это инновационное решение для экологизации нефтегазового комплекса. Кроме того, использование отходов в производстве снижает себестоимость материала на 25–30%, что обосновывает экономическую выгоду.

Материал обеспечивает высочайшую коррозионную защиту (93%), продлевая срок службы оборудования и снижая риск аварий и разливов.

Технология соответствует принципам циркулярной экономики: отходы становятся ресурсом, а не проблемой.

Композит биоразлагаем, нетоксичен, прост в нанесении и может применяться на любых промышленных объектах.

Внедрение таких решений позволит нефтегазовым компаниям снизить экологический след, сэкономить на утилизации отходов и ремонте оборудования.

нефтегазовом комплексе .— 2025 .— №2 .— С. 33-42
.— URL: <https://rucont.ru/efd/922417> (дата обращения: 13.09.2025)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваль, Ю. Н. Микробиологическая коррозия конструкционных материалов / Ю. Н. Коваль // Устойчивость материалов к внешним воздействиям : Сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 23 мая 2022 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2022. – С. 152-154.

2. Яковлева А. А., Анциферов Е. А., Гусева Е. А., Садловский С. В. Влияние защитного покрытия на основе органического связующего на коррозионную устойчивость стали // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. №4 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zaschitnogo-pokrytiya-na-osnove-organicheskogo-svyazuuschego-na-korrozionnuyu-ustoychivost-stali> (дата обращения: 12.07.2025).

3. Филиппова Л. С., Акимова А. С., Пикалов Е. С. Защитное полимерное покрытие с повышенными прочностными и адгезионными характеристиками // ИВД. 2023. №5 (101). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschitnoe-polimernoepokrytie-s-povyshennymi-prochnostnymi-i-adegezionnymi-harakteristikami> (дата обращения: 12.07.2025).

4. Dogra, V. et al. (2024). Polymer Based Composite Coatings in Engineering Applications. In: Verma, A., Gupta, H.S., Sethi, S.K. (eds) Hybrid Composite Materials. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-2104-7_9

5. Патент № 2626207 С Российская Федерация, МПК В01J 20/26, В01J 20/30. Композиция для полимерного сорбента и способ получения сорбента из композиции : № 2016120749 : заявл. 26.05.2016 : опубл. 24.07.2017 / В. М. Мелкозеров ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»

6. ГОСТ 9.509-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Средства временной противокоррозионной защиты. Методы определения защитной способности. - Введ. 1990-01-02. -М.: Издательство стандартов, 1989. - 34 с.

7. Определение параметров относительной эффективности пленкообразующих ингибиторов коррозии / А.В. Куршаков, С.И. Нефедкин, В.А. Рыженков, А.Н. Кукушкин // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. - 2008. -№6.-С. 51-56

8. Вагапов, Р.К. Оценка эффективности ингибиторов коррозии на объектах добычи и переработки газа / Р.К. Вагапов, А.Д. Гайзуллин // Защита окружающей среды в

К. Д. Тараторина, А. А. Соколов, С. А. Донцов
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», г. Санкт-Петербург, проспект Московский, дом 24-26/49, литер А, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ АТМОСФЕРЫ И СРАВНЕНИЕ ЕГО СОРБЦИОННОЙ ЁМКОСТИ С ДРУГИМИ ПОГЛОТИТЕЛЯМИ

АННОТАЦИЯ

Проведённое исследование относится к сфере экологической безопасности, а именно к методам сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу. Данный вредный (опасный) фактор в высоких концентрациях негативно влияет на здоровье человека, вызывая головные боли, усталость и снижение когнитивных функций. В природе избыток CO_2 усиливает парниковый эффект, приводя к изменению климата и нарушению экосистем. Результатом работы является разработанный метод улавливания диоксида углерода с применением в качестве сорбента водного раствора ацетона. Проведённые на лабораторной установке испытания подтвердили эффективность применения водного раствора ацетона в качестве сорбента по отношению к углекислому газу. Разработанный метод может быть использован для снижения выбросов CO_2 на промышленных объектах.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

CO_2 – химическая формула углекислого газа (диоксида углерода, оксида углерода (IV));

ppm – единица измерения концентрации и других относительных величин, представляющая собой одну миллионную долю;

МЭА – моноэтаноламин;

$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ – химическая формула ацетона.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Известно, что углекислый газ – одно из важнейших веществ, необходимых для существования всего живого на Земле. Он оказывает существенное влияние как на развитие и рост растений, участвуя в углеродном цикле, так и на жизнь людей и животных.

Влияние технического прогресса в промышленности (например, химической отрасли) на природу стремительно приобретает всё более глобальный характер. С продуктами сгорания в атмосферу поступает значительное количество диоксида углерода, что за последнее столетие привело к повышению концентрации CO_2 в атмосферном воздухе с 0,027 до 0,033 объёмных процентов [1].

В ходе математического расчёта и моделирования ученые выяснили [2], что за 2,5 миллиона лет содержание углекислого газа в атмосфере возросло с начальных 250 до 415 ppm, которые наблюдаются на данный момент. Стоит отметить, что со времен первых дальних

прямоходящих предшественников современного человека, которые появились 2,1-1,8 миллиона лет назад, и вплоть до 1965 года содержание углекислого газа было ниже 320 ppm. На основе приведённых выше фактов можно сделать вывод, что стремительное повышение уровня содержания углекислого газа в атмосфере пришлось именно на последние шесть десятилетий.

Обеспечение экологической безопасности всегда было актуальным вопросом для человечества. С конца прошлого столетия к основным глобальным угрозам относят изменение климата, связанного с глобальным потеплением на планете. Уверенность ученых в антропогенном факторе климатических изменений растёт с каждым днем.

В пятом отчете Межправительственной группы экспертов ООН по вопросам изменения климата, указано, что вероятность причастности человека к глобальному изменению климата повысилась и составляет 95 % [3]. Согласно четвертому отчету Межправительственной группы экспертов ООН по вопросам изменения климата 2007 года, такая вероятность составляла 90 % [4]. На сегодняшний день показатели остались прежними, поэтому борьба с негативными последствиями глобального изменения климата и в 2025 году является неотложным вопросом повестки дня на международных встречах высокого уровня.

Ученые считают [5], что к 2040 году в результате изменения климата, заметно замедлится экономическое развитие государств, снизится продовольственная безопасность, обострится социальное и экономическое неравенство, а потери будут только расти. Но, несмотря на то что проблема глобального потепления является ключевой в международной политике, прогресс на пути к ее решению происходит в очень сложных условиях международных переговоров, консультаций, дискуссий, поскольку многие государства руководствуются собственными экономическими интересами, что значительно усложняет поиск пути решения данного вопроса. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере Земли, ведущего к изменению климата, весьма опасен для человечества и требует безотлагательных действий.

Киотский протокол [6] стал первым юридическим документом, обязывающим страны ограничить количество выбросов углекислого и других парниковых газов с целью противодействия глобальному изменению климата. Парижское соглашение [7], пришедшее на смену Киотскому

протоколу и подписанное большинством государств мира в апреле 2016 года, начиная с 2020 года регулирует выбросы парниковых газов. По условиям соглашения все подписавшие его страны¹ должны добровольно сократить выбросы парниковых газов, вне зависимости от уровня экономического развития.

В связи с этим, разработка различных способов и технологий по снижению, переработке или утилизации парниковых газов является одной из наиболее актуальных тем на данный момент.

1.2 Цель и задачи исследования

Главная цель, реализованная в результате выполнения работы – разработка нового сорбционного метода поглощения диоксида углерода.

Для достижения поставленной цели необходимо изучить существующие способы сорбции CO₂, на основе полученных данных разработать способ улавливания углекислого газа путём выбора поглотителя, реализовать лабораторную установку и провести опыты с целью изучения абсорбции новым сорбентом, а также сопоставление поглотительной способности по отношению к CO₂ трёх сорбентов: воды [8], водного раствора МЭА (20 масс. % [9]) и исследуемого поглотителя.

2. ХОД РАБОТЫ

2.1 Определение и сопоставление сорбционной ёмкости трёх сорбентов

В качестве исследуемого сорбента был выбран ацетон. В работе использованы водные растворы низких концентраций (до 20 масс. %) указанного вещества, так как применение данного вещества ограничено Постановлением Правительства РФ от 30.06.1998 № 681 (ред. от 11.06.2025) «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации».

Вода, водные растворы МЭА (20 масс. %) и ацетона низких концентраций (менее 20 масс. %) использованы для поглощения углекислого газа из атмосферного воздуха. Процесс абсорбции углекислого газа с помощью ацетона исследован в широком диапазоне концентраций: 5-, 10- и 20-и процентные (масс.) растворы в воде, полученные в лаборатории экологического мониторинга, аккредитованной на анализ объектов атмо- и гидросферы.

Лабораторный абсорбер, внутрь которого помещён раствор сорбента, имеет две трубки: через первую в него подается атмосферный воздух, нагнетаемый воздушным компрессором, а через вторую выходит очищенный воздух. На выходе из абсорбера установлен газоанализатор, фиксирующий содержание углекислого газа в потоке. Значения концентрации CO₂ фиксировались

каждые 10 минут. Схема лабораторной установки представлена на Рисунок 6.

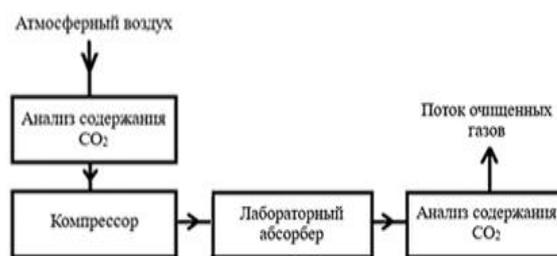


Рисунок 6 – Блок-схема лабораторной установки процесса абсорбции

Эксперимент проводится до тех пор, пока значение содержания углекислого газа в очищенном воздухе не начинает возрастать. Повышение указанного параметра означает насыщение исследуемого раствора диоксидом углерода.

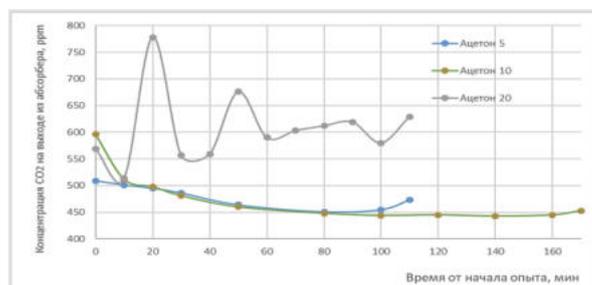


Рисунок 7 – График зависимости концентрации CO₂ на выходе из абсорбера от времени от начала опыта для водных растворов ацетона 5-, 10- и 20-и масс. % концентраций

На основе представленных данных о сорбционной ёмкости водных растворов ацетона разных концентраций (Рисунок 7) можно сделать вывод, что растворы 5-и и 10-и масс. % концентраций насыщаются углекислым газом через 70-80 минут от начала опыта, когда концентрация CO₂ в выходном потоке составляет ≈450 ppm.

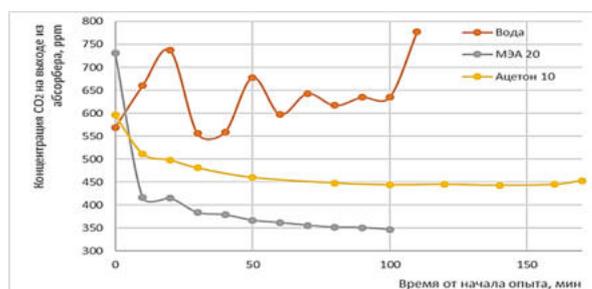


Рисунок 8 – График зависимости концентрации CO₂ на выходе из абсорбера от времени от начала опыта для воды и водных растворов ацетона 10 масс. %, МЭА 20 масс. %

В результате изучения зависимостей сорбционной ёмкости воды, водных растворов

¹ не подписано США, Турцией, а в Российской Федерации не ратифицировано

ацетона и МЭА от времени от начала опыта (Рисунок 8), отмечено, что поглощение углекислого газа водой происходит по затухающей синусоидальной зависимости (как и поглощение 5 масс. % водным раствором ацетона (Рисунок 7)), при этом 20%-ный (масс.) раствор МЭА насыщается диоксидом углерода через 80 минут от начала опыта, когда концентрация углекислого газа в выходном потоке составляет 350 ppm, а 10%-ный (масс.) раствор ацетона – через 70 минут, когда концентрация CO₂ принимает значение 450 ppm.

Описанные закономерности для водных растворов МЭА и ацетона говорят о подобии параметров сорбционной способности данных поглотителей. Таким образом, для проведения абсорбции углекислого газа водным раствором ацетона можно использовать технологическое оборудование, подобранное без учёта интенсивности процесса путём сравнения с протеканием взаимодействия CO₂ и водного раствора МЭА.

В зависимости от особенностей процесса абсорберы для очистки от углекислого газа могут изготавливаться из разных материалов: например, полипропилена, фторопласта, полиэтилена, стеклопластика, нержавеющей стали или титана [10].

2.2 Исследование продукта абсорбции CO₂ водным раствором ацетона

В ходе проведения процесса абсорбции оксида углерода (IV) водными растворами ацетона отмечено помутнение раствора (Рисунок 9), в результате отстаивания которого наблюдается выпадение осадка (Рисунок 10).



Рисунок 9 – Изменение внешнего вида водного раствора ацетона в процесса абсорбции углекислого газа

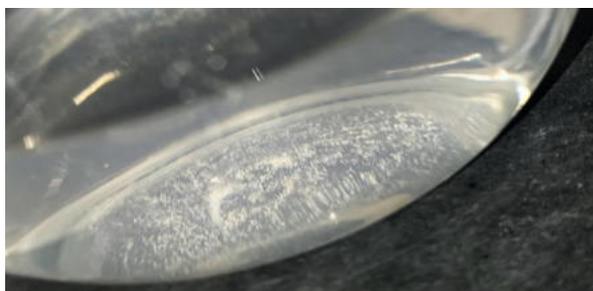


Рисунок 10 – Осадок, выпавший в результате отстаивания раствора на воздухе

Предположено, что в результате абсорбции диоксида углерода водным раствором ацетона происходит образование ионных продуктов.

2.3 Определение качественных параметров до и после процесса абсорбции CO₂ водным

раствором ацетона

С помощью измерителя Espada C-600 измерены показатели растворов ацетона разных концентраций (5-20 масс. %) до и после абсорбции углекислого газа: ОВП, pH, TSD, солесодержание. Сводные данные по изменению указанных характеристик исходных растворов и растворов после проведения реакции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение качественных параметров растворов в результате проведения процесса абсорбции водными растворами ацетона 5-и, 10-и и 20-и масс. % концентраций

Показатель, ед. изм	5%-ный водный раствор ацетона		10%-ный водный раствор ацетона		20%-ный водный раствор ацетона	
	До реакции	После реакции	До реакции	После реакции	До реакции	После реакции
TDS, ppm	4	45	4	40	4	29
EC, µS/cm	10	93	3	80	4	57
ORP, mV	167	190	207	192	152	171
pH	8,4	7,2	8,2	7,1	8,2	7,6

Общее снижение изменения солесодержания и электропроводности при увеличении доли ацетона в растворах подтверждает образование из ацетона ионных продуктов. Изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала проявляет неочевидную зависимость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённого исследования осуществлён анализ сорбционной ёмкости растворов, использованных для проведения процесса абсорбции углекислого газа различными поглотителями: водой, водными растворами ацетона и МЭА.

Вода, как абсорбент, оказалась менее эффективной, что подтверждает необходимость использования химических поглотителей для глубокой очистки газов. Водные растворы ацетона и МЭА являются эффективными абсорбентами CO₂, при этом МЭА обеспечивает более глубокую очистку.

Установлено, что в результате абсорбции диоксида углерода водным раствором ацетона происходит образование из C₃H₆O ионных продуктов.

Полученные данные позволяют рекомендовать использование водного раствора ацетона в промышленных абсорберах, особенно в условиях, где применение МЭА ограничено из-за его токсичности или стоимости.

Актуальными остаются вопросы оптимизации процесса, а также выделения, установления состава и возможности применения продукта, получаемого в результате использования описанного метода абсорбции оксида углерода (IV) водным раствором ацетона.

Работа носит прикладной характер, результаты являются востребованными для решения актуальной

экологической проблемы – снижения выбросов CO₂.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мансуров, Р. Ш. Влияние концентрации углекислого газа на организм человека [текст] / Мансуров Р. Ш - *Universum: технические науки*, 2017. – №8. – 41 с.
2. Жидкова, А. Ю. Анализ перспектив снижения углекислого газа в условиях пандемии / А. Ю. Жидкова, В. А. Ковярова // *Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова*. – 2021. – № 2. – С. 81-89.
3. Climate change. The Physical Science Basis : [Электронный ресурс] // The Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата обращения: 06.04.2024).
4. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report / Core Writing Team, R.K. Pachauri, A. Reisinger (eds.). – Geneva: IPCC, 2007. – 104 p.
5. Кадомцева, М. Е. Влияние глобального изменения климата на устойчивое развитие социально-экономических систем // *Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право*. – 2024. – №3. – С. 250-261.
6. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: [Электронный ресурс] // Организация Объединенных Наций: официальный сайт. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 06.04.2024).
7. Парижское соглашение // Организация Объединенных Наций : [Электронный ресурс]. – 2015. – URL:https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf (дата обращения: 08.04.2024).
8. Мелешко, В. П. Опасный соблазн. Воздействие на климат в борьбе с глобальным потеплением / В. П. Мелешко, В. М. Катцов, И. Л. Кароль // *Экология и жизнь*. – 2010. – №2. – С. 44-51.
9. Конспект лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла «Технология очистки газовых выбросов». – Текст : электронный // Донецкий национальный технический университет : [Электронный ресурс]. – URL:<https://donntu.ru/library> (дата обращения: 01.03.2024).
10. Умнякова, Н. П. Мембранно-абсорбционная очистка воздуха от углекислого газа / Н. П. Умнякова, А. Ю. Окунев, К. С. Шагинян, В. А. Смирнов, К. С. Андрейцева // *Вестник МГСУ*. – 2011. – №3-1. – С. 201-208.

Ф.А. Тимошенко

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, Москва 105005, Россия

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ЗАПРЕЩЕННЫЕ К СБРОСУ ВЕЩЕСТВА

АННОТАЦИЯ

Статья направлена на исследование и разработку способа очистки сточных вод (СВ) от запрещенных к сбросу веществ, на примере диметилсульфида (ДМС). В работе рассмотрены методы очистки СВ от загрязняющих веществ. На основе анализа предложена технологическая схема очистки сточных вод, содержащих ДМС.

1. ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее актуальных задач в сфере инженерной защиты окружающей среды является разработка эффективных методов очистки промышленных сточных вод от токсичных и устойчивых органических соединений.

Особую сложность представляют вещества, характеризующиеся высокой летучестью, устойчивостью к биодegradации и выраженным неприятным запахом, такие как диметилсульфид.

Недостаточная очистка стоков от подобных загрязнителей ведет к деградации водных экосистем, представляет риск для здоровья населения и противоречит ужесточающимся природоохранным нормативам.

Существующие традиционные технологии часто оказываются экономически нецелесообразными или технически неэффективными для удаления стойких соединений.

В связи с этим данная работа направлена на проведение комплексного исследования и разработку научно обоснованной технологии очистки сточных вод от диметилсульфида как репрезентативного представителя данного класса загрязнителей.

Целью является создание надежного метода очистки сточных вод, включающего стадии предварительной обработки и глубокого удаления целевых загрязнений.

Практическая реализация разработанной технологии обеспечит достижение установленных нормативов сброса, минимизацию экологического ущерба и будет иметь важное значение для предприятий, сталкивающихся с проблемой очистки сложных промышленных стоков.

2. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

2.1 Механическая очистка

Механическая очистка служит базовой стадией в технологической схеме водоподготовки, гарантируя удаление разнообразных нерастворенных примесей как минеральной, так и органической природы [1].

Отстаивание представляет собой процесс гравитационного разделения, при котором

взвешенные вещества осаждаются под действием силы тяжести. Эта технологическая операция является первой ступенью очистки и предназначена для подготовки воды к флотации [1].

По направлению движения воды различают: горизонтальные, вертикальные, радиальные и тонкослойные (наклонные) отстойные сооружения.

Для проведения механической очистки выбрано наиболее эффективное сооружение: усреднитель-отстойник. Основное назначение данного узла – проведение первичной механической очистки путем естественной седиментации и стабилизация состава и расхода поступающих сточных вод.

В конструкциях флотационных сооружений используются тонкослойные отстойники (рис. 1) в виде тонкослойных модулей [2].



Рисунок 1 – Тонкослойные отстойники

Принцип действия данных сооружений заключается в использовании наклонных поверхностей для радикального уменьшения дистанции, которую необходимо преодолеть частицам при осаждении [2]. Использование их позволит повысить эффективность очистки.

Фильтрация – процесс очистки от мелкодисперсных взвешенных частиц [3]. Благодаря фильтрам, можно добиться более глубокой очистки сточной воды перед сбросом или повторном использовании на предприятиях, где применяются системы замкнутого водопользования.

В качестве фильтрующего материала обычно используется песок, гравий, керамзит и другие дробленые породы. Однако использование сорбента АС в качестве загрузки позволит более эффективно фильтровать воду [4].

Сорбент АС – алюмосиликат, обладающий сорбционными свойствами, что позволяет начать процесс контактной коагуляции (рис. 2). А также обладает большим сроком службы, чем песок [4].



Рисунок 2 – Сорбент АС

2.2 Флотационная очистка

Существует 4 вида флотации: пневматическая, напорная, механическая и электрофлотация.

Флотация – процесс очистки вод, за счет формирования флотокомплексов (ФК), состоящих из пузырьков газа и загрязняющих частиц [3].

Напорная флотация является наиболее эффективным способом очистки, за счет прочности образования ФК, однако главными недостатками являются медленный подъем ФК в пенный слой и протекание процесса при температуре воды ниже 35°C (рис. 3) [3].

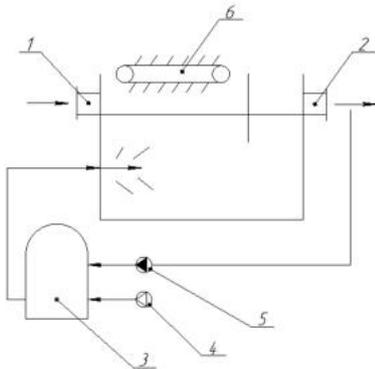


Рисунок 3 – Напорный флотатор:

1 – подводящий патрубок; 2 – отводящий патрубок;
3 – сатуратор; 4 – компрессор; 5 – насос; 6 – скребковый механизм

Для интенсификации процесса используют следующие способы: реагентный (добавление коагулянтов и флокулянтов для укрупнения ФК), конструкционный (изменение конструкции флотокомбайна), использование рабочей жидкости (раствор с легкорастворимым газом, например CO₂).

Механическая флотация обладает высокой эффективностью очистки, однако появляются сложности при проектировании импеллерного блока (учет гидродинамических нагрузок) и балансировки вала электродвигателя [4].

Использование процесса электрофлотации может сопровождаться пассивацией и окислением электродов, что требует регулярного технического обслуживания, а также нагревом воды, ведущим к росту энергозатрат.

Поэтому напорная флотация в данном случае позволит достичь наиболее эффективной степени очистки сточной воды от запрещенных к сбросу веществ, например от полициклических ароматических углеводородов.

2.3 Сорбционная очистка и ультрафиолетовое облучение

Адсорбционная очистка – поглощение адсорбентом (твердым веществом) поверхностью загрязняющих частиц из воды за счет пористой структурой (рис. 4) [5].

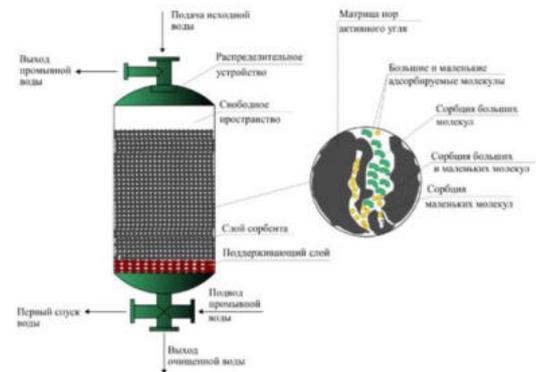


Рисунок 4 – Адсорбционная очистка сточной воды

В качестве адсорбента используют природные или синтетические материалы. Самый распространенный – активированный уголь. Поглощает вещества с неприятным запахом, однако важно вовремя проводить его техническое обслуживание (регенерацию).

Опыты показывают, что использование бамбукового угля позволяет повысить процент эффективности адсорбционной очистки (рис. 5) [5].

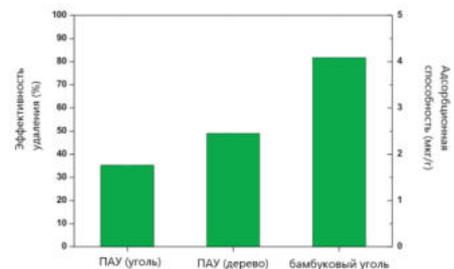


Рисунок 5 – Эффективность удаления и адсорбционная способность ДМС при адсорбции на углеродистых адсорбентах

Завершающим этапом очистки сточных вод является ультрафиолет. Данное оборудование позволяет возбудить атомы кислорода, которые в дальнейшем разрушают циклическую структуру сложных веществ, например полициклических ароматических углеводородов, в структуре которых присутствуют бензольные кольца [6,7].

В качестве ультрафиолета можно использовать УФ-стерилизатор Aquarго (рис. 6) в зависимости от необходимой производительности.



Рисунок 6 – УФ-стерилизатор Aquarго UV-60GPM-NT

3. Технологическое решение

На основе проанализированных данных была разработана целесообразная схема очистки сточных вод продуктового рынка («Черемушкинский рынок»), которая сочетает в себе наиболее эффективные и устойчивые технологии из рассмотренных вариантов.

Технология содержит узел реагентной обработки (для повышения эффективности очистки), промежуточные резервуары (для контроля уровня воды в системе), флотокомбайны с сатураторами (внутри флотокомбайна установлены 4 камеры: камера кондиционирования с низкоскоростным смесителем, камера флотации, камера доочистки с тонкослойными модулями и камера сбора и отвода очищенной воды), механические и сорбционные фильтры (для более глубокой очистки), насосы (для подачи воды), усреднитель-отстойник (для контроля объема поступающей воды и усреднения концентраций загрязняющих веществ), ультрафиолетовый стерилизатор и резервуар очищенной воды (для промывки фильтров, а также для подачи воды в реагентный узел).

В схеме предусмотрено две технологические линии на случай отказа оборудования, что позволяет проводить техническое обслуживание без остановки процесса очистки сточных вод продуктового рынка.

4. Капитальные затраты

При разработке рентабельной системы очистки воды необходимо совместить экологические требования с финансовым анализом.

Основное внимание уделяется расчету первоначальных затрат на возведение и оборудование очистных комплексов.

Были рассчитаны капитальные затраты, необходимые продуктовому рынку для возведения очистных сооружений с учетом заданных расходов воды (10 м³/час) и концентраций запрещенных веществ (бензпирена и диметилсульфида) в стоках, которые в разы превышают значения предельно допустимых концентраций [8].

На данный момент у предприятия «Черемушкинский рынок» огромные штрафы за сбросы ДМС и бензпирен в сточную воду.

В таблице 1 приведена оценка стоимости стандартных элементов технологической схемы.

Таблица 1

Оценка стоимости стандартных элементов

Стандартные элементы		
Наименование	Стоимость, руб	Количество, шт
Ультрафиолетовый стерилизатор Aquapro UV-60GPM-NT	220000	1
Прямоугольный резервуар	46116	2

объемом 2000 л		
Устройство для удаления пенного слоя с поверхности флотокамеры (скребковый механизм)	43623	2
Червячный мотор-редуктор NMRV 030	3360	2
Смеситель вертикальный низкооборотный FLUIMAC MR 055-4	199233	2
Стоимость стандартных элементов: 804664 руб		

Стоимость загрузочного и фильтрующего материалов оценивается в 1,5 млн рублей (с учетом того, что используется четыре механических и четыре сорбционных фильтра, работающих при форсированном режиме).

Дополнительные затраты (конструкции фильтров) составляют 1,7 млн рублей. Флотокомбайны обойдутся (с учетом сварки) около 2,8 млн рублей (материал конструкции используется Ст3).

В таблице 2 приведена стоимость всей технологической схемы.

Таблица 2

Стоимость технологической схемы

Наименование	Стоимость, руб
Технологическая схема без обвязки и монтажа	6647656
Обвязка	1329531
Монтаж	1661914
Стоимость всей технологической схемы: 9639101 руб	

Предполагаемый срок окупаемости – 1 месяц. Все цены на оборудование взяты с официальных сайтов производителей.

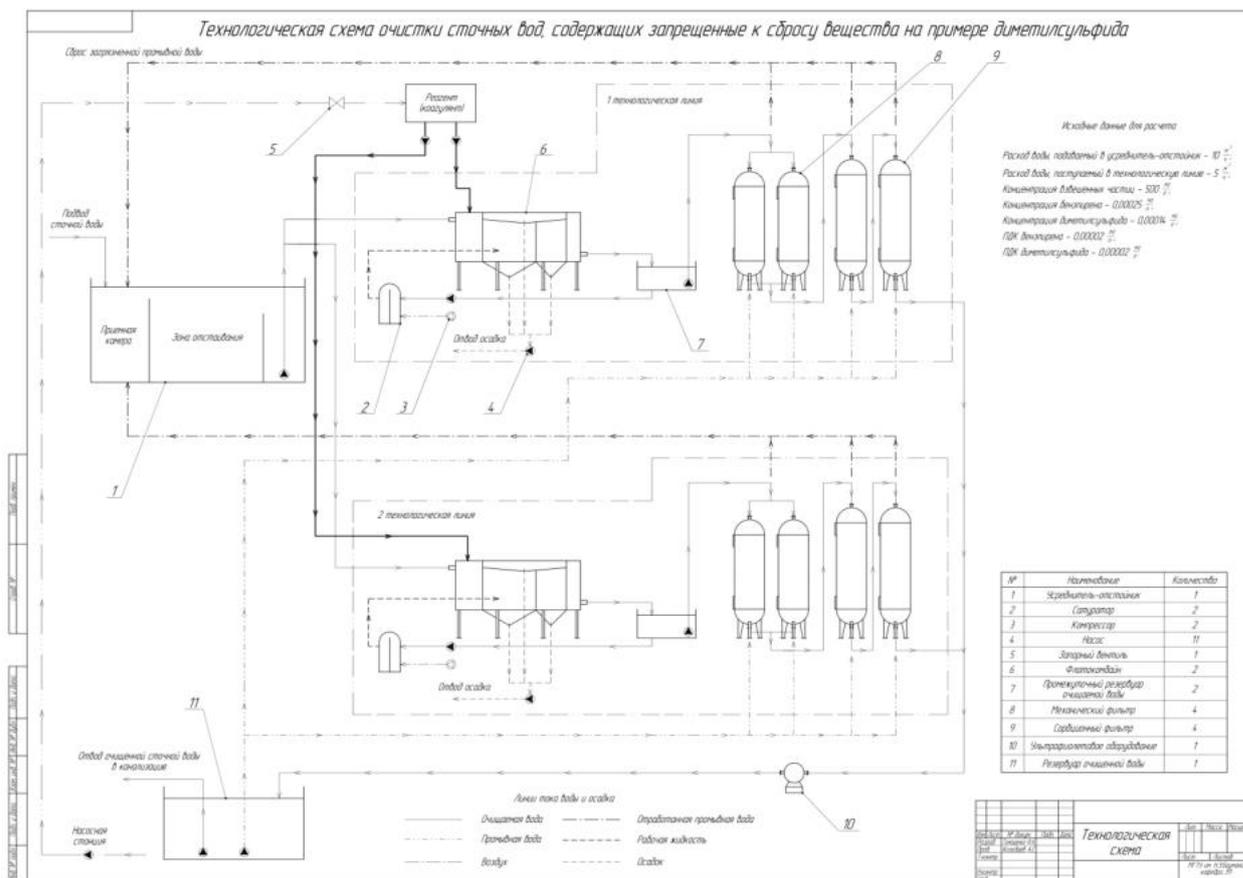


Рисунок 7 – Технологическая схема очистки сточных вод предприятия «Черемушкинский рынок»

На рисунке 7 представлена технологическая схема очистки сточных вод, содержащих бензпирен и диметилсульфид.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная схема эффективна и универсальна, что позволяет гибко адаптировать её под разные производства.

Ключевой результат – очищенную воду можно безопасно возвращать в природные водные экосистемы, замыкая экологичный цикл водопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлекова И.Ю. Механическая очистка сточных вод: учебное наглядное пособие. Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина». Омск: Омский ГАУ, 2020. 82 с.
2. Карманов А.П. Технология очистки сточных вод: учебное пособие: учебное издание / А. П. Карманов, И. Н. Полина; Сыктывкарский лесной институт. Сыктывкар: СЛИ, 2015. 207 с.
3. Вертинский А.П. Современные методы очистки сточных вод: особенности применения и проблематика // Инновации и инвестиции. 2019. № 1. С. 175-182.
4. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод / А. Г. Гудков. Вологда: Вологодский

государственный технический университет, 2003. 152 с.

5. Тимошенко Ф.А. Анализ и способ улучшения эффективности очистки сточных вод от диметилсульфида. Сборник трудов конкурса научно-исследовательских работ (Конкурс НИР) молодежной программы 28-ой Международной специализированной выставки – форума «Безопасность и охрана труда» БИОТ-2024. Секция 4. Экологическая безопасность. Москва, 2025. С. 194-197.

6. Ксенофонтов Б.С. Усовершенствование технологической схемы физико-химической очистки сточных вод / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козодаев, Р.А. Таранов, М.С. Виноградов // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 4. С. 10-13.

7. Заболотный В.Н., Вендин С.В. Технология энергоэффективного обеззараживания воды при помощи ультрафиолета // Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт. 2022. С. 331-333.

8. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». 111 с.

М.А. Чудакова, А.Е. Мануйлова, С.В. Лизякина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»,
г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, Россия

ЦИФРОВАЯ СРЕДА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

АННОТАЦИЯ

В работе представлена концепция цифровой среды для проактивного управления экологической безопасностью промышленного предприятия в формате веб-платформы, которая обеспечивает сбор данных о качестве воздуха и интенсивности выбросов, расчет и визуализацию полей рассеивания выбросов загрязняющих веществ в реальном времени, моделирование сценариев, включая аварийные выбросы и НМУ. Ядром платформы является модифицированная гауссова модель, обеспечивающая высокую скорость расчетов и подходящая для машинного обучения. Предлагаемое решение позволяет перейти от формального соблюдения нормативов к реальному управлению воздействием на окружающую среду.

Ключевые слова: экологическая безопасность, цифровая среда, мониторинг атмосферного воздуха, прогнозирование загрязнения, рассеивание выбросов, гауссова модель, промышленное предприятие, проактивное управление

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия представляют собой значительный источник загрязнения атмосферного воздуха, что создает устойчивую потребность в разработке эффективных инструментов управления их экологическими рисками. Традиционные методы мониторинга и нормирования выбросов не обеспечивают оперативного получения информации о пространственном распределении загрязняющих веществ, особенно при изменении метеорологических условий или технологических параметров производства. В этой связи особую актуальность приобретает создание цифровых решений, способных в режиме, близком к реальному времени, оценивать, прогнозировать и визуализировать уровни загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий.

Для решения этих задач в настоящее время разрабатывается цифровая среда, представляющая собой веб-платформу, интегрирующую данные из разнородных источников и состоящую из двух основных модулей: «Посты мониторинга» и Модуль «Источники выбросов», объединенных в единое информационное пространство.

1. АРХИТЕКТУРА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ

Модуль «Посты мониторинга» обеспечивает комплексный сбор, обработку и визуализацию данных о качестве атмосферного воздуха, включая:

- прямое подключение к автоматическим станциям мониторинга концентраций загрязняющих

веществ в атмосферном воздухе в режиме близком к реальному времени;

- интеграцию результатов лабораторных исследований проб атмосферного воздуха с поддержкой ручного и автоматизированного ввода;

- визуализацию пространственного распределения станций мониторинга и точек отбора проб на интерактивной карте;

- формирование аналитических отчетов по динамике изменения концентраций загрязняющих веществ;

- настройку системы оповещений при превышении установленных нормативов.

Модуль «Источники выбросов» реализует функциональность для моделирования и анализа процессов рассеивания загрязняющих веществ и включает два режима работы: «Онлайн» и «Симулятор».

Режим «Онлайн» (рис. 1) обеспечивает:

- интеграцию с автоматическими постами контроля выбросов в источниках загрязнения атмосферы (при их наличии);

- получение данных о технологических параметрах работы оборудования в реальном времени;

- автоматический сбор актуальных метеорологических данных;

- расчет и визуализацию полей рассеивания выбросов на интерактивной карте с использованием текущих метеоданных и данных с постов контроля выбросов или технологических параметров, что позволяет в режиме, близком к реальному времени, идентифицировать участки с повышенной концентрацией тех или иных загрязняющих веществ;

- построение краткосрочного прогноза (до 72 часов) на основе метеопрогноза;

- формирование отчетов об интенсивности выбросов от источников загрязнения и предзаполнение форм производственной и государственной статистической отчетности.

Режим «Симулятор» (рис. 2) позволяет проводить:

- задание пользовательских сценариев параметров выбросов и метеоусловий, в том числе при НМУ;

- моделирование аварийных и плановых сценариев;

- сравнительный анализ различных вариантов технологических режимов;

- оценку эффективности планируемых природоохранных мероприятий;
- предварительную оценку экологических последствий при модернизации и расширении предприятия, включая ввод новых источников выбросов и изменение технологических процессов;
- формирование отчетов по результатам моделирования для стратегического управления экологическими рисками предприятия.

Оба модуля тесно интегрированы между собой, что обеспечивает возможность:

- сравнения данных моделирования с результатами инструментальных измерений;
- верификации и калибровки математических моделей;
- верификации и калибровки математических моделей;

- комплексного анализа экологической обстановки;
- поддержки принятия обоснованных решений в области экологической безопасности.

Данная архитектура позволяет создать целостную систему экологического мониторинга и прогнозирования, обеспечивающую переход от реактивного к проактивному управлению экологическими рисками промышленных предприятий. А для повышения прозрачности и информированности населения модули платформы могут быть реализованы в формате общедоступного виджета для интеграции на сайт предприятия, обеспечивающего отображение актуальных данных о состоянии атмосферного воздуха и результатах моделирования полей рассеивания в режиме, близком к реальному времени.

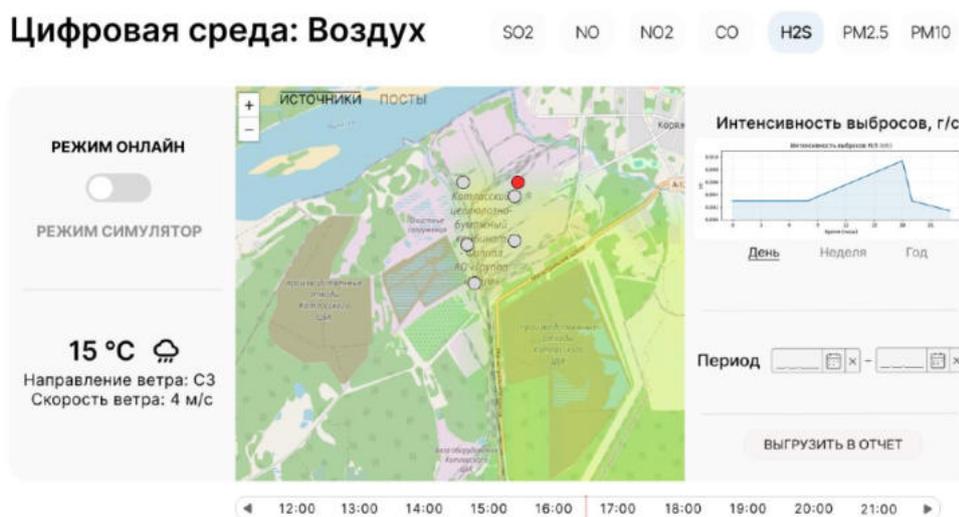


Рисунок 1 – Интерфейс Модуля «Источники выбросов» в режиме «Онлайн»



Рисунок 2 – Интерфейс Модуля «Источники выбросов» в режиме «Симулятор»

2. ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ

Предлагаемая цифровая среда ориентирована на промышленные предприятия, отнесенные к I категории негативного воздействия на окружающую среду, которые оснащены стационарными постами мониторинга качества атмосферного воздуха и системами автоматического контроля выбросов, установленных в организованных источниках загрязнения атмосферного воздуха. Именно для таких предприятий, обладающих необходимым массивом исходных данных, платформа обеспечит максимальную эффективность за счет комплексного анализа информации в реальном времени. Перспективный рынок включает предприятия II категории, к которым повышаются экологические требования последние годы, а также консалтинговые и надзорные организации, заинтересованные в объективных данных для экологического сопровождения и контрольно-надзорных мероприятий. Косвенными пользователями системы выступают жители прилегающих территорий, которые через общедоступные виджеты на корпоративных сайтах смогут получать актуальную информацию о состоянии атмосферного воздуха, что способствует повышению экологической прозрачности и снижению социальной напряженности.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ

Ядром разрабатываемой цифровой платформы, обеспечивающим высокую скорость расчетов, необходимую для работы как в режиме онлайн-мониторинга, так и в общедоступном виджете, является нестационарная гауссова модель рассеивания выбросов загрязняющих веществ от точечных, линейных и площадных источников, основанная на классическом подходе Пасквила–Гиффорда [1-2]. Данная модель предполагает нормальное распределение концентраций в поперечном и вертикальном направлениях относительно оси ветра и описывается аналитическими выражениями, включающими скорость ветра, интенсивность выброса, высоту источника и коэффициенты турбулентной дисперсии. Важнейшим параметром, определяющим величину коэффициентов дисперсии, является класс устойчивости атмосферы по Пасквиллу (от А — сильная неустойчивость, до F — умеренная устойчивость), который определяется на основе скорости ветра и солнечной радиации и напрямую влияет на прогнозируемые уровни концентраций [3]. Для расчёта горизонтальной и вертикальной дисперсий (σ_x и σ_z) использованы логарифмически-квадратичные аппроксимации МакМаллена, адаптированные под условия городской застройки [4]. Это позволяет с достаточной для инженерных расчётов точностью прогнозировать пространственное распределение концентраций при умеренных вычислительных затратах, что особенно важно при моделировании множественных

источников и анализе сценариев в условиях изменяющихся метеопараметров.

Несмотря на то, что для официального нормирования выбросов в Российской Федерации применяется модель Берлянда [5], реализованная в Методах расчета рассеивания выбросов вредных веществ в атмосферном воздухе [6], в данной работе была выбрана гауссова модель, т.к. модель Берлянда характеризуется значительной вычислительной сложностью и высокими требованиями к аппаратным ресурсам, что делает её затруднительной для использования в составе оперативной цифровой платформы, предназначенной для массового применения и сценарного моделирования, а гауссова модель обеспечивает оптимальный баланс между точностью, скоростью работы и ресурсопотреблением, позволяя проводить расчеты даже на стандартных персональных компьютерах. Важно отметить, что предлагаемая в работе модифицированная гауссова модель концептуально близка к подходу, используемому в современных зарубежных системах моделирования, таких как AERMOD [7-8], а также применяется Росгидрометом для расчета рассеивания загрязняющих веществ при аварийных выбросах, а также для расчета распространения продуктов горения лесных пожаров, для определения траектории переноса и концентрации загрязняющего вещества в реальных метеорологических условиях. Это подтверждает ее адекватность для решения задач оценки рассеивания выбросов от разных типов источников в городской среде, особенно при ограниченности исходных данных и требовании к вычислительной эффективности.

Также преимуществом гауссовой модели является её предсказуемость и простота калибровки, что делает её идеальной основой для машинного обучения. В отличие от сложных физически обоснованных моделей, её аналитический характер и относительно небольшое число параметров позволяют эффективно обучать предиктивные алгоритмы для прогнозирования концентраций загрязняющих веществ на основе исторических данных. Эта «обучаемость» и предсказуемость поведения модели критически важны для интеграции с системами искусственного интеллекта и создании самоадаптирующихся прогнозных систем, что открывает перспективы для автоматической адаптации алгоритмов под специфику конкретного города или промышленной зоны, в то время как модель Берлянда, в силу своей структурной сложности, для подобных задач подходит значительно хуже.

Таким образом, выбор в пользу гауссовой модели обусловлен не только её вычислительной эффективностью, но и её потенциалом как фундамента для построения интеллектуальных прогнозных систем следующего поколения.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Разрабатываемая цифровая среда предоставляет промышленным предприятиям комплексный инструментарий для перехода от реактивного к проактивному управлению экологическими рисками. Внедрение платформы позволяет реализовать следующие мероприятия:

1. Организация оперативного мониторинга и реагирования:

- создание единой карты-визуализации данных с автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха и источников выбросов в режиме, близком к реальному времени;

- настройка системы автоматических оповещений при превышении установленных нормативов для незамедлительного принятия корректирующих мер;

- визуализация полей рассеивания на основе актуальных метеорологических и технологических параметров для идентификации зон потенциального риска.

2. Стратегическое планирование и оценка эффективности:

- обоснование мероприятий при неблагоприятных метеорологических условиях (расчет и анализ зон загрязнения при различных сценариях неблагоприятных метеорологических условий для обоснования мероприятий и заблаговременного их запуска);

- оценка кумулятивного воздействия (проведение анализа вклада отдельных источников, цехов или технологических линий в формирование общего фона загрязнения для определения приоритетов при реализации природоохранных мероприятий);

- моделирование последствий плановой и аварийной остановки очистного оборудования для разработки оптимальных регламентов.

- оценка экологической эффективности планируемых к внедрению наилучших доступных технологий и предварительная оценка воздействия на окружающую среду при модернизации производства.

3. Автоматизация, верификация и отчетность:

- генерация карт-схем распределения концентраций, аналитических справок и отчетных форм для целей внутреннего экологического аудита, а также для взаимодействия с контролирующими органами;

- использование встроенных механизмов предзаполнения форм государственной статистической отчетности (2-ТП (воздух) и др.) для минимизации ошибок и снижения трудозатрат;

- верификация и калибровка расчетной модели рассеивания путем постоянного сравнения

прогнозных данных с результатами инструментальных измерений с постов мониторинга.

4. Повышение экологической прозрачности:

- интеграция общедоступного виджета на корпоративный сайт для предоставления населению и надзорным органам актуальной информации о состоянии атмосферного воздуха и результатах моделирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение представленной цифровой среды позволяет создать целостную систему экологического контроля и моделирования, которая обеспечивает обоснованное принятие управленческих решений, направленных на снижение техногенной нагрузки и уменьшение воздействия предприятия на окружающую среду. Платформа предоставляет возможности для оперативного мониторинга, прогнозирования и визуализации загрязнения атмосферного воздуха, а также поддерживает сценарный анализ. Использование этого инструмента способствует повышению экологической прозрачности предприятия благодаря открытому предоставлению информации заинтересованным сторонам. Разработанное решение открывает перспективы для создания интеллектуальных прогнозных систем на основе машинного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gifford F.A. Use of routine meteorological observations for estimating atmospheric dispersion // Nuclear Safety. – 1961. – Vol. 2, No. 4. – P. 47–51.

2. Pasquill F. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorol. Mag., 1961, 90, 33-49.

3. Завгороднев А. В., Акопова Г. С., Мельников А. В. Теоретические основы рассеивания в атмосфере организованных нестационарных выбросов газа на объектах газотранспортных предприятий // Территория Нефтегаз. 2011. №10

4. McMullen R.W. The change of concentration standard deviations with distance // Journal of the Air Pollution Control Association. – 1980. – Vol. 30, No. 7. – P. 773.

5. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. — Л. : Гидрометеоздат, 1985. — 272 с.

6. Приказ Минприроды России (Министерство природных ресурсов и экологии РФ) от 06 июня 2017 г. №273 «Об утверждении методов расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»

7. Cimorelli, A. J., Perry, S. G., & Venkatram, A. (2004). AERMOD: Description of model formulation. U.S. Environmental Protection Agency

8. U.S. Environmental Protection Agency. (2024, November 29). *Guideline on air quality models; enhancements to the AERMOD dispersion modeling system*. Federal Register, 89(230), 95034-95070.

Шередека В.С

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» г. Воронеж,
ул. 20-летия октября, 84

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЕНТОВ В ПРОЦЕССАХ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается актуальная проблема ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (АРН) на акваториях, особое внимание уделяется фактору низких температур, характерных для большинства нефтедобывающих регионов России. Проведен анализ преимуществ и недостатков основных типов сорбентов: природных органических, природных неорганических и синтетических. На основе изучения научных публикаций и нормативной документации исследовано влияние температуры на ключевые эксплуатационные характеристики сорбентов: нефтеемкость, гидрофобность, скорость поглощения и плавучесть. Сформулирован вывод о необходимости разработки и применения специализированных низкотемпературных сорбентов и комплексных решений для повышения эффективности мероприятий по локализации и ликвидации АРН в арктических и субарктических условиях, что напрямую связано с обеспечением экологической и промышленной безопасности.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА НЕФТЯНЫХ СОРБЕНТОВ

Сорбенты для сбора нефти – это материалы, способные поглощать (сорбировать) жидкие углеводороды из окружающей среды. По происхождению и материалу их принято делить на три основные группы.

1.1. Природные органические сорбенты.

К ним относятся материалы растительного и животного происхождения: торф, опилки, солома, мох, щепка, перья птиц и др. Их основные преимущества - доступность, низкая стоимость и биоразлагаемость. Однако, они обладают рядом существенных недостатков: низкая нефтеемкость (обычно 1-10 г/г), высокая гигроскопичность (впитывают воду и тонут), низкая механическая прочность и, как следствие, сложность сбора после использования [1]. В условиях низких температур эти недостатки усугубляются: при замерзании пропитанный водой сорбент теряет эффективность.

1.2. Природные неорганические сорбенты.

Это минеральные материалы: диатомиты, перлит, вермикулит, глины. Они обладают высокой пористостью и термостойкостью. Их главный недостаток – высокая плотность, что приводит к быстрому погружению в воду даже до насыщения нефтью. В холодной воде, где вязкость нефти повышена, процесс пропитки пористых минеральных гранул замедляется, что резко снижает их практическую применимость для очистки акваторий [3].

1.3. Синтетические сорбенты.

Данная группа включает материалы на основе полипропилена, полиуретана, полистирола и других полимеров. Это могут быть гранулы, маты, полотна, боны и т.д. Синтетические сорбенты обладают наилучшими эксплуатационными характеристиками: высокая нефтеемкость (до 70-100 г/г), выраженная гидрофобность (отталкивают воду), плавучесть даже после насыщения и механическая прочность. Именно они рекомендуются ГОСТ Р 58689-2019 для использования на акваториях [2]. Однако их стоимость значительно выше, а так же есть проблема с утилизацией так как они не разлагаются

2. ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ

Температурный фактор оказывает комплексное влияние как на свойства нефтяного загрязнения, так и на сам процесс сорбции.

2.1. Изменение физических свойств нефти.

При понижении температуры вязкость нефти и нефтепродуктов значительно возрастает, а плотность увеличивается. Нефть становится более густой, мазеобразной, что затрудняет ее проникновение в поры и капилляры сорбента. Как следствие, резко падает скорость поглощения. Если при +20°C сорбент может достичь максимальной нефтеемкости за несколько минут, то при 0°C и особенно при отрицательных температурах этот процесс может затянуться на десятки минут и часы, что критично в условиях оперативной ликвидации разлива [3].

2.2. Влияние на характеристики сорбентов.

Для всех типов сорбентов при низких температурах наблюдается снижение статической

нефтеемкости на 20-50% по сравнению с нормальными условиями. Это связано с уменьшением текучести нефти.

Наличие льда и шуги на поверхности воды создает дополнительную проблему. Частицы льда могут механически повреждать структуру хрупких органических сорбентов (например, торфяных гранул). Кроме того, лед затрудняет непосредственный контакт сорбента с нефтяной пленкой.

Обледенение сорбента, особенно органического, впитавшего влагу, приводит к его быстрому затоплению. Синтетические гидрофобные сорбенты в этом плане более устойчивы.

Для низкотемпературных условий наиболее предпочтительны синтетические сорбенты с макропористой открытой структурой (например, на основе полипропиленового волокна), которая лучше захватывает вязкую нефть, по сравнению с микропористыми структурами [3].

3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СОРБЕНТОВ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Сорбент	Классификация	Нефтеемкость, г/г		
		23 °С	-1 °С	Паспортная характеристика
Биосорб	Минеральный	3,4	2,3	6
Лесорб	Органический	3,5	2,7	10
Sosystem	Синтетический	21	19	25

Таблица 1. – Оценка нефтеемкости некоторых сорбентов при различных температурах

На основе проведенного анализа можно сформулировать сравнительную оценку [6,7].

Природные органические сорбенты в условиях низких температур демонстрируют низкую эффективность. Их применение может быть оправдано только для локальной ликвидации небольших разливов на суше или в качестве дополнительного средства, но не для очистки акваторий. Замерзание воды, впитанной вместе с нефтью, делает их сбор и утилизацию крайне затруднительными.

Природные неорганические сорбенты также мало пригодны для использования на воде в холодный

период года из-за своей склонности к быстрому погружению. Замедление скорости сорбции делает их применение неэффективным.

Синтетические сорбенты являются единственным типом, пригодным для эффективной работы в арктических условиях. Их ключевые преимущества – гидрофобность и плавучесть – остаются неизменными при низких температурах. Хотя их нефтеемкость также снижается, этот показатель изначально на порядок выше, чем у природных аналогов. Для повышения эффективности ведутся разработки модифицированных синтетических материалов, например, пропитанных олеофильными составами, которые еще лучше улавливают вязкую нефть [8].

Сорбенты должны применяться в комплексе с другими методами (боновые заграждения, скиммеры). В зимних условиях роль сорбентов возрастает, так как ледовая обстановка часто делает невозможным использование стандартной техники [4,5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема ликвидации нефтяных разливов в условиях низких температур является критически важной для обеспечения экологической безопасности северных регионов России. Эффективность традиционных методов при этом значительно снижается. Температурный фактор оказывает существенное влияние на процесс сорбции: повышение вязкости нефти приводит к резкому снижению скорости поглощения и общей нефтеемкости сорбентов. Среди всех типов сорбентов только синтетические (полипропиленовые, полиуретановые) демонстрируют достаточную эффективность для применения на акваториях в условиях низких и отрицательных температур. Их ключевые преимущества – высокая гидрофобность, плавучесть и механическая стабильность. Природные органические и неорганические сорбенты в условиях холода малоэффективны из-за высокой гигроскопичности, низкой нефтеемкости и склонности к замерзанию и затоплению. Перспективным направлением является разработка и внедрение специализированных синтетических сорбентов с оптимизированной макропористой структурой и олеофильными свойствами, предназначенных для работы с высоковязкими нефтяными загрязнениями в арктической зоне. Таким образом, для минимизации экологического ущерба от разливов нефти в холодных морях и реках необходима заблаговременная разработка планов по ликвидации аварийных разливов (ПЛАРН), предусматривающая создание необходимого запаса высокоэффективных синтетических

сорбентов и обучение персонала работе с ними в суровых климатических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. Оценка эффективности сорбентов, применяемых для удаления нефти и нефтепродуктов // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 56-61.
2. ГОСТ Р 58689-2019 «Сорбенты для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. Общие технические требования». – М.: Стандартинформ, 2019.
3. Мазлова Е.А., Мерициди И.А., Блиновская Я.Ю., Размахнин К.К., Куликова О.А., Красноперова С.А. Преимущества и недостатки нефтяных сорбентов для ликвидации разливов на акватории в условиях низких температур // Нефтегазовое дело. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 145-160.
4. Ликвидация аварийных разливов нефти. Сорбционная очистка поверхности акваторий от нефтяных загрязнений: учебное пособие / Под ред. В.И. Иванова. – М.: Недра, 2018. – 255 с.
5. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 02.08.2019) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
6. Кабарухин В.К. Изучение удаления нефтезагрязнений с поверхности воды различными сорбентами.
7. Е.В. Веприкова, Е.А. Терещенко, Н. В. Чеснокова, б*, М.Л. Щипко, Б.Н. Кузнецова, б // Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей // 295 с
8. Берлин А.А. Шутов Ф.А. Пенополимеры на основе реакционных олигомеров. М.: Химия, 1978. 289 с.