

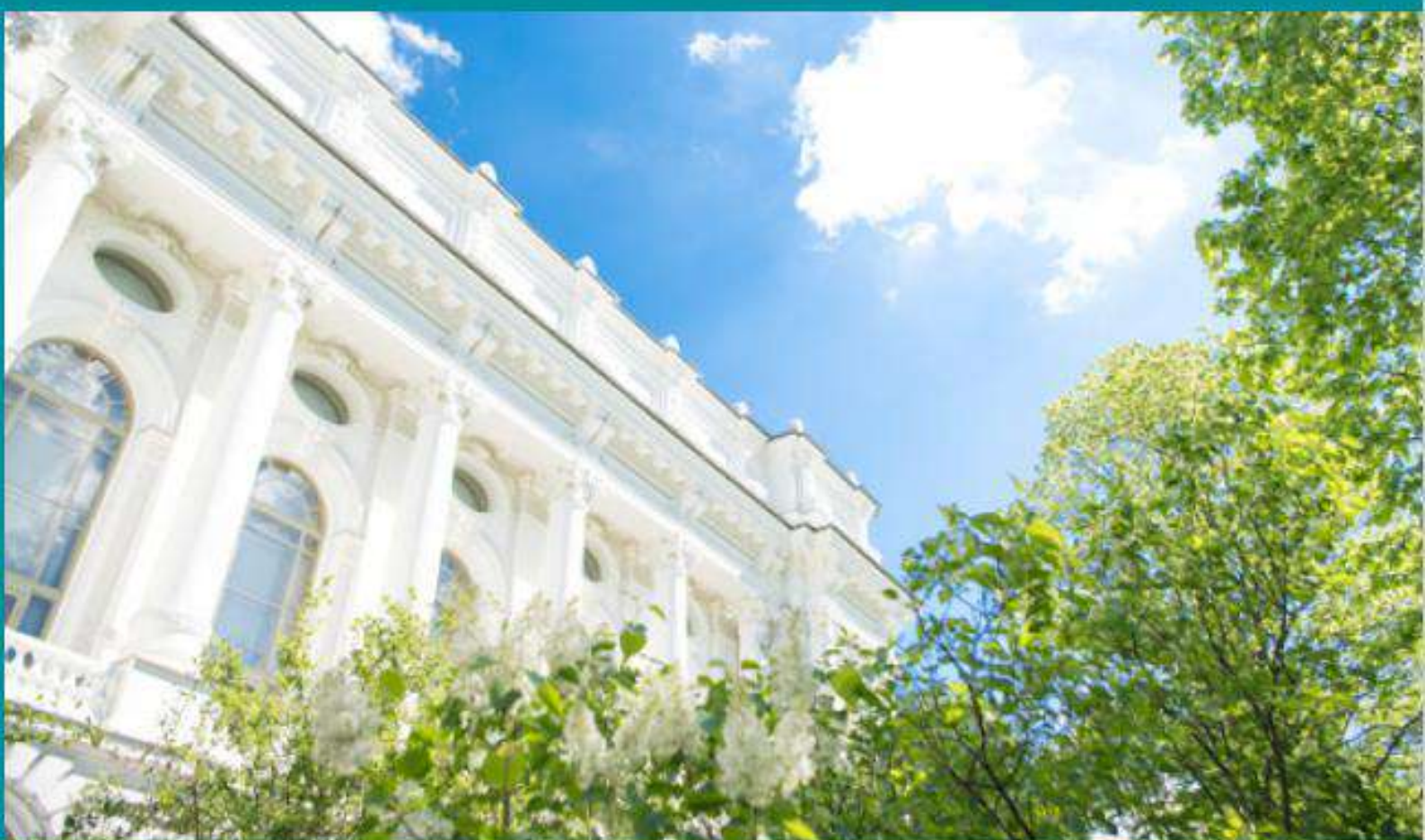


ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Инженерно-строительный
институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА – 2025

Сборник материалов
Всероссийской конференции
1–4 апреля 2025 года
Часть 3



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Инженерно-строительный институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА – 2025

Сборник материалов
Всероссийской конференции

1–4 апреля 2025 года

Часть 3



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2025

УДК 69:624:625:626:627

ББК 38

Н42

Неделя науки Инженерно-строительного института – 2025 : сборник материалов Всероссийской конференции, 1–4 апреля 2025 г. В 4 ч. Ч. 3. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 268 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников Инженерно-строительного института СПбПУ, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран по материалам докладов, принятых на секционные заседания конференции «Неделя науки Инженерно-строительного института – 2025» Высшей школы техносферной безопасности. Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области строительства.

Представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Редакционная коллегия

Инженерно-строительного института СПбПУ:

М. В. Петроченко (директор института),

Н. Д. Беляев (ответственный редактор), *В. Г. Бурлов*, *Т. А. Коряковцева*,

М. А. Симонова, *О. Л. Узун*, *А. И. Ульянов*, *В. В. Цаплин*

ISBN 978-5-7422-8969-2 (ч. 3)
ISBN 978-5-7422-8966-1

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2025

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

СЕКЦИЯ «ОХРАНА ТРУДА»

УДК 331.453

А.С. Абдуганиев, С.В. Ефремов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Агропромышленный комплекс (АПК) является ключевым сектором экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность и развитие сельских территорий. Однако, высокий уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний остаётся одной из серьёзных проблем отрасли. Работники АПК регулярно сталкиваются с тяжёлыми физическими нагрузками, эксплуатацией сельскохозяйственной техники, воздействием химических веществ и неблагоприятными погодными условиями. В этих условиях система охраны труда играет важнейшую роль в снижении рисков, защите здоровья и жизни персонала, а также в повышении эффективности сельскохозяйственного производства.

Несмотря на наличие нормативно-правовой базы и контрольных механизмов, практика показывает, что многие предприятия АПК сталкиваются с недостатками в организации охраны труда. Недостаточная механизация, несоблюдение норм безопасности, нехватка обученного персонала и недостаточный уровень профилактических мер способствуют сохранению высокого уровня травматизма. Данная статья посвящена анализу системы охраны труда в агропромышленном комплексе, выявлению ключевых проблем и разработке рекомендаций по её совершенствованию.

Цель работы – провести анализ системы охраны труда в агропромышленном комплексе для выявления существующих проблем и поиска путей их решения. Рассматриваются механизмы государственного контроля, нормативно-правовые акты и их влияние на обеспечение безопасности работников. Особое внимание уделяется изучению статистики производственного травматизма, причинам несчастных случаев и их распределению по отраслям. Исследуются основные недостатки в организации охраны труда, такие как нехватка профилактических мероприятий, недостаточная механизация и слабая подготовка кадров. На основе выявленных проблем формулируются рекомендации по совершенствованию системы охраны труда, направленные на повышение уровня безопасности и снижение количества несчастных случаев на предприятиях агропромышленного комплекса.

Методика исследования. В исследовании применены методы анализа и обобщения нормативно-правовых документов, регулирующих охрану труда в агропромышленном комплексе, а также статистических данных о производственном травматизме. Проведён сравнительный анализ показателей безопасности труда в различных отраслях АПК для выявления основных рисков и тенденций. Использованы экспертные оценки и материалы государственных инспекций труда, позволяющие оценить эффективность существующих мер контроля и профилактики несчастных случаев. Кроме того, рассмотрены организационные и технические аспекты обеспечения безопасных условий труда, что позволило сформулировать практические рекомендации по снижению уровня травматизма и повышению эффективности системы охраны труда в агропромышленном секторе.

Решения и результаты. Анализ состояния охраны труда в агропромышленном комплексе (АПК) показывает, что, несмотря на существующую нормативно-правовую базу и государственный контроль, уровень производственного травматизма остаётся высоким. В 2022 году на территории Российской Федерации было проведено более 13 тысяч расследований несчастных случаев на производстве, из которых 4 639 были связаны с тяжёлыми последствиями. При этом уровень смертности на производстве снизился на 7% по сравнению с 2021 годом, составив 1 250 случаев (рис. 1).

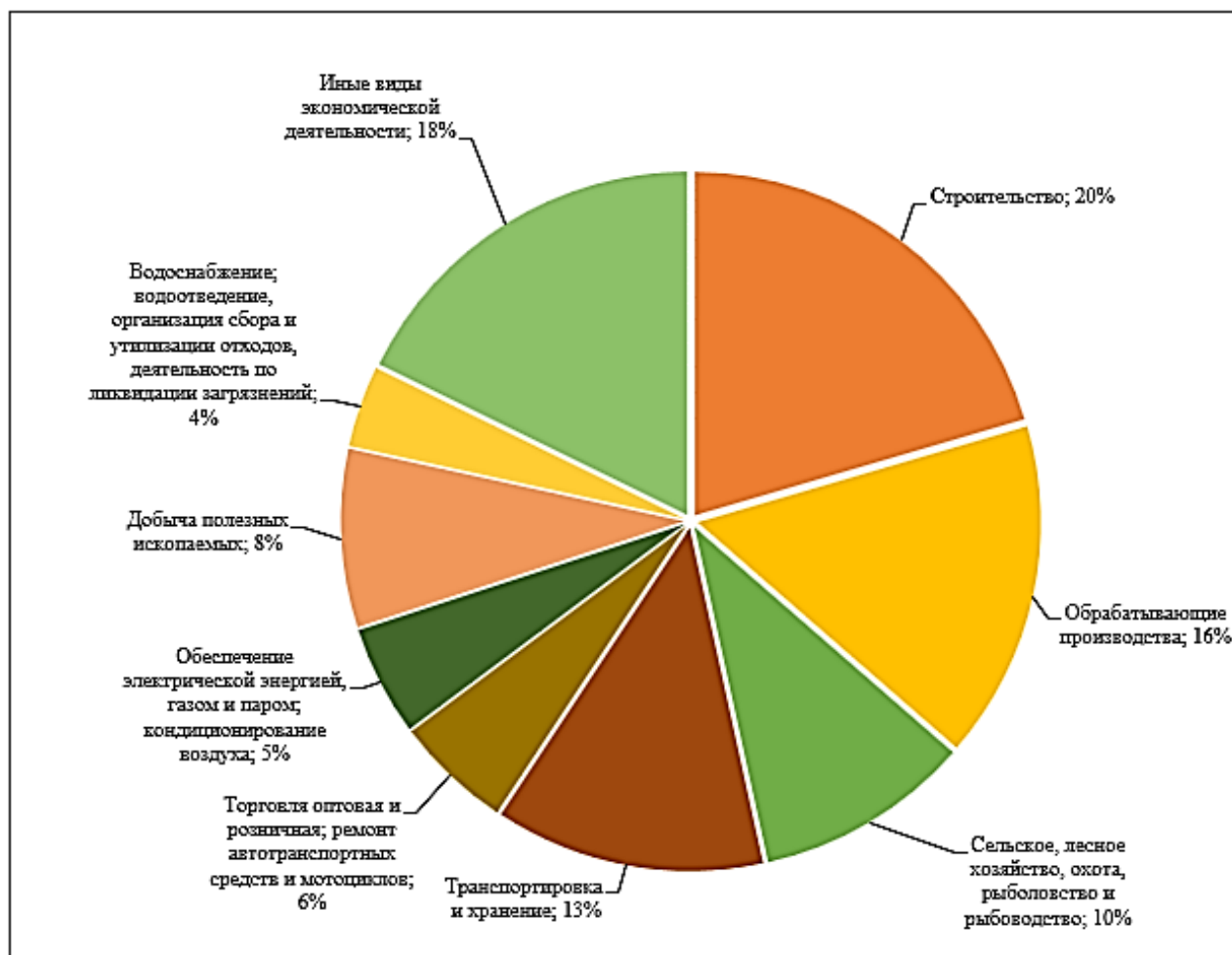


Рис. 1. Количество погибших на производстве за 2022 г. по видам экономической деятельности

Однако значительная часть происшествий по-прежнему регистрируется в сельском хозяйстве, что указывает на необходимость более эффективных мер безопасности.

Анализ статистики травматизма по отраслям показывает, что наибольшее количество несчастных случаев с тяжёлыми последствиями зафиксировано в обрабатывающей промышленности (23%), строительстве (16,3%), транспортировке и хранении (12,7%) и сельском хозяйстве (8%).

В свою очередь, смертность на производстве наиболее выражена в строительной отрасли (20%), обрабатывающих производствах (16%) и сельском хозяйстве (10%), что подчёркивает необходимость совершенствования системы охраны труда в АПК.

Серьёзные проблемы выявлены и в системе надзора за безопасностью труда. В 2022 году Государственная трудовая инспекция Республики Узбекистан выявила 17 456 нарушений в

сфере охраны труда. Среди наиболее распространённых проблем – отсутствие медицинских осмотров (27% случаев), недостаточная подготовка персонала (22%), нехватка средств индивидуальной защиты (15%) и нарушения при проведении оценки рабочих мест (11%).

Это свидетельствует о том, что в АПК необходим комплексный подход к обеспечению безопасности, включающий усиление профилактических мер и внедрение современных технологий.

Одной из ключевых проблем остаётся недостаточная профилактика несчастных случаев. В сельскохозяйственном секторе часто отсутствуют эффективные системы обучения работников охране труда, что приводит к низкому уровню компетентности персонала. В результате сотрудники не всегда умеют правильно использовать средства индивидуальной защиты и действовать в чрезвычайных ситуациях. Кроме того, система охраны труда в АПК зачастую носит реактивный, а не упреждающий характер, то есть меры принимаются уже после произошедших инцидентов, а не направлены на их предупреждение.

Для решения этих проблем необходимо внедрение комплексных программ по улучшению охраны труда. Важную роль играет цифровизация контроля за безопасностью на производстве, автоматизация процессов мониторинга состояния рабочих мест и развитие обучающих программ. Также требуется усиление ответственности руководства предприятий за обеспечение безопасных условий труда. Внедрение этих мер позволит не только снизить уровень производственного травматизма, но и повысить общую эффективность работы агропромышленных предприятий.

Выводы. Анализ системы охраны труда в агропромышленном комплексе показал, что, несмотря на существующее нормативно-правовое регулирование и государственный контроль, уровень производственного травматизма остаётся высоким. Основными проблемами остаются недостаточная профилактика несчастных случаев, низкий уровень механизации, нехватка средств индивидуальной защиты и слабая подготовка персонала. В сельскохозяйственном секторе охрана труда часто носит формальный характер, что приводит к несоблюдению норм безопасности. Для повышения уровня защищённости работников необходим комплексный подход, включающий модернизацию системы обучения, внедрение цифровых технологий контроля за безопасностью и усиление ответственности работодателей, которое позволило бы, снизить количество несчастных случаев и повысить общую безопасность труда в АПК.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трудовой Кодекс Республики Узбекистан (вступил силу 30.01.2023 году. Национальная база данных законодательства, 29.10.2022 г., № 02/22/798/0972; 12.04.2023 г., № 03/23/829/0208; 29.11.2023 г., № 03/23/880/0905).
2. Закон Республики Узбекистан «Об охране труда» (Ведомости Верховного Совета Республики Узбекистан, 1993 г., № 5, ст. 223; Ведомости Олий Мажлиса Республики Узбекистан, 1998 г., № 5-6, ст. 102; 2001 г., № 5, ст. 89; 2002 г., № 1, ст. 20).
3. Обзор деятельности инспекций труда государств – участников ЕАРАИТ за 2022 год (Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация, Республика Узбекистан).
4. Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.1999 N 181-ФЗ.
5. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 26.12.2024).
6. Постановление Правительства РФ «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда» от 24.12.2021 N 2464 (ред. от 12.06.2024).
7. «Охрана труда в Республике Узбекистан», Национальный обзор, Политика в области охраны труда, закон и правила. Практика органов охраны труда. Документ из ИПС, Кодекс [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.safework.ru/safework?doc&nd=44440>

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ, ВЫДЕЛЯЕМОГО НА РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫЕ ПЕРЕРЫВЫ

Одним из ключевых аспектов в организации труда является предоставление регламентированных перерывов, которые позволяют компенсировать усталость, снизить негативное воздействие вредных факторов и повысить производительность труда. Для некоторых параметров, таких как аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД), интенсивности теплового облучения (ИТО), уровня шума и вибрации, регламентированные перерывы четко определены в Руководстве Р 2.2.2006-05 [1, 2]. Однако многие факторы, оказывающие влияние на условия труда, не имеют прописанных норм на перерывы. Цель – провести анализ и оценку временных затрат, выделяемых на регламентированные перерывы в рамках трудового процесса, на основе таб. 1 «Оценка времени, выделяемого на регламентированные перерывы (компенсирующий отдых) в зависимости от уровня факторов, влияющих на условия труда» [6], представленной ниже.

Таблица 1 – Оценка времени, выделяемого на регламентированные перерывы (компенсирующий отдых) в зависимости от уровня факторов, влияющих на условия труда

№	Оцениваемый фактор	Количественные и качественные характеристики фактора	Класс условий труда	Время на компенсирующий отдых, % отработанного времени	Время на компенсирующий отдых, мин.
1	Физические усилия (масса поднимаемого и перемещаемого груза – постоянно)	Незначительные (5,5–15 кг)	2	1–2	5–10
		Средние (15–20 кг)	3.1	2–4	10–20
		Тяжелые (30–50 кг)	3.2	4–6	20–30
		Очень тяжелые (50–80 кг)	3.2	6–9	30–45
2	Рабочее положение (поза)	Стоя, (> 60 % времени смены)	3.1	1	5
		Фиксированная, (> 50 % времени смены)	3.2	2	10
		Неудобная, (> 50 % времени смены)	3.2	3	15
		Вынужденная, (> 25 % времени смены)	3.2	4	20
3	Нервное напряжение (эмоциональные нагрузки)	Незначительное	2	1–2	5–10
		Среднее	3.1	2–4	10–20
		Повышенное	3.2	4–6	20–30
4	Монотонность работы (время пассивного наблюдения в % за ходом технологического процесса за смену)	Незначительная (76–80%)	2	1	5
		Средняя (81–90%)	3.1	2	10
		Повышенная (>90%)	3.2	3	15
5	Освещение	Недостаточное ($\geq 0,5$ Ен)	3.1	1	5
		Плохое или ослепляющее ($< 0,5$ Ен)	3.2	2	10

В таблице систематизированы факторы, для которых отсутствуют официальные нормативы по установлению регламентированных перерывов. В табл. 1 представлены данные, которые отражают различные факторы, влияющие на условия труда, их количественные и качественные параметры, класс условий труда, а также информация о необходимом времени для компенсирующего отдыха, выраженном как в процентном соотношении, так и в минутах.

Класс 2 условий труда характеризуется как допустимый. В данном случае продолжительные перерывы не требуются.

Класс 3.1 условий труда – вредный первой степени. Необходимо предоставить умеренное количество времени для компенсации негативных последствий производственных факторов.

Класс 3.2 условий труда соответствует вредным условиям второй степени. В таких условиях воздействие вредных производственных факторов является более интенсивным, поэтому требуется введение более длительных периодов для отдыха.

Рассмотрим пример расчета времени на отдых при 8-часовой рабочей смене (480 минут). В качестве образца возьмем фактор «Физические условия» (незначительные, 5,5–15 кг). Расчет времени на отдых осуществляется по формуле (1):

$$t = \frac{\%_{\text{отд}} t_{\text{смены}}}{100\%}, \quad (1)$$

где t – время на отдых, мин.; $\%_{\text{отд}}$ – процент времени отдыха; $t_{\text{смены}}$ – общее рабочее время, мин.

$$t = \frac{1\% \cdot 480 \text{ мин}}{100\%} = 4,8 \text{ минут (минимум);}$$

$$t = \frac{2\% \cdot 480}{100\%} = 9,6 \text{ минут (максимум).}$$

Таким образом, по формуле (1) определили, что время на компенсирующий отдых составляет 5–10 минут.

Продолжительность перерывов на отдых в рамках трудового процесса варьируется в диапазоне от 5 до 45 минут и зависит от степени тяжести и вредности труда. Наиболее длительные перерывы, продолжительностью от 30 до 45 минут, предназначены для крайне требовательной работы (высокая физическая и умственная нагрузки), а также для работ, связанных с экстремальными условиями труда. Кроме того, в периоды повышенного эмоционального стресса рекомендуемое время перерыва составляет от 20 до 30 минут. Наряду с этим, минимальная продолжительность компенсирующего отдыха составляет 5 минут и устанавливается для таких видов труда, не требующих значительных энергетических затрат и высокой концентрации внимания.

Подводя итоги, можно сказать, что условия труда на некоторых рабочих местах не всегда соответствуют гигиеническим стандартам. В результате воздействия неблагоприятных условий могут развиваться и прогрессировать профессиональные заболевания, которые с течением времени могут привести к инвалидности. Существующие меры, направленные на снижение негативного влияния вредных и опасных факторов на работника, зачастую не эффективные, тем самым ставят под угрозу здоровье рабочих. Более того, чем дольше работает сотрудник, тем больше общая (суммарная) нагрузка за смену, и, следовательно, больше стресс на рабочем месте [3]. Организация регламентированных перерывов (защита временем) является одним из методов, нацеленных на снижения вредного воздействия производственной среды и рабочего процесса на здоровье человека. Введение регламентированных перерывов на отдых оказывает благоприятное влияние на организм человека, что ведет к снижению утомляемости, увеличению работоспособности и таким образом – повышению производительности труда в среднем на 2–4% [4]. В представленной таблице приведены рекомендации по длительности перерывов для отдыха и регламентированных перерывов в зависимости от класса условий труда и уровня воздействия вредных факторов на рабочем месте.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса, критерии и классификация условий труда.
2. СанПиН. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания от 29.01.2021 №1.2.3685-21 // Минюст России
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 26.12.2024).
4. Межотраслевые методические рекомендации утв. Госкомтрудом СССР «Определение нормативов времени на отдых и личные надобности», 1985.
5. Салкуцан В.И., Каверзнева Т.Т. Оценка условий труда в зависимости от тяжести и напряжённости трудового процесса. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та: 2017. – 54 с.
6. Салкуцан В.И. Сборник специалиста по охране труда в организациях, подведомственных Минобрнауки России. Часть 3. Процессы обеспечения безопасности производственной среды. – 165 с.

УДК 351.814.263.4

А.А. Бахарева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАМКАХ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА ДЛЯ КАБИННЫХ ЭКИПАЖЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В условиях стремительного роста объемов пассажирских авиаперевозок и увеличения конкуренции на рынке воздушного транспорта бортпроводники играют ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта пассажиров. Однако cabin экипажи гражданской авиации подвергаются воздействиям различных факторов на рабочем месте, которые негативно влияют на их здоровье.

Целью исследования является внесение предложения для дальнейшего учета специфических факторов в рамках специальной оценки условий труда (далее СОУТ). Учет этих факторов направлен на увеличение точности результатов СОУТ, тем самым направлен на обеспечение безопасности труда. В исследовании были поставлены задачи: анализ факторов СОУТ у бортпроводников в настоящее время, анализ особенностей проведения СОУТ, предложения об учете специфических факторов СОУТ для бортпроводников.

В рамках проводимого исследования и, непосредственно, сравнительного анализа, были использованы данные из открытых источников о результатах СОУТ на рабочем месте бортпроводников из 9 авиакомпаний: Победа, Витязь-Аэро, Сибирь, Nordwind Airlines, Азимут, Utair, S7 Airlines, Уральские авиалинии, РусЛайн. Из полученного анализа карт специальной оценки условий труда получается следующий ряд оцениваемых факторов: шум, инфразвук, вибрация общая и локальная, неионизирующее и ионизирующее излучения, параметры световой среды, тяжесть трудового процесса, напряженность трудового процесса.

Превышение допустимых значений в результате многофакторного анализа наблюдается у разных авиакомпаний по шуму, вибрации общей и напряженности труда. Итоговый класс условий труда варьируется от допустимых до вредных второй степени в зависимости от авиакомпании. Наблюдается тенденция к обнаружению вредности и, более того, в настоящее время идет разработка особых требований проведения СОУТ бортпроводников с закреплённым в ней классом условий труда работников данной профессии не ниже 3.1 при наличии одного и более рейсов в смену.

СОУТ является одной из базовых и обязательных процедур в области охраны труда. С момента введения самой процедуры оценки условий труда на рабочих местах (аттестации рабочих мест, а затем и специальной оценки условий труда по 426-ФЗ), уточнялись нюансы проведения оценки для разных профессий и областей народного хозяйства. Однако, даже спустя 8 лет не все пункты, указанные в этом законе, выполнены полностью. Далее были рассмотрены особенности

проведения СОУТ кабинных экипажей гражданской авиации, а именно, бортпроводников, закрепленные статьей 9 пунктом 7 Федерального закона от 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями на 24 июля 2023 года) [1].

Согласно действующему законодательству, СОУТ проводится с учетом специфических требований в отношении отдельных видов деятельности, а также в ситуациях, когда сама процедура оценки может представлять угрозу для жизни и здоровья участников. Эти специфические требования закрепляются приказами об особенностях проведения процедуры СОУТ на определенных рабочих местах, перечисленных в перечне Постановления Правительства РФ от 14 октября 2022 года № 1830 [2]. В таких случаях проведение СОУТ осуществляется с учетом рекомендаций и требований Министерства труда и социальной защиты РФ. Особенности проведения закрепляются в случае, когда рабочие места сильно отличаются от стандартных и не могут быть оценены на общих основаниях.

Ранее на рабочих местах бортпроводников оценка проводилась на общих основаниях и при помощи Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, который является приложением к Методике 817н, что могло способствовать некорректным результатам или неучтенным факторам [3]. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ № 255н были закреплены особенности проведения СОУТ для летных и кабинных экипажей гражданской авиации, вступившего в силу с 1 марта 2025 года [4]. С выходом приказа [4] за бортпроводниками официально закреплён вредный класс условий труда 3.1 при условии выполнения одного и более рейсов за рабочую смену, в случаях нахождения превышения допустимых значений ОВПФ при СОУТ может быть установлен и более вредный класс условий труда, но не ниже.

Изменения коснулись и порядка проведения СОУТ в отношении аналогичных рабочих мест, теперь есть возможность для снятия измерений на одном из нескольких аналогичных летных судов и распространении результатов для остальных, что значительно упрощает процесс оценки. Измерения будут проводиться для всех факторов, предусмотренных Методикой № 817н и идентифицированных на борту экспертом, что значительно расширяет круг оценки и дает возможности для более точного анализа условий труда. Введение вышеупомянутого приказа уточняет требования к проведению СОУТ для летного состава, а также дает возможность для проведения более качественной процедуры оценки условий труда и защиты прав работников, находящихся в особых условиях труда, связанных с потенциальными рисками.

В рамках исследования предложен список специфических факторов, которые влияют на бортпроводников в процессе трудовой деятельности, но не учитываются в рамках СОУТ:

- измерение содержания озона на борту самолета – в ходе измерений, проводимых в рамках исследования выявлено превышение содержания озона на борту самолета, что обусловлено высотой полетов и областями с повышенным содержанием, симптомами озоновой болезни является раздражение верхних дыхательных путей [5];

- измерение относительной влажности – на борту самолета в условиях полета не может поддерживаться на комфортном уровне из-за различия в температуре на борту самолета и за ним, максимально она составляет 25%, что для пассажиров не несет большой угрозы, однако, для членов кабинного экипажа может стать причиной дискомфорта и развития заболеваний, связанных с глазами, дыхательными путями, аллергическими реакциями и инфекциями [6];

- измерение параметров качества воздуха в начале и в конце полета по максимальному времени – кратность воздухообмена, а также качество поступающего воздуха не подлежат нормированию, вследствие этого самолеты, поступающие в эксплуатацию, изначально могут быть с недопустимо низким уровнем фактически поступающего на борт воздуха в силу использования преимущественно воздуха из рециркулирующих колонн в современных моделях самолетов, что значительно уменьшает приток чистого воздуха в салон [7];

– учет факторов напряженности труда – во время рейсов не исключены конфликтные ситуации, а также необходимость в постоянном контроле за комфортом и безопасностью пассажиров;

– измерение радиации на борту самолета для работников Северных регионов – согласно исследованию, проводимому Валерием Суслиным в течение 40 лет, на борту самолетов, летающих над Северным полюсом, наблюдаются наибольшие дозы космической радиации, что связано с особенностями магнитного поля Земли [8].

Для осуществления учета предложенных факторов рекомендуются такие методы, как:

– добавление газоанализаторов на борт для учета уровня озона, относительной влажности и качества воздуха, например, углекислого газа и дальнейший съём показателей приборов в рамках проведения СОУТ;

– учет видеозаписей полетов для оценки напряженности труда в рамках СОУТ путем анализа наиболее напряженных полетов и конфликтных ситуаций или учет этих факторов в ходе интервьюирования работников;

– компенсация путем учета доли каждого рейса к общему числу и на основании этого определение надбавки за дополнительные вредные факторы в виде трудности рейса и качества воздуха на борту;

– снятие показаний с помощью установки индивидуальных дозиметров на борт и учет их показателей в виде ежегодной доплаты за превышение радиационной дозы в год, при его наличии.

Формирование цифровой культуры на рабочих местах с помощью систем геопозиционирования – это новый шаг в совершенствовании системы охраны труда [9]. Введение в использование бортпроводниками персональных переносных устройств для отслеживания индивидуальных показателей, мониторинга окружающего микроклимата и быстрой передачи данных о конфликтных ситуациях на борту является одним из вариантов обеспечения безопасности работника на его рабочем месте [10].

Таким образом, измерение и дальнейший учет предложенных факторов в ходе проведения СОУТ может повысить качество проведения данной оценки, а также стимулировать работодателей к принятию мер по улучшению условий труда.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями на 24 июля 2023 года) // ст.9, п.7.
2. Постановление правительства Российской Федерации от 14.10.2022 года N 1830 «О перечне рабочих мест в организациях, осуществляющих отдельные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей» (с изменениями на 7 марта 2023 года).
3. Приказ Минтруда России от 21.11.2023 N 817н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» // Приложение N 2.
4. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 06.05.2024 года N 255н «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации».
5. Сайт «Клинический институт охраны и условий труда» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kiout.ru/info/publish/2646> (дата обращения: 19.02.2025).
6. Прыткова М.М., Козлов С.С. Поддержание микроклимата в самолетах // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017029940> (дата обращения: 24.02.2025).
7. Эльмерс Й. Способ и устройство кондиционирования воздуха в грузовом отсеке или кабине воздушного судна // Патент на изобретение. – 30.12.2004.

8. Соснина Е. Почему авиапутешествия над Сибирью и Северным полюсом – самые опасные? // Еженедельник «Аргументы и Факты» № 31. АйФ № 31 29/07/2015.
9. Климова И.В. Применение цифровых технологий на предприятиях / И.В. Климова // В сборнике: Инженерное образование в условиях цифровизации общества и экономики. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2023. С. 128-132.
10. Климова И.В. Комплекс мониторинга и обеспечения безопасности персонала на основе интегрированных сенсоров / И.В. Климова, М.О. Авдеева, А.С. Доронин // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2024 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции : в 3 т., Курск, 19–20 сентября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 138-141.

УДК 331.45

А.С. Безденежных
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Целью исследования является изучение опыта внедрения культуры безопасности в российских производствах на примере предприятий топливно-энергетического комплекса.

Внедрение культуры безопасности на производственных предприятиях является одной из важнейших составляющих эффективности охраны труда. В последние годы в России наблюдается более активная работа в области развития культуры безопасности, но анализ статистики аварий и несчастных случаев показывает, что все еще существует большое количество серьезных проблем. По данным Федерации независимых профсоюзов России, на российских производствах в 2023 году было зарегистрировано 5892 несчастных случая, из которых практически треть завершилась летальным исходом. По сравнению с 2022 годом число случаев с тяжелыми последствиями увеличилось на 7%, а число смертей возросло на 2,81% [1].

Культура безопасности – это совокупность знаний, ценностей, убеждений, норм и практик, которая помогает людям сформировать правильное отношение к вопросам безопасности. Это не набор строгих правил, а часть культуры поведения, которая правильно интегрирована в среду, что впоследствии способствует уменьшению числа рисков и аварийных ситуаций. Впервые термин «Культура безопасности» был представлен Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в «Итоговом докладе о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии на Чернобыльской АЭС» в 1996 году [2].

Мировая практика показывает, что создание устойчивой культуры безопасности позволяет значительно снизить уровень производственного травматизма и повысить эффективность работы предприятий. В развитых странах внедрение поведенческого подхода к безопасности, цифровых систем контроля и программ обучения сотрудников привело к снижению числа несчастных случаев на 30–50% [3]. Например, в Финляндии путем внедрения корпоративной программы нулевого травматизма число несчастных случаев в стране снизилось почти на 50% за 30 лет [4]. Однако в России такой опыт пока не получил массового распространения.

Поэтому важно изучить опыт внедрения культуры безопасности в российских компаниях и оценить эффективность. Анализ позволит выявить ключевые факторы, которые повлияли на улучшение охраны труда, а также предложить в дальнейшем лучшие практики и пути их адаптации различных отраслей промышленности.

За основу исследования были выбраны данные компаний нефтегазового сектора, включая ПАО «Газпром нефть» и ПАО «Лукойл», которые внедряли программы КПБ в 2020–2023 гг.

По данным 2019 г., до реализации программы по повышению культуры безопасности, количество несчастных случаев составляло 1037, 412 из которых были с тяжелыми последствиями. Высокий уровень травматизма был обусловлен тем, что сотрудники достаточно

формально относились к требованиям охраны труда. Также руководство не уделяло достаточного внимания вопросам безопасности, а обучение сотрудников проводилось не систематически.

Посредством опросов и анкетирования работников, удалось выявить, что 24,8% персонала оценили культуру безопасности на предприятии на низком уровне. В это число входят в основном рабочие, которые не считают, что возможно четко выполнять все требования по безопасности и они оказались не готовы прерывать технологический процесс в случае обнаружения неисправности или отклонения от норм по безопасности.

Для устранения проблем была разработана специальная система мер, которая направлена на повышение уровня безопасности на рабочих местах, которая включает в себя заполнение аудитом специального отчета. В этом отчете фиксируются все нарушения, а также предложения по их предотвращению. Анализ происходит по семи категориям: реакция работника/работников, действия работника/работников, спецодежда и СИЗ, инструмент и оборудование, инструкции и правила, рабочее место, транспорт. Все действия работника или условий его работы оцениваются с точки зрения двух показателей: «опасно» и «неприменимо».

Также в рамках внедрения производственной культуры безопасности была внедрена система обучения для сотрудников всех уровней: в 2021 году в ПАО «Газпром нефть» обучение по вопросам КПБ прошли более 15 000 работников. Персонал не просто информировался о возможных угрозах на производстве, но и активно участвовал в их выявлении и разработке решений по устранению. В ПАО «Лукойл» было введено обязательное участие сотрудников в обнаружении рисков, что в дальнейшем позволило вовремя выявить 276 угроз за 2022 год. Далее на этих производствах была усилена ответственность руководителей за безопасность на рабочих местах, что привело к увеличению числа проверок норм безопасности на 35%.

Итогом внедрения мероприятий по увеличению культуры безопасности стало то, что уровень травматизма на предприятиях снизился на 30–40%. В ПАО «Газпром нефть» количество несчастных случаев снизилось с 145 (по данным за 2020 год) до 87 (по данным за 2023 год). Результаты внутренних опросов показали, что 72% работников стали активнее сообщать о рисках и принимать участие в обучающих инициативах. Предприятия также отметили повышение эффективности производства: например, в ПАО «Лукойл» после внедрения КПБ количество аварийных простоев уменьшилось на 25%, что позволило снизить финансовые потери на 12 млн рублей в год [5].

Опыт внедрения культуры производственной безопасности на предприятиях ТЭК подтверждает, что культура безопасности должна стать частью корпоративной политики. Ключевыми факторами культуры безопасности являются вовлеченность сотрудников, регулярное обучение персонала, а также ответственность руководящего состава. Результаты показывают, что системный подход к формированию культуры безопасности позволяет существенно снизить уровень травматизма и аварий на предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информация о работе технической инспекции труда профсоюзов в 2023 году // Федерация независимых профсоюзов России URL: <https://fnpr.ru/upload/iblock/b50/ИНФОРМАЦИЯ%20О%20РАБОТЕ%20ТИТ%202023%20ИТОГ%20кор-1.pdf> (дата обращения: 06.03.2025).
2. Чернобыльская авария: дополнение к insag-1: insag-7: доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности магатэ, вена, 1993 STI/PUB/913 ISBN 92-0-400593-9 ISSN 1011-3193.
3. Исследование международного опыта по снижению травматизма на производстве // Журнал «Охрана труда и безопасность». – 2021.
4. Охрана труда в Финляндии // Министерства социального обеспечения и здравоохранения URL: <http://base.safework.ru/safework?doc&nd=444400063&nh=0&ssect=0> (дата обращения: 06.03.2025).
5. Оценка эффективности управления культурой производственной безопасности в компаниях ТЭК // Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 04.03.2025).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА

Цель работы: провести сравнительный анализ технологий бережливого производства, влияющих на ключевые аспекты в сфере охраны труда.

Таблица 1 – Характеристика потерь и их причины

№	Вид потерь	Характеристика	Причины появления потерь
1	Потери из-за перепроизводства	Перерасход сырья и материалов, отсутствие места на складе	Неверное планирование производства продукции; избыточное количество оборудования
2	Потери времени из-за ожидания	Простой рабочих и оборудования	Приостановление изготовления продукции в связи с перепроизводством; ошибки в работе с поставками сырья и исходных материалов; несоответствия стандартам качества, недостаточная эффективность работы поставщиков [3]
3	Потери из-за лишней обработки	Потери из-за этапов обработки продукции, без которых можно было бы обойтись, заказчик бы и так принял товар	Неидеальная технология производства продукта; отсутствие стандартов производственных технологий
4	Потери из-за ненужных движений во время работы	Нецелесообразная организация трудовой деятельности рабочих	Неудобно расположенное оборудование для работы
5	Потери из-за выпуска некачественной продукции, продукции с браком	Необходимость следить за качеством изготовленных продуктов, принимать решение, насколько возможно переделать изделие в случае брака, выяснить причины брака	Низкое качество сырья, исходных материалов; рабочие недостаточно квалифицированы
6	Потери из-за лишних запасов	Траты на хранение изготовленной продукции, исходного сырья, которые являются нереализованными в большем количестве, чем нужно для нормального функционирования производства без потерь	Неидеальная система планирования производства продукции
7	Потери при перемещении	Потери при перемещении заготовок между цехами предприятия, лишняя транспортировка может испортить изделие, что приведет к повышению себестоимости продукта и уменьшит доход	Неправильное расположение оборудования и цехов на производстве
8	Нереализованный потенциал сотрудников	Потери при ожиданиях руководителя от сотрудников только механических действий, не слушает их идеи и предложения, также, жесткий контроль за соблюдением стандартов	Отсутствие мотивации за инициативу работников

Актуальность данного исследования заключается в том, что бережливое производство является инструментом, который постоянно совершенствуется и имеет возможность применения в различных сферах производства, тем самым помогая им модернизироваться. Инструменты бережливого производства в последние годы становятся всё актуальнее, и не только в рамках повышения производительности труда, но и повышения безопасности труда [1]. Применение принципов бережливого производства позволяет повысить безопасность за счет выявления и устранения опасностей еще до того, как они причинят вред [2]. В данной статье рассматривается использование концепции бережливого производства для повышения безопасности работника.

Рассмотрим основные причины, которые приводят к потере времени, связанной с безопасностью труда работника. Причины указаны в таблице 1. Для решения представленных в таблице проблем в ходе данного исследования был произведен сравнительный анализ технологий бережливого производства, применимых в сфере охраны труда. Результаты анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ технологий бережливого производства в охране труда

Названия инструментов бережливого производства	Критерии оценивания					
	Положительное влияние на эргономику	Снижение травматизма и рисков возникновения несчастных случаев	Минимизация задержек и затрат на производстве	Повышение уровня безопасности сотрудников	Повышение уровня вовлеченности сотрудников	Быстрое выявление причин возникновения
Система 5S	+	+	+	+	+	-
Система TPM	-	+	+	+	+	-
U-образные ячейки	+	+	+	-	+	-
Визуализация	+	-	+	-	+	+
Кайдзен	+	+	+	+	+	+
Карта потока создания ценности	-	-	+	+	-	+

Среди наиболее часто используемых инструментов можно выделить несколько систем, таких как: 5S, Кайдзен, карта потока ценности, а также систему визуализации [4]. Так, наиболее эффективной системой является система Кайдзен, позволяющая совершенствовать систему управления охраной труда путём постепенных изменений, направленных на снижение травматизма и сокращение рисков [5].

Подводя итоги, следует еще раз обратить внимание на то, что внедрение инструментов и методов бережливого производства – это тонкая и кропотливая работа, затрагивающая весь персонал. С помощью данных инструментов можно привести предприятие к успеху, процветанию и стабильности, но при неумелом использовании возможны отрицательные результаты. Правильное планирование и внедрение инструментов концепции «Бережливое производство» обеспечит реализацию потенциала компании, достижение нового уровня качества производимой продукции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Глухов В.В., Балашова Е.С. Организация бережливого производства: учебное пособие. – 2-е изд., доп. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
2. Глухов В.В., Кузьмина С.Н., Левенцов В.А., и др. Бережливое производство: учебник при реализации основных профессиональных образовательных программ по направлениям подготовки магистратуры в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки». СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022.
3. Староверова К.О. Основы бережливого производства : учебник для среднего профессионального образования / К. О. Староверова. – 2-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2025. – 74 с.

4. Никулина О.В. Сравнение систем российского и зарубежного применения методик бережливого производства / О.В. Никулина, О.Н. Руденко, Д.Г. Коноваленко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – №11 (30). с. 40–44.

4. Сравнение систем российского и зарубежного применения методик бережливого производства, [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-sistem-rossiyskogo-i-zarubezhnogo-primeneniya-metodik-berezhlivogo-proizvodstva> (дата обращения 02.03.2025).

5. Кондратьева О.Г., Кобзев В.В. Организация производства на предприятиях отрасли. Управление добавленной стоимостью в технологической цепи предприятий промышленности: учебное пособие / [Электронный ресурс]. – URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/si21-71> (дата обращения 03.03.2025).

УДК 331.45

Д.Ю. Денисенко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

В условиях растущих требований к охране труда и увеличения количества нормативных обязательств перед специалистами данного направления ставится задача повышения их эффективности. Это возможно при условии оптимизации рабочего времени и сокращения затрат на выполнение однотипных задач [1–3]. При этом для большинства компаний содержание большого штата специалистов по охране труда экономически невыгодно, поэтому отделы охраны труда, как правило, укомплектованы минимально необходимым числом сотрудников, а объем выполняемых ими задач постоянно растет [4]. В таких условиях автоматизация становится ключевым фактором повышения эффективности: чем больше процессов автоматизировано, тем больше времени остается на такие задачи, как, например, оценка рисков, внедрение профилактических мер и улучшение системы охраны труда в целом, что напрямую влияет на уровень безопасности на предприятии [5].

Для решения этой проблемы была разработана автоматизированная система для организации обучений сотрудников по охране труда (рис. 1).

Личные карты сотрудников

Введите ФИО сотрудника

Любовь Петровна Иванчук (13.01.2002)

Личная карта сотрудника

Любовь Петровна Иванчук

Дата рождения: 13.01.2002

СНИЛС: 987-654-321-77

Отдел: бухгалтерия

Должность: бухгалтер

Дата приёма: 24.02.2025

Обучения:

Вводный инструктаж

Перепрохождение: Не требуется

24.02.2025

Обучение безопасным методам и приемам выполнения работ при воздействии вредных и (или) опасных производственных факторов, источников опасности, идентифицированных в рамках специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков

24.02.2025

Перепрохождение: 24.02.2028

Обзор сотрудников

Отдел

Должность

☐ Обучение не пройдено

ПОИСК

Иванов Геннадий Петрович – разработка – инженер

Вводный инструктаж

Прохождение: 24.02.2025

Перепрохождение: Не требуется

Обучение безопасным методам и приемам выполнения работ при воздействии вредных и (или) опасных производственных факторов, источников опасности, идентифицированных в рамках специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков

Прохождение: 24.02.2025

Перепрохождение: 24.02.2028

Рис. 1. Интерфейс программы

Функционал автоматизированной системы включает в себя:

- автоматическое заполнение документов, регистрирующих факт прохождения инструктажей по охране труда;
- уведомление руководителей о необходимости провести подчиненным инструктаж на рабочем месте;
- формирование истории обучений конкретного сотрудника;
- уведомление специалистов по охране труда о необходимости провести повторное обучение;
- учет дат прохождения обучений;
- определение необходимых видов обучений для сотрудника (если должность не новая).

Целью работы являлась оценка эффективности разработанной системы организации обучений по охране труда. Эффективность программы оценивалась путем расчета сокращенного времени выполнения задач. Для этого были произведены замеры затраченного времени до и после внедрения программы. Результаты замеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Время, затраченное на выполнение задач до и после внедрения программы

Задача	Затраченное время без использования программы (минуты)	Затраченное время с использованием программы (минуты)
Оформление документа для регистрации прохождения вводного инструктажа	10	1
Оформление документа для регистрации прохождения первичного инструктажа	10	1
Оформление документа для регистрации прохождения повторного инструктажа	10	1
Уведомление руководителей о необходимости проведения первичного инструктажа	10	0
Уведомление руководителей о необходимости проведения повторного инструктажа	10	0
Просмотр истории обучений конкретного сотрудника	7	1
Ведение учета прохождения обучений	7	1
Определение необходимости проведения повторного обучения	2	0
Всего	66	5

Процент сокращения времени рассчитывался по формуле (1):

$$\mathcal{E} = \frac{T_p - T_a}{T_p} \times 100\%, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ – экономия времени; T_p – время, затраченное на выполнение задач в ручном формате; T_a – время, затраченное на выполнение задач с помощью автоматизированной системы.

Как видно из таблицы 1, разработанная программа позволила уменьшить суммарное время выполнения отдельных операций с 66 до 5 минут, что эквивалентно сокращению на 92%. Важно отметить, что в таблице представлены единичные задачи, однако в реальных условиях каждая из них может выполняться многократно в течение рабочего дня, недели или месяца.

Таким образом, результаты расчета подтверждают, что внедрение автоматизированной системы организации обучений по охране труда значительно сокращает временные затраты на выполнение рутинных задач.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Суходоев В.А., Егорова Л.Г., Калитаев А.Н. Автоматизация комплекса задач системы охраны труда и техники безопасности на промышленном предприятии // Вестник Череповецкого государственного университета. 2022. №3 (108). С. 47-60.
2. Приказ Минтруда России от 22.04.2021 N 274н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда». – Текст : электронный // Консультант Плюс: [сайт]. – 2021. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384863/aac1c837e51adfa2a06fe1559497447e048f6efd/ (дата обращения: 01.03.2025).
3. Цифровая трансформация охраны труда: обзор ключевых решений. – Текст : электронный // EcoStandard.journal [сайт]. – 2023. – URL: https://journal.ecostandard.ru/ot/kontekst/tsifrovaya-transformatsiya-okhrany-truda-obzor-klyuchevykh-resheniy/?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.03.2025).
4. Соловьев С.Н. Цифровизация и автоматизация процессов в охране труда, как важный элемент в СУОТ // Вестник науки. 2022. №5 (50). С. 141-146.
5. Тимофеева С.С. Цифровизация и искусственный интеллект в охране труда // XXI век. Техносферная безопасность. 2024. №3 (35). С. 280-295.

УДК 331.45

Ю.О. Ефременко, Н.В. Румянцева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РОЛЬ ВОДЫ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ОХРАНЫ ТРУДА

Каждый работодатель стремится достигнуть высокой эффективности в работе своих сотрудников. Если говорить об офисных предприятиях, вопрос стоит особенно остро, так как от этого зависит прибыльность и, например, количество продаж. В статье рассмотрено влияние качества питьевой воды на работоспособность офисных сотрудников через призму культуры безопасности. Согласно статье 216.3 закона ТК РФ 197-ФЗ у работников должен быть доступ к питьевой воде. Влияние воды на здоровье работника переоценить сложно. Многие источники, например исследования Пекинского университета, говорят о том, что легкое обезвоживание приводит к снижению когнитивных функций, нарушению внимания, приводит к апатии, снижает память, повышает риск ошибок, а также делает человека раздражительным. Например, обезвоживание может не только снизить работоспособность, но и повысить вероятность получения травм. Раздражительность может привести к конфликту и снижению вежливости при общении с клиентом; головная боль и головокружение создают риск ошибок в расчетах, пропуска важных сроков; сухость глаз приводит к постепенному ухудшению зрения. Сотрудник, испытывающий такие симптомы, с большей вероятностью, может упасть на лестнице, споткнуться, неосторожно обращаться с офисной техникой, забыть про какие-то аспекты безопасности. В современном офисе, где очень высокая умственная нагрузка, особенно важно обращать внимание на эту проблему. Человеческий мозг состоит примерно на 75% из воды, и, для возможности максимального использования его ресурсов, необходимо предоставлять сотрудникам доступ к качественной воде. Под этим понятием я подразумеваю жидкость с отсутствием роста бактериального числа, соответствующую нормам СанПин 2. 1. 4. 559-96. Если работодатель не заботится о доступе к чистой питьевой воде, тем самым напрямую разрушая здоровье своих сотрудников, то, согласно статье 5.27.1 КоАП РФ, может получить штраф за несоблюдение правил охраны труда.

Используя данные лаборатории «Викинг», мною были проведены исследования, показывающее наиболее «чистый» источник воды. Рассматривалась вода из-под крана, кулер и пурифайер. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик источников питьевой воды в офисе

Критерии оценки	Водопроводный кран	Кулер	Пурифайлер
Общее микробное число 37°C, КОЕ/мл (не более 50)	3	Сплошной рост	Отсутствие роста
Функция подогрева воды	Нет	Есть	Есть
Функция охлаждения воды	Нет	Есть	Есть
Приблизительная стоимость установки, Р	15000	10000	34000

Вода из-под крана имеет общее микробное число 3 КОЕ/мл, также она не является лучшим вариантом, из-за нестабильности показателей в зависимости от местоположения офиса. Кулер показал себя худшим источником, так как проявлялся сплошной рост микробного числа. В стоячей воде могут развиваться бактерии *Legionella* или *E. Coli*, приводящие к заболеваниям, таким как легионеллёз. Это не экологичный вариант, потому что необходимо доставлять пластиковые бутылки и стаканчики. Открытость краников приводит к их запылению, что влияет на чистоту воды.

Как видно из представленной таблицы преимущество по выбранным критериям у пурифайера как по лабораторным показателям, особенно отсутствию бактериального числа, так и по ряду других. Его преимуществами также является эргономичность, отсутствие необходимости заключения договоров с поставщиками бутилированной воды, так как вода поступает из центрального водоснабжения и проходит ряд filtrаций; вода не застаивается. Но, важно понимать, что необходимо менять фильтры в соответствии с инструкцией, так как безопасность всегда зависит от правильности эксплуатации.

По сравнению с кулерами, отсутствует риск нанести травму при переносе или установке бутылки. Зачастую у пурифайеров есть функция подогрева воды, что поможет избавиться от чайников, которые часто перегружают электрическую сеть и могут приводить к ожогам. Использование этих устройств может помочь приблизиться к концепции зеленого офиса за счет рационального потребления ресурсов. Это самый экологически чистый вариант, из рассматриваемых, соответствующий принципам безопасности. Пластиковые стаканчики можно заменить брендированными бутылками, которые бы выдавались сотрудникам за какие-либо достижения. Это является примером мотивации сотрудников к здоровому образу жизни, создает дружелюбную и сплоченную атмосферу и прививает любовь к полезным привычкам.

Опыт говорит о том, что для мотивации сотрудников пить больше воды, недостаточно установить источник. Необходима работа с людьми и подход через культуру безопасности и охрану труда. Не стоит забывать, что в офисе есть свои опасности. Поэтому можно предложить создать «уголок гидратации». Это уютная зона у пурифайера, где сотрудники могли бы посидеть в перерыве, например, почитать книгу об эффективных продажах. Стоит оснастить это пространство агитационными плакатами, содержащими информацию о влиянии питьевой воды на здоровье, интересные цитаты про воду и т.д. Это привлечет внимание офисных работников и создаст комфортную атмосферу.

Культура безопасности невозможна без сплоченного сотрудничества руководства и подчиненных, потому что более осознанное и ответственное поведение начальства, влечет за собой отклик от рабочего коллектива в целом. Необходимо проводить интересные мероприятия, поощрять работников сообщать о неполадках и любых проблемах, связанных с водой и не только. Хорошим решением было бы создание челленджа «Гидра-Герой». Он заключается в том, чтобы выдать пустые карточки с разметкой рабочих дней, где сотрудники бы отмечали, сколько воды выпили в день, что повлияло бы на осознанное потребление и приобретение привычки. В конце месяца, получивший максимальный результат, может получить приз в виде брендированной продукции, талонов на бесплатный обед или дополнительного перерыва.

Возможность получить дополнительный перерыв важна, так как мотивирует людей придерживаться здорового образа жизни. Ведь курильщики, например, могут в течение рабочей смены выйти и «отдохнуть» минут 5–10, а люди, следящие за своим здоровьем, не имеют такой возможности и нередко подменяют курящих коллег. Если мы предоставим возможность офисному сотруднику посидеть эти 10 минут в зоне гидратации, почитать книгу или просто походить и сделать небольшую разминку – это точно положительно скажется на его здоровье и эмоциональном состоянии. Также это может быть прекрасной возможностью и мотивацией бросить вредную привычку (курение) и заменить ее полезной.

Практика челленджей, соревнований и других подобных мероприятий отлично подходит как для освещения правил охраны труда, так и для сближения коллектива, позволяет людям лучше узнать друг друга, создает сплоченную команду.

Проблема обезвоживания, рассмотренная в этой статье, особенно актуальна в современных реалиях. В условиях конкуренции никак нельзя допускать рассеянности сотрудников и разрозненности коллектива, ведь ошибки могут привести к материальным и репутационным потерям для компании. С растущим трендом на культуру безопасности, каждое уважающее себя предприятие ставит в приоритет здоровье, психологическое состояние и комфорт работников, не говоря уже о снижении травматизма и рисков, что является базой в системе управления охраной труда. Следует соответствовать данной тенденции, потому что это влияет не только на рабочую среду, но и здоровое общество в целом, а также позволяет достигать высоких результатов и иметь преимущество среди конкурентов.

Подводя итоги, хотелось бы отметить: работа с доступом сотрудников к воде создает комфортную среду для офисных работников, повышает эффективность, стимулирует к соблюдению здорового образа жизни, является важным фактором охраны труда.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Irena M.K. The Effects of Drinking Water on Attention / Irena M. K. – Текст : электронный // ScienceDirect : [сайт]. – 2014. – 23 дек. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814065586>
2. Jianfen Z. The Effects of Hydration Status on Cognitive Performances among Young Adults in Hebei, China: A Randomized Controlled Trial (RCT) / Jianfen Z. – Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – 2018. – 12 июля – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30720789/>
3. Staying Hydrated Boosts Brain Power / Текст : электронный // Women's Brain Health Initiative : [сайт]. – 23 ноя. – URL: <https://womensbrainhealth.org/think-tank/brain-buzz/staying-hydrated-boosts-brain-power>
4. Sharma V.M. Influence of heat-stress induced dehydration on mental functions / Sharma V.M. – Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – 1986. – 29 июня – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3743537/>
5. Susan M.S. The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man / Susan M.S. – Текст : электронный // PubMed : [сайт]. – 2004. – 6 июня – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15182398/>
6. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
7. Кодекс об Административных Правонарушениях Российской Федерации. Статья 5.27.1. Нарушение государственных нормативных требований охраны труда, содержащихся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации.
8. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 26.12.2024). Статья 216.3. Обеспечение права работников на санитарно-бытовое обслуживание.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА ОБЖАРЩИКА КОФЕ

С 1992 г. согласно Постановлению Минтруда РФ на территории России действует Единый тарифно-квалификационный справочник [1].

Согласно данному справочнику, профессия «Обжарщик пищевых продуктов относится» относится в основном к 3 разряду. При выполнении отдельных операций технологического процесса обжарки пищевых продуктов – 2-й разряд. 3 разряд в ЕТКС обычно относится к работникам, выполняющим задачи, требующие определенных навыков и знаний, но не обладающим высокой степенью самостоятельности или ответственности. Работники 3 разряда могут выполнять более сложные задачи по сравнению с работниками 1 и 2 разрядов, но все еще находятся под контролем более квалифицированных специалистов [2].

К основным должностным обязанностям обжарщика относятся различные задачи и функции, которые требуют четкого внимания и постоянного контроля. Обжарка происходит в обжарочных аппаратах, внутри которых есть давление пара до 8 атмосфер [3]. Для приготовления продукции требуется подготовка жировых смесей и наполнение противней сырьем, полуфабрикатами. После того, как заготовки загружены в печи, обжарочные системы требуется постоянный контроль параметров. Для этого применяются контрольно-измерительные приборы температуры нагревания и охлаждения, уровня масла, состояния воды, давления пара, подачи газа и воздуха внутрь установок. Процесс обжарки – это сложный процесс, при котором не рассчитано точное время, по истечении которого продукт обжарен и готов к использованию. Обжарщик с помощью специальных приборов и органолептически определяет окончание процесса обжарки и качество готовой продукции. Для этого требуются особые навыки и знания. Также после окончания обжарки специалист должен добавить специи и соль, что тоже является сложным и ответственным этапом.

Для качественного выполнения работ обжарщик пищевых продуктов должен знать ассортимент обжариваемых продуктов; технологические режимы обжарки сырья и полуфабрикатов; виды применяемых жиров и правила их использования в процессе обжарки; способы определения окончания процесса обжарки и требования, предъявляемые к качеству обжаренных продуктов; порядок загрузки и выгрузки пищевых продуктов из аппаратов и печей, их устройство; назначение и правила пользования применяемыми контрольно-измерительными приборами; приемы регулирования процесса обжарки пищевых продуктов.

На каждом производстве существует много факторов негативного воздействия, которые каждый работодатель стремится устранить или снизить их влияние к минимуму. Для того, чтобы разработать меры для улучшения условий труда, нужно разобрать, какие негативные параметры существуют и на сколько они соответствуют нормативным данным [4].

Можно выделить следующие основные негативные факторы для обжарщика кофе:

- движущиеся аппаратные установки и системы, передвигающиеся изделия;
- повышенная температура окружающих поверхностей;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- высокий специфический запах кофейных зерен;
- опасность взрыва установок горячего пара и бойлеров;
- выделение вредных газов, таких как диоксид углерода и другие.

Специальная оценка условий труда определила, что условия на рабочем месте обжарщика пищевых продуктов являются вредными по фактору шума, где превышение составило 1 дБ [5, 6]. Оборудование, которое использует обжарщик – ростер. Он и является

основным источником шума. Ростер состоит из двух основных деталей – вакуумный загрузчик и барабан. Они создают звук. Первоначально кофейные зерна попадают в вакуумный загрузчик, а затем постоянно раскручиваются внутри барабана, что создает шум.

Обжарщик пищевых продуктов относится к такому виду трудовой деятельности, как выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий. Высокий специфический запах кофейных зерен является одним из производственных факторов, который до сих пор не до конца изучен и является проблемой, для сотрудников производства. Запах продуктов обжарки создается смесью различных продуктов, в настоящее время проводится исследование по идентификации воздействия каждого из химических веществ, входящих в состав продуктов. Некоторые компоненты пыли и компоненты, дающие запах, известны как аллергены, что позволяет предположить возможное вредное влияние на живущее рядом с предприятием население. Загрязнение воздуха газам значительно ухудшают его качество и условия восприятия. Основные выделяющиеся газы: углекислый газ, угарный газ, водяные пары, летучие органические соединения, ароматические углеводороды, пары масел. Для каждого вещества установлены предельно допустимые концентрации.

Модернизация условий труда является ключевым моментом на любом производстве, поэтому ниже представлены некоторые методы.

Высокие температуры оборудования сопровождают сотрудника в процессе работы, поэтому нужно использовать системы охлаждения для предотвращения перегрева. Также следует проводить регулярные инструктажи и обучения, чтобы сотрудники не подвергали себя риску ожогов кожных покровов в ходе взаимодействия с устройствами. Для снижения влияния шума следует использовать СИЗ такие, как беруши или наушники. Также для снижения воздействия шума нужно уменьшить время пребывания сотрудников возле оборудования, то есть ростеров.

Гигиеническим условиям нужно уделять особое внимание, рабочее место должно соответствовать санитарным нормам, включая чистоту оборудования и соблюдение правил личной гигиены. Системы вентиляции и локальные выхлопные системы должны быть установлены в цехах производства, чтобы проблема вредного запаха и газов была минимизирована. Проведение периодических обследований здоровья рабочих имеет важное значение для оценки воздействия гербицидов и пестицидов, болезней позвоночника и для раннего выявления симптомов расстройств, связанных с повторяющимися движениями. Рабочая зона каждого сотрудника должна быть сконструирована согласно всем нормам и правилам, чтобы избежать риск травм по причине неудобства, а также для обеспечения к необходимому оборудованию и ингредиентам обжарки. Просветительская работа в области здоровья является важным инструментом, дающим рабочим возможность самостоятельно идентифицировать источники опасности для здоровья и их последствия, осознать свое право на условия работы, не приносящие вред здоровью.

В результате анализа условий труда на рабочем месте обжарщика были выявлены основные опасные и вредные производственные факторы и их источники, что позволило наметить пути снижения влияния вредных условий труда на его рабочем месте.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1. – Ст. 3.2.
2. Постановление Минтруда РФ от 05.03.2004 N 32 «Об утверждении Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих, выпуск 48, раздел «Общие профессии производств пищевой продукции».

3. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Утверждено и введено в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 23 апреля 1999 г.
4. ГОСТ 32775-2014. Кофе жареный. Общие технические условия; введ. 30.06.2016. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
5. Абдрахманова Г.А. Отличия специальной оценки условий труда от аттестации рабочих мест // Молодой ученый. – 2016. – №24. – С. 146-147.
6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания от 30.12.2021.

УДК 331.45

Т.Т. Каверзнева¹, И.Ю. Шершнев¹, А.И. Шершнева²,

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Российский государственный гидрометеорологический университет

АНАЛИЗ ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ НА ПРИМЕРЕ ВОДИТЕЛЕЙ СПЕЦТРАНСПОРТА В АЭРОПОРТАХ

Цель работы – разработка рекомендаций по преодолению текучести кадров водителей спецтранспорта в аэропортах, приводящей к острому дефициту квалифицированных кадров и соответствующему росту профессионального риска в отрасли.

Причины, приводящие к дефициту квалифицированных кадров во многих сферах экономики, могут быть разнообразными; само существование факта нехватки кадров свидетельствует о необходимости принятия срочных мер по работе с кадрами, которые должны быть инициированы, в первую очередь, работниками высшего звена предприятий.

Надо отметить, что проблема нехватки квалифицированных кадров водителей спецтранспорта в аэропортах назревала еще в «успешные годы», когда компании могли позволить себе большее количество сотрудников, вовлеченных в процесс работы. Требуемая квалификация для осуществления своей деятельности и высокий уровень ответственности водителей спецтранспорта в аэропортах сформировал определенный тип коллективов, состоящий в основном из работников зрелого возраста. Молодая смена прибывала, но предлагаемые условия труда водителей спецтранспорта в аэропортах привлекали не весь спектр молодых сотрудников. Появление экономической нестабильности, вызванной пандемией и другими факторами, потребовало «оптимизации» и сокращения числа сотрудников в компаниях для сохранения прибыли и рентабельности всего предприятия. Например, в области гражданской авиации резкое сокращение числа авиационных перевозок привело к оптимизации (сокращению) количества работающих. Отрасль покинула часть квалифицированных сотрудников, что впоследствии привело к дефициту кадров, не говоря уже о молодых специалистах, имеющих больше возможностей для самореализации в более стабильных отраслях. Оставшаяся после сокращения часть коллектива приняла на себя повышенные нагрузки. За короткое время в режиме увеличения объема работ началась вторая волна оттока кадров.

Повышенные нагрузки привели к следующим проблемам: к недостатку времени для восстановления организма после рабочей смены, к росту больничных листов. Многие работники оказались не готовы к новым условиям труда на старых принципах оплаты и организации труда. Условия труда стали еще менее привлекательными, несмотря на изменения экономической ситуации в отрасли.

Финансовые вливания государства в авиаперевозки и рост числа рейсов, казалось бы, должны были исправить ситуацию, но реального притока кадров не случилось. Одной из причин данного обстоятельства явилось развитие сферы услуг в пандемийные годы. Гораздо

проще работать доставщиком продуктов, таксистом или иным работником, не связанным строгим графиком и в то же время ответственностью при выполнении работ.

Водитель спецтранспорта в аэропортах управляет аэродромной техникой стоимостью несколько миллионов, а иногда и десятков миллионов рублей, перемещая и обслуживая воздушные суда стоимостью уже в десятки миллионов долларов, а иногда и сотни миллионов долларов. Многим такая ответственность попросту не подходит, куда проще «отработать смену» на легковом автомобиле или, например, курьером по доставке.

Рассматривая причины оттока кадров в коллективах водителей спецтранспорта в аэропортах, стоит отметить, что в оставшейся части работников преобладает число тех, кто прошёл «самоотбор». Это сотрудники службы транспорта в аэропортах, которые смогли адаптироваться в условиях оптимизации производства, поддержали производительность труда при должном уровне безопасности, повысили профессиональные навыки и, самое главное, сохранили своё здоровье. Как отмечалось ранее, средний возраст водителя спецтранспорта в смене оперативного обслуживания воздушных судов в аэропортах составляет от пятидесяти до пятидесяти пяти лет. Плюсами такого работника являются большой опыт работы по специальности, высокая профессиональная подготовленность и возможности передачи навыков работы вновь поступающим коллегам. Но в то же время надо учитывать (и ценить) оставшееся время для такой передачи опыта. Этап работы до пенсионного возраста водителя составляет десять, пятнадцать лет. Авиакомпаниям надо этот срок использовать максимально эффективно, сохраняя потенциал своих сотрудников и готовя достойную смену.

Решить проблему оттока кадров – нелёгкая задача, а ещё большая задача – привлечь квалифицированный персонал в условиях высокой конкуренции и роста предложений других работодателей. Здесь, как говорится, мяч на стороне работодателя. Важно создать интересные для работников условия труда. В современном мире принято считать, что работа человека – это неотъемлемая часть его жизни. В работе человек реализует свои способности, получает не только материальное, но и моральное удовлетворение от результатов своей деятельности. В зарубежных странах с середины двухтысячных годов применяется программа «Благополучие на работе» («Well-being at Work»). Она была предложена скандинавами и ориентирована не просто на безопасность сотрудников на работе, а также на общее благополучие вместе с безопасностью [1]. Человек, работающий на любимой работе, окружен заботой и вне её рамок. В большинстве российских компаний сейчас также уделяется большое внимание социальной поддержке своих сотрудников.

В отношениях между работниками и работодателями бывают и различные мнения в совместных трудовых отношениях. По данным исследований интересов сторон в социально-трудовых отношениях отмечены несовпадения интересов участников. С одной стороны, есть вопросы в области охраны труда, а с другой – несоответствие экономических и социальных ожиданий со стороны наемных работников. Ослабление внимания к организации производства, неудовлетворительное состояние рабочих мест, невыполнение нормативных требований в сфере охраны труда – все это может привести к росту числа несчастных случаев [2].

Работодатель в отношениях с сотрудниками компаний руководствуется: законами, правовыми актами, регламентами, постановлениями, уставами, инструкциями и другими формальными основами условий и охраны труда.

Также существуют и неформальные основы [3]. Культура охраны труда, при условии её соблюдения всеми работниками, строгое соблюдение правил охраны труда и техники безопасности, положительно влияет на развитие условий и охраны труда, а также всего производства. Несоблюдение законных требований в области охраны труда, неприменение СИЗ работниками приводят к росту производственного травматизма, профессиональных заболеваний и, как следствие, к снижению производительности труда. Таким образом,

неформальные основы условий и охраны труда могут как положительно влиять на данную систему, так и препятствовать её развитию.

Воспитание культуры охраны труда в коллективе должно учитывать оба фактора основ – формальный и неформальный. Задействование механизма «самоотбора», учет интересов и потребностей человека, создание достойных условий труда принесут в будущем хороший результат. Косвенным показателем таких условий труда будут здоровье сотрудников и повышение производительности труда без производственных травм и профессиональных заболеваний.

По данным статистики наиболее частыми причинами производственных травм являются неудовлетворительная организация производства работ, нарушение трудовой и производственной дисциплины, воздействие движущихся и вращающихся деталей, а также недостатки в обучении безопасным приемам труда. Большинство причин аварий, несчастных случаев на производстве обусловлено «человеческим фактором». Только воспитание у работника культуры охраны труда, «настройка» человека осознано и неуклонно соблюдать безопасность труда, может способствовать снижению производственных рисков на рабочих местах [4, 5].

Выводы

Для успешного развития бизнеса на сегодняшний момент времени перед работодателем возникает задача сохранения кадрового потенциала как главного трудового ресурса. Решение этой задачи поможет избежать затрат на поиски и принятия на работу, а также обучения новых работников.

Использование потенциала опытных сотрудников в программах наставничества для передачи навыков вновь прибывшему персоналу положительно скажется на психологическом климате в коллективе, будет способствовать большей слаженности и коммуникации внутри коллектива. Вложение дополнительных средств в охрану труда и улучшение условий работы на начальных этапах могут потребовать объемных затрат, но данные мероприятия повысят мотивацию и удовлетворенность сотрудников, что, скорее всего, приведет к росту производительности труда. В будущем средства, потраченные на охрану труда и улучшение условий труда, могут привести к заметной экономии и повышению прибыли. Инвестиции помогут снизить уровень профзаболеваний, а также число несчастных случаев, что, в свою очередь, уменьшит затраты на лечение, компенсации и временную нетрудоспособность. Заботясь о своих сотрудниках, предоставляя дополнительные социальные пакеты и гибкие льготы для работников, компании тем самым создают свой положительный имидж, привлекательный для клиентов и потенциальных инвесторов.

Соблюдение сотрудниками культуры охраны труда, ответственное отношение к технике безопасности вырабатывают у работника стойкие навыки безопасного труда, уменьшают негативное воздействие «человеческого фактора». Баланс между прибылью и сохранением человеческого ресурса, инвестиции в охрану труда, современное оборудование, новые берегающие технологии обязательно станут основой для уверенного роста и развития компании.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Anttonen H., Räsänen T. Well-being at work: new innovations and good practices. – 2009.
2. Елин А. К. вопросу о формировании социальной многоукладной регулируемой экономики/А. Елин //Человек и труд. – 2010. – №. 11. – С. 67–70.
3. Ригин А.А., Елин А.М. Лидерство как ключевой элемент решения вопросов безопасности труда в экономике. / Modern Economy Success. 2021. № 5. С. 6-13.
4. Каверзнева Т. Т. и др. Мотивация безопасного поведения человека //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9. – №. 1. – С. 206–212.
5. Яковлева Е.В., Кузнецов П. А. Культура безопасности как элемент профилактики производственного травматизма // Агротехника и энергообеспечение. 2020. №1 (26). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kultura-bezopasnosti-kak-element-profilaktiki-proizvodstvennogo-travmatizma> (дата обращения: 03.03.2025).

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ХИРУРГА

Ежедневно медицинские работники сталкиваются с различными опасностями и вредными факторами на рабочем месте, выполняя свою работу. Для определения вредности выполняемых работ проводится специальная оценка условий труда на рабочих местах.

Целью работы является оценка условий труда медработника на примере хирурга для снижения показателей травмирования и случаев профзаболевания.

Метод исследования – применение результатов исследования рабочей позы хирургов, параметров микроклимата и освещения в центральной городской больнице.

Специальная оценка условий труда (СОУТ) – это комплекс действий по выявлению и измерению опасных и вредных факторов на рабочих местах. Кроме того, что эксперт проводит идентификацию опасностей, в СОУТ также входит разработка мероприятий по снижению рисков и классификация рабочих мест по классам труда [1].

Рассмотрим профессиональную деятельность сотрудника медучреждения на примере врача-хирурга в центральной городской больнице. 50% своего рабочего времени он проводит в операционной, оставшуюся часть специалист проводит амбулаторное лечение пациентов. Основная его работа заключается в лечении заболеваний или травм, а также хирургического вмешательства. Можно выделить следующие факторы, которые приводят к профессиональным заболеваниям хирургов: биологический фактор, эмоциональное и физическое перенапряжение, а также нарушение микроклимата в операционной. В связи с этими факторами были определены основные профессиональные болезни, наиболее часто встречающиеся у врачей-хирургов, такие как заболевания нервной и психической системы, сердечно-сосудистой системы и, наконец, костно-мышечной системы.

Остановимся более подробно на производственных факторах, которые являются спецификой работы сотрудников медицины. Данный фактор заслуживает особого внимания в области оценки условий труда, так как имеет обратную зависимость от стажа работы, то есть, чем меньше стаж работы, тем выше вероятность инфицирования. Биологический фактор – главный вредный фактор у медицинских работников на рабочем месте. Его опасность заключается в заражении различными вирусами, микробами, бактериями и продуктами их жизнедеятельности, которые в свою очередь распространяются внутри организма и приводят к инфицированию.

Заболевания, представляющие наибольшую опасность – это парентеральные инфекции и заболевания, передающиеся воздушно-капельным путем.

Другой, не менее важный фактор, встречающийся у специалистов медицинских учреждений, это химический фактор. Ежедневно медицинские работники используют различные дезинфицирующие средства, а также лекарственные препараты для пациентов.

Опасность заключается в одновременном использовании нескольких химических веществ с различными путями попадания в организм. Данные вещества могут вызывать химические ожоги кожи и слизистых, в дополнение, они имеют накапливающий эффект, то есть заболевания могут появиться через какой-то неопределенный интервал времени, либо проявиться на здоровье будущего потомства.

И третий фактор, который можно выделить у работников – это тяжесть трудового процесса.

Таблица 1 – Сводная ведомость результатов проведения специальной оценки условий труда на месте врача-хирурга

Номер рабочего места	Профессия/должность/специальность работника	Классы (подклассы) условий труда														Итоговый класс УТ
		Химический фактор	Биологический фактор	АПДФ	Шум	Инфразвук	Ультразвук	Вибрация общая	Вибрация локальная	Неионизирующие излучения	Ионизирующие излучения	Микроклимат	Освещенность	Тяжесть трудового процесса	Напряженность трудового процесса	
1	Врач-хирург	3.1	3.3	-	2	-	-	-	-	2	-	2	2	3.1	2	3.3

Таблица 2 – Профессиональные риски на рабочем месте врача-хирурга

Код опасности	Наименование опасностей, представляющих угрозу жизни и (или) здоровью работника*	Последствия	Продолжительность воздействия идентифицированной опасности (Т)
1.17.1	Порез мягких тканей работника в результате воздействия острых кромок и заусенцев	Микроповреждение (микротравма). Измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время отдыха или к началу следующего рабочего дня	Редко (от 10% до 25% рабочего времени)
6.2.1	Химические ожоги кожи, поражение слизистых, отравление организма при контакте с опасными веществами	Несчастный случай с легкой степенью тяжести, влекущий утрату профессиональной трудоспособности на срок более 60 дней; профессиональные заболевания легкой и средней степени тяжести	Периодически (от 25% до 50% рабочего времени)
8.2.1	Заболевание работника, связанное с воздействием патогенных микроорганизмов	Микроповреждение (микротравма), развитие профессионального заболевания при длительной экспозиции опасности профессиональные заболевания (отравления) легкой степени тяжести	Постоянно (от 75% и более рабочего времени)
9.3.1	Повреждение костно-мышечного аппарата работника в следствии перегрузок при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	Микроповреждение (микротравма), развитие профессионального заболевания при длительной экспозиции опасности профессиональные заболевания (отравления) легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности)	Периодически (от 25% до 50% рабочего времени)
14.2.1	Рентгеновское излучение	Несчастный случай с легкой степенью тяжести, влекущий утрату профессиональной трудоспособности на срок более 60 дней; профессиональные заболевания легкой и средней степени тяжести (отравления) с временной потерей профессиональной трудоспособности	Редко (от 10% до 25% рабочего времени)

В таблице 1 представлена оценка условий труда по измеряемым вредным факторам. Итоговый класс условий труда врача-хирурга – 3.3. Еще одной важной процедурой оценки рабочего места является оценка профессиональных рисков [2]. В таблице 2 представлены опасности с наибольшей вероятностью реализации.

Таким образом, оценка профессиональных рисков позволила выявить факторы, представляющие наиболее высокую опасность на рабочем месте врача-хирурга.

Всесторонняя оценка рабочего места позволяет определить перечень мероприятий, который необходимо реализовать для снижения уровня профессионального риска или класса условий труда, если это возможно. В такие мероприятия может входить использование средств индивидуальной защиты, такие как халат, шапочка, перчатки и маска. А также средства коллективной защиты – вентиляция над местом загрязнений и ультрафиолетовая лампа для облучения помещений. Немаловажным фактором является соблюдение личной гигиены, защита глаз, слизистых, кожи и легких. Также следует оптимизировать режим труда и отдыха, не допускать необоснованные перенапряжения, дежурства [3]. Соблюдение этих мероприятий позволит снизить воздействие негативных факторов и создать культуру безопасности в медицинском учреждении.

В данном случае можно предложить:

1.1. Тяжесть трудового процесса: организовать рациональные режимы труда и отдыха (Снижение тяжести трудового процесса);

1.2. Биологический фактор: контроль за выдачей СИЗ, контроль за ведением дезинфекции помещений и рук.

2. Рекомендуемые режимы труда и отдыха: в соответствии с графиком работы организации [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ.
2. Приказ Минтруда России и Социальной Защиты РФ «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» от 28.12.2021 N 926.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2024).
4. Салкуцан В.И., Каверзнева Т.Т. Экспертиза и оценка условий труда: учебное пособие, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018 – 172 с.
5. Приказ Минтруда России «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» от 21.11.2023 N 817н.

УДК 331.45

А.И. Красильников
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВНЕДРЕНИЕ ГЕЙМИФИКАЦИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Обучение по охране труда – это процесс получения знаний, умений и навыков работниками, которые позволяют выполнять трудовые обязанности безопасными способами с сохранением жизни и здоровья работника. Обучение по охране труда может проходить как в самой организации, в которую устраивается работник, так и в сторонней организации, которая соответствует всем требованиям по обучению работников.

Законодательно обучение по охране труда согласно постановлению №2464 делится на 5 видов [1]. Все виды обучения по охране труда (далее ОТ) с учетом времени их прохождения представлены на рисунке 1.

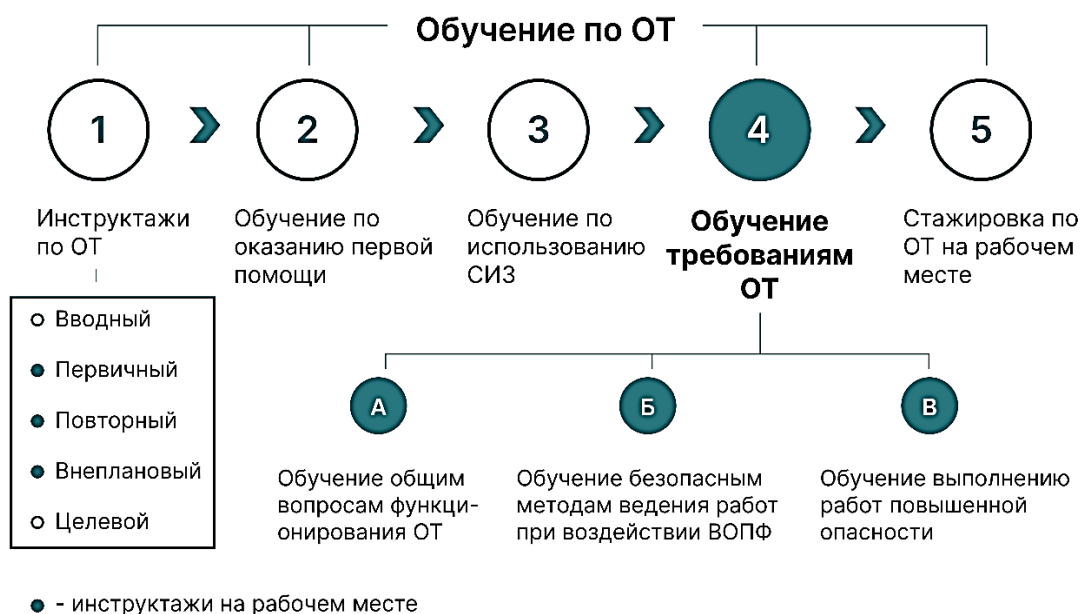


Рис 1. Виды обучения по ОТ в хронологическом порядке.

В рассматриваемом постановлении установлено, что обучение по оказанию первой помощи, обучение по использованию средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ) и обучение требованиям ОТ должно содержать практическую часть, реализованную с помощью технических средств обучения и наглядных пособий [2].

Внедрение геймификации на основе AR-технологий (технологии дополненной реальности) полностью подходит под законодательство и объединяет эти два пункта. Принимая во внимание исследование в Колорадском университете, где было проведено изучение влияния геймификации на процесс обучения и происходило сравнение традиционных методов обучения и метода с применением геймификации можно сделать вывод, что:

- геймификация помогает на 14% увеличить приобретенные навыки;
- внедрение игровых методик на 11% повышает фактические знания;
- сравнение традиционного метода обучения и с внедрением геймификации показало, что последний метод помогает на 9% повысить эффективность обучения в рамках понимания и усвоения информации.

Также было выявлено, что если устное изучение материала будет параллельно сопровождаться презентацией, изображениями, графиками и другими средствами, которые помогают визуально запоминать информацию, то закрепление материала и полученных знаний увеличивается на 30% [2, 3].

Это доказывает, что внедрение геймификации на основе AR-технологий не только подходит на законодательном уровне, но и помогает повысить эффективность обучения охраны труда для снижения уровня травматизма на предприятии.

Целью работы является рассмотрение возможности внедрения геймификации в процесс обучения охране труда. Задачей исследования является показать возможности применения AR-технологий в обучении охраны труда.

В качестве методов исследования использовался сравнительный анализ существующих форматов обучения вопросам охраны труда, а также моделирование 3D-объектов для применения их в качестве AR-технологий.

AR-технологии позволяют наглядно показать рассматриваемый объект, который необходимо изучить. В рамках обучения по оказанию помощи таким объектом может

послужить изучение 3-D модели человека при полученных травмах всех частей тела или наличии инородных предметов в голове, животе или конечностях.

В рамках обучения по использованию СИЗ предлагается изучить используемый СИЗ, показать различные варианты СИЗ, которые нельзя использовать во время трудового процесса, можно создать модели с деформациями, отсутствием важного элемента, например, при использовании средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее – СИЗОД) – противогаза шлангового ПШ-2 может не хватать поясного ремня с плечевыми лямками, без которого применение данного СИЗОД невозможно.

В рамках обучения требованиям по ОТ можно показать наглядно используемое оборудование и инструменты, знаки безопасности по охране труда, ограждения и барьеры. Например, можно разобрать применение защитных ограждений по периметру опасной зоны [4, 5].

Применение AR-технологий в обучении охране труда может быть обосновано следующими факторами:

- отсутствие возможности представления объекта в реальном времени для обучения. Такими объектами является сложное или опасное оборудование, которое необходимо изучить до начала работ, но нет возможности этого сделать;
- изучение объекта в реальности может нести вред здоровью и риски для жизни обучаемого;
- повышение мотивации к обучению сотрудников;
- повышение эффективности обучения по сравнению с традиционными методами обучения.

Рассмотрим возможность применения AR-технологий на примере обучения выполнения работ повышенной опасности таких как работы на высоте инженера по вентиляции. Согласно должностной инструкции он принимает участие в организации и контроле монтажа и наладки вентиляционного оборудования, ведет учет вентиляционного оборудования, проверяет его техническое состояние, качество ремонта.

Для всех этих действий необходимо производить работы на высоте. И перед началом работ необходимо проверить снаряжение для безопасной работы. Знание о том, как это нужно правильно сделать, должны быть получены во время обучения выполнения работ повышенной опасности. Это можно сделать с помощью применения AR-технологий. В ходе изучения у специалиста будет возможность детально рассмотреть необходимые детали и учесть их особенности для дальнейшей работы.

3D-модель реализованной страховочной привязи представлена на рис 2.



Рис 2. 3D-модель страховочной привязи

При применении AR-технологий специалист заранее может всесторонне изучить страховочную привязь, посмотреть крепления. Это позволит при работе на высоте быть готовым к поставленным задачам и выполнить работу в оптимальные сроки и без риска для здоровья и жизни сотрудника.

Применение AR-технологий не должно быть основным форматом обучения, так как нельзя обойтись без изучения нормативных актов и локальных документов. AR-технологии направлены на практические навыки во время обучения охране труда, а не на теоретические.

Использование геймификации на примере AR-технологий отвечает требованиям законодательства, а также направлено на повышение мотивации обучаемых работников и повышения уровня безопасности на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464 (ред. от 12.06.2024) «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда»
2. Новые подходы в организации системы обучения и проверки знаний требований охраны труда в организациях / В.А. Сенченко, Т.Т. Каверзнева, Н.В. Румянцева, Н.А. Леонов / Безопасность и охрана труда. – 2020. – № 1(82). – С. 73-76.
3. Геймификация как инструмент повышения эффективности обучения персонала / Е.Д. Дынкина // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2017. – № 2. – С. 51-56.
4. Технологии дополненной реальности / Маслов, Ю.А. , Белов, Ю.С. / E-Scio. 2022. №2 (65).
5. Внедрение инструментов геймификации в управлении персоналом организации / Просвирина, Н.В. / Вестник Академии знаний. – 2020. – № 37 (2). – С. 280-286.

УДК 331.45

А.В. Красных

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЧАТ-БОТА В ПРОЦЕССЫ ОХРАНЫ ТРУДА

Актуальность исследования заключается в том, что внедрение новых технологий способствует повышению эффективности процессов охраны труда, а также созданию безопасной рабочей среды.

В современном мире абсолютно не исключена вероятность возникновения опасности на рабочем месте и именно поэтому охрана труда является наиболее важным и неотъемлемым аспектом управления каждой организацией [1]. Обеспечение безопасных условий труда может значительно снизить затраты на лечение заболеваний и травм, а также же повысить производительность и защитить здоровье сотрудников [2].

Технологии давно шагнули вперед, при этом сфера охраны труда не осталась в стороне, нововведения коснулись и этой области. Чат-боты – очень перспективное направление, способное увеличить эффективность и доступность СУОТ. Они решают огромное количество задач и проблем. Виртуальные помощники способны решать большое количество разных задач, например, оперативно предоставлять работникам ответы на вопросы безопасности и оказывать информационную поддержку при безопасном выполнении работ.

Специалисты по охране труда довольно часто сталкиваются с такими проблемами, как большое количество рутинной работы, затрудненный доступ к информации о различных процедурах и правилах, а также недостаточно высоким уровнем вовлеченности в вопросы охраны труда, которые требуют значительных временных затрат и ресурсов. Вследствие этих причин многие задачи остаются без должного внимания или вовсе невыполненными, что значительно может снизить уровень безопасности работников на рабочем месте [3].

Внедрение чат-ботов в процессы охраны труда может благоприятно повлиять на эффективность работы специалистов и стать ключевым решением для оптимизации многих процессов. Есть сферы охраны труда, где наличие чат-ботов значительно бы облегчило и ускорило многие процессы.

Рассмотрим основные направления использования чат-бота при решении вопросов охраны труда:

1. Информационная поддержка. Помощник способен предоставлять информацию, которая касается инструкций по охране труда, нормативно-правой базы, правил безопасности, информации об оказании первой помощи, плане действий в аварийных ситуациях и прочих интересующих вопросах. Ответ никогда не заставит себя долго ждать или более того, чат-бот сразу предоставит правильную информацию на интересующую тему [4]. Доступ к этим данным можно получить круглосуточно, что значительно снижает нагрузку на специалистов по ОТ.

2. Ведение отчетности. Программа может помогать работникам в ведении отчетности в сфере охраны труда, а также помогать регистрировать произошедшие несчастные случаи или гибель. Соответственно, в таком случае значительно сократится время составления сотрудником отчетов, а также упростится доступ к получению статистических данных.

3. Проведение инструктажей и обучения. Помощник может проводить внутри программы тестирования, повышающие качество проверки знаний после инструктажей и прочих видов обучения. Также благодаря чат-ботам можно с легкостью отслеживать результаты прохождения образовательных программ, что экономит ресурсы и время.

4. Обратная связь. Чат-боты могут собирать у работников предприятий обратную связь о состоянии производства, состоянии самого предприятия и состоянии охраны труда. Работники в свою очередь могут писать свои предложения по поводу проблем и улучшений. Важно отметить, что при желании тестирования и опросы могут быть анонимными, данные хранятся в памяти какое-то время, то есть к ним еще можно будет обратиться спустя какое-то время.

Эффективность использования чат-ботов в сферах охраны труда представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность использования чат-ботов в сферах охраны труда

Сфера применения	Эффективность внедрения чат-бота	Преимущества	Недостатки
Информирование и обучение	Высокая	Автоматизация процесса обучения, доступность, мобильность	Некоторые виды обучения требуют отработки практических навыков, ненадежность используемого контента
Сбор обратной связи и оценка знаний	Высокая	Доступность, мобильность, небольшие временные затраты на получение обратной связи	Существует риск необъективных ответов, в том случае, невозможность получить развернутые ответы на тесты
Мониторинг соблюдения правил	Средняя	Чат-боты могут следить за соблюдением правил, а также за наличием потенциальных рисков	Данные не всегда могут являться достоверными, потому что иногда требуется человеческое вмешательство
Практические тренировки	Низкая	Нет преимуществ	Чат-боты не способны заменить реальную практическую подготовку, необходимо физическое присутствие человека
Оценка состояния здоровья работников	Низкая	Нет преимуществ	Виртуальные помощники не могут оценивать состояние здоровья работников и проводить диагностику заболеваний

Отсюда следует, что чат-боты наиболее эффективны в сферах, отвечающих за информирование, сбор данных и обучение. Однако абсолютно нецелесообразно внедрение виртуальных помощников в сферы, которые требуют непосредственного физического присутствия и вмешательства человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сафонов А.А., Сафонова М.А. Охрана труда: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс]/Сафонов А.А., Сафонова М.А.-Москва: издательство Юрайт, 2023. –47-52с. –URL: <https://urait.ru/book/ohrana-truda-532808>.
2. Родионова О.М., Аникина Е.В., Лавер Б.И., Семенов Д.А. Охрана труда: учебник 3-е изд., [Электронный ресурс]/Родионова О.М., Аникина Е.В., Лавер Б.И., Семенов Д.А.-Москва:издательство Юрайт, 2023 URL:<https://urait.ru/book/mediko-biologicheskie-osnovy-bezopasnosti-ohrana-truda-532612>
3. Чашина, Е.А. Оценка социально-экономической эффективности мероприятий по совершенствованию условий труда работника / Е.А. Чашина, Д.М. Бусыгина, Н.В. Румянцева // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием. Часть 3. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 261-263. – EDN IMOXND.
4. Баязитов Ф.А, Юсупова Ю.Р, Филиппов В.Н, Альмухаметов А.А. Удаленный доступ к мобильному роботу [Электронный ресурс]/ Баязитов Ф.А, Юсупова Ю.Р, Филиппов В.Н, Альмухаметов А.А. -2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udalennyy-dostup-k-mobilnomu-robotu>
5. Горячкин Б.С., Галичий Д.А., Цапий В.С., Бурашников В.В., Крутов Т.Ю. Эффективность использования чат-ботов в образовательном процессе [Электронный ресурс]/ Горячкин Б.С., Галичий Д.А., Цапий В.С., Бурашников В.В., Крутов Т.Ю. – 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-chat-botov-v-obrazovatelnom-protsesse>

УДК 331.453

Е.Н. Ксенофонтова, В.В. Кудинов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕР ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ

Управление профессиональными рисками является важным элементом обеспечения безопасности в любой отрасли, где работники часто сталкиваются с физическими, эксплуатационными и многими другими опасными ситуациями. Такие опасные ситуации могут вызвать негативные последствия для здоровья работников, их безопасности и, в конечном счёте, для успешной работы всего предприятия. Пренебрежение управлением производственными рисками может привести не только к материальному убытку, но и нанести серьёзный удар по репутации предприятия. Цель данной статьи – рассмотреть основные этапы и методологию разработки мер по управлению профессиональными рисками, а также подчеркнуть их важность. Задача данного исследования состоит в анализе понятия и поиске мер по управлению рисками. Методы исследования: анализ, классификация, обобщение.

Профессиональные риски включают в себя разнообразные угрозы здоровью и безопасности работников на рабочем месте [1]. Эти риски могут быть:

- физическими, например, работа на высоте, тяжелые нагрузки, высокий уровень шума;
- химическими, такими как воздействие токсичных веществ, растворителей, кислот, также загазованность атмосферы;
- биологическими;
- техническими, связанными с неисправностью оборудования, что может привести к серьёзным авариям;
- психологическими, возникающими в связи с высокими нагрузками на нервную систему, конфликтами в коллективе или отсутствием должной поддержки и мотивации со стороны руководства [2].

Основное внимание в управлении этими рисками уделяется предотвращению инцидентов и снижению их потенциального воздействия на организацию.

Первым этапом в управлении профессиональными рисками является их идентификация. Это включает в себя сбор информации об условиях труда, анализ производственных процессов и использование различных методов оценки риска, таких как специализированные исследования. Необходимо регулярно проводить опросы работников, ведь сотрудники, работающие непосредственно на самих местах, обладают ценными знаниями о потенциальных источниках риска. Это поможет выявить слабые места, которые могут быть незаметны для руководства предприятия [3]. Важен анализ всех видов происшествий. Изучение предыдущих инцидентов, аварий, несчастных случаев на рабочих местах позволяет выявить повторяющиеся проблемы и предвидеть возможные последствия аналогичных ситуаций в будущем. На рисунке 1 представлен график распределения основных видов опасностей, которые привели к несчастным случаям на предприятии ЖКХ. Проведение регулярных обходов рабочих мест и мониторинг выполнения технологических процессов позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы.

Важно учитывать как уже известные риски, так и потенциальные новые угрозы, которые могут возникнуть в результате изменений в производственных процессах или условиях труда.

После идентификации опасностей необходимо провести их анализ и оценку, чтобы определить их значимость и вероятность возникновения. Здесь применяются такие методы, как качественный анализ, количественный анализ (например, метод FMEA), различные методы моделирования. Оценка позволяет установить приоритеты в управлении рисками, определяя какие из них требуют самых незамедлительных действий [4].

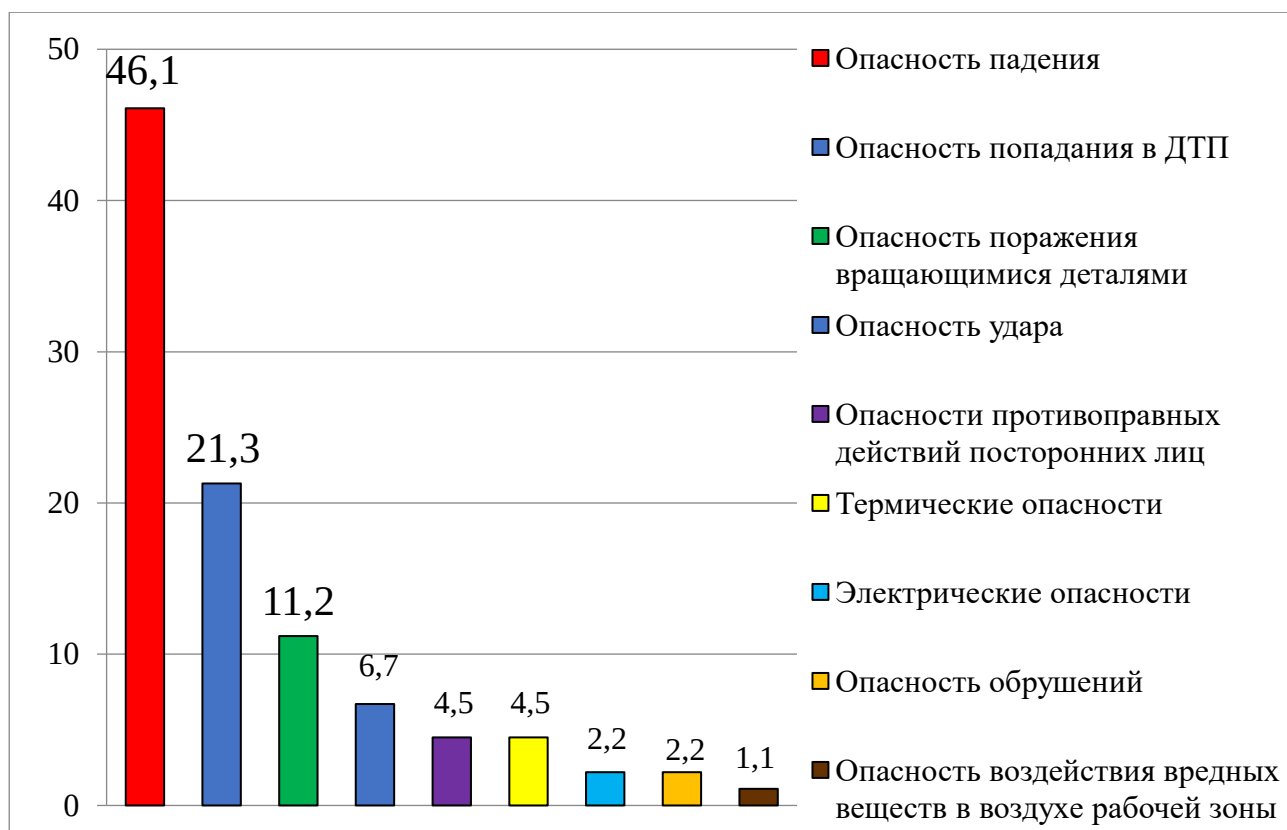


Рис. 1. Опасности приводящие к несчастным случаям на предприятии ЖКХ

Следующим шагом является разработка мер управления, направленных на максимально возможное снижение идентифицированных рисков. Некоторые риски можно вовсе предотвратить. Например, организация может отказаться от использования оборудования, которое заведомо представляет опасность для работников, заменив его на более современное и безопасное. Меры по снижению рисков подразделяются на несколько категорий:

- Технические меры включают в себя модернизацию оборудования, улучшение системы вентиляции и внедрение автоматизированных систем контроля [5].

- Организационные меры предполагают изменения в процессах работы, такие как усовершенствование графиков рабочих смен, внедрение стандартов и процедур безопасности, регулярное проведение инструктажей и обучения персонала.

- Индивидуальные меры включают в себя использование средств индивидуальной защиты, таких как каски, маски, защитные очки и перчатки.

- Меры по настройке и модернизации систем раннего оповещения, которые предупреждают о превышении допустимых уровней вредных факторов (загазованности, радиации).

- Эргономика пространства. Переоборудование рабочих мест для снижения физической нагрузки на сотрудников. Например, регулируемые по высоте столы или подставки для ног.

- Внедрение программ, направленных на улучшение физического и психического здоровья сотрудников, таких как бесплатные абонементы в спортзал.

- Особо тщательная проверка оборудования и материалов, поставляемых сторонними организациями, на соответствие стандартам безопасности и охраны труда [6].

После внедрения разработанных мер важно регулировать их эффективность. Это может включать в себя мониторинг соблюдения правил безопасности, анализ инцидентов и проведение повторных оценок риска. По результатам этой оценки может быть необходимо скорректировать или доработать текущие меры.

Эффективное управление профессиональными рисками невозможно без активного вовлечения сотрудников. Работники, участвующие в процессах идентификации и оценки рисков, более осведомлены об угрозах и имеют большую мотивацию соблюдать меру безопасности. Программы обучения по вопросам безопасности труда, включая правильное использование средств индивидуальной защиты, могут значительно снизить вероятность травм. Обучение и развитие культуры безопасности – ключевые элементы в стратегиях управления рисками, которые способствуют повышению ответственности и внимательности каждого участника процесса.

Далее следует процесс передачи рисков. Это процесс, при котором организация минимизирует собственные финансовые потери, передавая ответственность за определенные риски сторонним организациям. Например, страхование ответственности за профессиональные риски может спасти компанию от серьезных финансовых последствий в случае несчастного случая на производстве. Реализация намеченных мер требует четкой организационной структуры и вовлеченности всех уровней управления.

Включает такие аспекты:

- Создание рабочей группы. Необходимо сформировать команду, ответственную за реализацию мероприятий по управлению рисками. В ее состав могут входить представители разных подразделений – от охраны труда до HR и высшего менеджмента, что обеспечит комплексный подход.

- Документирование процедур. Все процедуры по управлению рисками должны быть четко задокументированы, чтобы обеспечить их стандартизацию и соблюдение.

- Открытая коммуникация. Налаживание эффективной коммуникации между различными уровнями управления и работниками позволяет получать обратную связь, необходимую для своевременной корректировки мер по обеспечению охраны труда.

Примеры применения практических мер в работах:

- Для высотных работ. Использование страховочных систем, ограничение доступа к краям крыш, регулярные проверки состояния кровли.
- При работе с химикатами. Обучение персонала по работе с химическими веществами, обеспечение доступа к средствам нейтрализации и первой помощи.
- Психосоциальные риски. Организация графиков работы с учетом отдыха, предоставление возможностей для психологической разгрузки.

Управление профессиональными рисками в инженерно-строительном секторе требует комплексного подхода, включающего идентификацию, оценку и управление рисками с участием всех уровней организации. Развитие эффективных стратегий управления рисками не только повышает безопасность, но и способствует улучшению общей эффективности и стабильности производственных процессов. В условиях динамического изменения технологий и стандартов безопасности постоянное обновление знаний и методов работы становится необходимым элементом устойчивого развития и конкурентоспособности в сфере инженерно-строительного дела.

Подготовка и реализация данных мер позволяет не только обмениваться передовым опытом и знаниями среди специалистов, но и устанавливает новые векторы для дальнейших исследований и разработок в области управления профессиональными рисками [7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Проспект, 2023.
2. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. Иванов И.И. Управление профессиональными рисками: теория и практика. – М.: Издательство «Безопасность труда», 2022.
4. Петров П.П. Современные методы оценки рисков в производственной сфере. – СПб.: Издательство «Техносфера», 2021.
5. Смирнова С.С. Экономические аспекты управления профессиональными рисками. – М.: Издательство «Экономика и безопасность», 2020.
6. Кузнецов К.К. Автоматизированные системы мониторинга условий труда. – М.: Издательство «Инновации в безопасности», 2023.
7. Васильев В.В. Профилактика производственного травматизма: новые подходы. – М.: Издательство «Профессиональная безопасность», 2022.

УДК 331.453

В.Ю. Курмышов, Т.Т. Каверзнева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ТОКАРЯ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Целью исследования является проведение анализа условий труда токаря с точки зрения тяжести и напряжённости труда, а также выявление различий в этих показателях в зависимости от оснащения рабочего станка системами числового программного управления.

Задачами для выполнения поставленной цели являются:

1. Анализ рабочих мест токарей на примере одного из металлургических заводов Санкт-Петербурга.
2. Проведение замеров показателей тяжести и напряженности труда на данных местах.
3. Расчет классов труда по методике оценки тяжести и напряженности труда.

Технология токарных работ по металлу заключается в том, что с изделий срезается излишний металлический слой до тех пор, пока деталь не примет необходимую форму, размер и шероховатость поверхности. Для такой обработки используются металлорежущие станки, которые называются токарными.

Работа токаря на неавтоматизированном токарном станке заключается в обработке деталей. Токарь придаёт им нужную форму и размеры.

Приведем некоторые обязанности специалиста из профессионального стандарта [1].

1. Интерпретация технических чертежей.
2. Подготовка и крепление детали. Перед началом работы необходимо настроить и надёжно закрепить заготовку.
3. Подбор и монтаж инструмента для резки. Следует выбирать наиболее подходящее приспособление для резания и закрепить его на станке.
4. Настройка параметров станка. Нужно установить оптимальную скорость вращения, отрегулировать подачу и нужную глубину реза.
5. Обработка деталей. Токарь контролирует процесс обработки, следя за качеством и соответствием заданных параметров.
6. Проверка качества. Необходимо контролировать размер и качество деталей с помощью измерительных устройств: штангенциркуля или микрометра.
7. Техническое обслуживание и чистка станка. Следует регулярно проверять, смазывать и чистить станок для обеспечения его бесперебойной работы.

Это базовые функции токаря, однако в зависимости от специфики предприятия и используемого оборудования список может быть расширен или уточнён.

Система числового программного управления (ЧПУ), применяемая на станках и различном производственном оборудовании, помогает автоматизировать процесс производства и обработки деталей, а также ускорить его, обеспечивая высокую точность при обработке деталей и заготовок. При использовании ЧПУ оператору станка не нужно тратить время на каждый производственный этап по изготовлению и обработке. В первую очередь ему необходимо устанавливать деталь внутрь станка и вынимать готовую деталь. Также при необходимости оператору необходимо вносить правки в работу программы станка при начале ее работы или при ее сбое.

Использование классических универсальных механических станков постепенно сменяется на использование станков с программным управлением, поскольку металлообрабатывающие предприятия все больше пытаются автоматизировать и увеличить оборот производимой продукции. Но с внедрением числового программного управления в производственное оборудование меняются и условия труда работающих за этим оборудованием. Возникает необходимость в оценке изменения условий труда, поскольку с увеличением масштабов производства, благодаря автоматизации, возрастает интенсивность изготовления и проверки деталей на токарных станках.

Для проведения исследования по тяжести и напряженности труда, в зависимости от автоматизации станочного оборудования, рассматривались рабочие места одного из металлургических заводов Санкт-Петербурга, который основывается в основном на производстве трубопроводной арматуры, но также имеет множество дополнительных неосновных направлений работ. Оценка производилась по критериям, представленным в одном из основных документов, регламентирующем нормы по тяжести и напряженности трудового процесса – руководстве Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [2].

1. Тяжесть трудового процесса.

Тяжесть трудового процесса является одной из составляющих трудового процесса, отвечающих за силу нагрузки на опорно-двигательный аппарат, сердечно-сосудистую,

дыхательную и другие системы в организме человека. Физический труд воздействует на организм посредством стимуляции обменных процессов в организме, вызванных требующимися для выполнения задачи мышечными усилиями. В свою очередь применение определенных сил сопровождается соответствующими энергозатратами. Выполнение тяжелых работ приводит к необходимости потребления большего объема кислорода и питательных веществ.

Таблица 1 – Показатели классов условий труда по тяжести

№ п/п	Название показателя тяжести трудового процесса	Класс условий труда токаря неавтоматизированного станка	Класс условий труда токаря станка с ЧПУ
1.	Физическая динамическая нагрузка (ФДН), кг·м	3.1	2
2.	Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг	2	2
3.	Стереотипные рабочие движения (СРД), количество за смену	3.1	3.1
4.	Статическая нагрузка (СТН), кгс·с	2	2
5.	Рабочая поза	2	2
6.	Наклоны корпуса, количество за смену	2	2
7.	Перемещения в пространстве, км	2	2
8.	Итоговое значение класса труда	3.1	3.1

Для сравнения, в среднем энергозатраты при физическом труде составляют от 4000 до 6000 ккал в сутки, тогда как использование механизированной формы труда сокращает энергетическое потребление до 3000-4000 ккал [3-4]. В соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 выделяют семь групп показателей тяжести трудового процесса. В табл. 1 представлены значения классов условий труда, полученные по показателям тяжести труда для токаря на неавтоматизированном станке и станке с ЧПУ в соответствии с методикой [5]. Значения классов по каждому из пунктов приведены как наибольшие значения соответствующих им подпунктов, которые в таблице не расписываются.

2. Напряженности трудового процесса.

Напряженность трудового процесса – составляющая трудового процесса, указывающая на воздействие вредных производственных факторов на центральную нервную систему и органы чувств работника. Умственный труд может сопровождаться энергозатратами в 2500–3000 ккал за сутки. В соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 выделяют пять групп показателей напряженности трудового процесса.

В табл. 2 представлены значения классов условий труда, полученные по показателям напряженности труда для токаря на неавтоматизированном станке и станке с ЧПУ. Значения классов по каждому из пунктов приведены как наибольшие значения соответствующих им подпунктов, которые в таблице не расписываются.

Таблица 2 – Показатели классов условий труда по напряженности

№ п/п	Название показателя тяжести трудового процесса	Класс условий труда токаря неавтоматизированного станка	Класс условий труда токаря станка с ЧПУ
1.	Интеллектуальные нагрузки	3.1	2
2.	Сенсорные нагрузки	3.1	3.1
3.	Эмоциональные нагрузки	3.1	3.1
4.	Монотонность нагрузок	3.1	3.1
5.	Режим работы	2	2
6.	Итоговое значение класса труда	3.1	3.1

Выводы. В ходе работы были получены одинаковые показатели итоговых значений классов труда для оператора токарного станка без ЧПУ и с ним. Но стоит отметить, что по отдельным параметрам тяжесть и напряженность труда токаря неавтоматизированного станка была больше, чем у оператора станка с ЧПУ.

В ходе работы было сделано допущение: рассматривались станки обрабатывающие разные заготовки и имеющие разный вес. Дальнейшее развитие работы заключается в расширении выборки рассматриваемых рабочих мест и усреднение их результатов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 364н от 02.06.2021. «Об утверждении профессионального стандарта «Токарь».
2. Руководство Р 2.2.2006-05. «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».
3. Матеро В.С. Разработка мероприятий по улучшению условий труда токаря на станке с числовым программным управлением: выпускная квалификационная работа бакалавра / В.С. Матеро; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт; научный руководитель Т.Т. Каверзнева. – Санкт-Петербург, 2022.
4. Епифанова М.Г. Разработка мероприятий по улучшению условий труда токаря на экспериментальном производстве (на примере Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого): выпускная квалификационная работа бакалавра / М.Г. Епифанова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт военно-технического образования и безопасности; научный руководитель Т.Т. Каверзнева. – Санкт-Петербург, 2018.
5. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине: «Специальная оценка условий труда на рабочих местах». на тему «Оценка условий труда в зависимости от тяжести и напряжённости трудового процесса». В.И. Салкуцан. 2021г. с. 55, Санкт-Петербург.

УДК 331.456

Д.В. Лисов, В.В. Шарманов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УЧЕТ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ ПРИ РАСЧЕТЕ СТРАХОВЫХ ПРЕМИЙ

Цель работы – разработка методики расчета страховых премий для застройщиков, основанной на динамических показателях уровня безопасности на строительной площадке (индекс безопасности, уровень риска, вероятность несчастного случая), которая позволит повысить точность оценки рисков, стимулировать улучшение условий труда и способствовать устойчивому развитию строительной отрасли.

Рассматривая строительный процесс, помимо застройщика можно выделить трех основных участников, каждый из которых заинтересован в его успешной реализации, но при этом подвержен своим уникальным рискам. Первым участником является заказчик в лице покупателя, который инвестирует в проект. Вторым ключевым участником выступают банковские организации, которые активно участвуют в финансировании строительства, предоставляя кредитные ресурсы и обеспечивая безопасность расчетов через механизмы эскроу-счетов. Третьим участником являются страховые компании, которые страхуют объекты строительства от всевозможных рисков, включая строительно-монтажные риски, повреждение объектов, несчастные случаи и форс-мажорные обстоятельства. Однако, в отличие от застройщиков и банков, страховые компании ведут себя достаточно пассивно, подключаясь к процессу преимущественно на этапе наступления страхового случая. Это ограничивает их влияние на предотвращение рисков и снижает их роль в повышении безопасности строительства.

Уникальные риски характерны для каждого участника процесса. В частности, покупатель сталкивается с рисками, связанными с возможными финансовыми потерями в случае срыва сроков строительства, банкротства застройщика или несоответствия объекта заявленным характеристикам, что может отразиться на качестве работ и их остановке.

Минимизируя этот риск, реализация недвижимости в строящихся домах осуществляется исключительно через банковское сопровождение сделок с использованием с 01.07.2019 г. эскроу-счетов. При этом между застройщиком и покупателем заключается договор участия в долевом строительстве (договор долевого участия, ДДУ) согласно ФЗ № 214 от 29.07.2017 (ред. от 26.12.2024) [1].

В связи с чем покупатель переводит средства на эскроу-счет, размещенный в банке, после заключения договора долевого участия. Перевод денежных средств покупателя застройщику невозможен, пока не будет реализован проект. При банкротстве застройщика участник долевого строительства вправе расторгнуть договор и вернуть внесенные средства с эскроу-счета на счет банка. Застройщик обязан выплатить неустойку в размере 1/300 ставки рефинансирования ЦБ РФ от цены договора за каждый день просрочки. Для физических лиц размер неустойки удваивается [1, 2].

Таким образом, банки повышают уверенность в реализации проекта и снижают риски для конечных потребителей, активно включаясь в строительный процесс.

Третьим участником процесса выступают страховые компании. Однако, в отличие от застройщиков и банков, страховые компании ведут себя достаточно пассивно, подключаясь к процессу преимущественно на этапе наступления страхового случая.

Непредвиденные страховые случаи могут нанести серьезный урон бюджету проекта, поэтому страхование строительно-монтажных рисков (СМР) – объективная необходимость, являющаяся важной частью управления строительными рисками.

Рассматривая договоры страхования строительно-монтажных рисков, страховые компании прописывают в них необходимость соблюдения стандартов безопасности в строительном процессе, что является неотъемлемой частью работы строительной компании при реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП). При этом там же учитываются риски, связанные с влиянием на третьих лиц, которым потенциально может быть нанесен ущерб в процессе строительно-монтажных работ. Учитывая данные обстоятельства, страховые компании производят расчеты стоимости страхования строительных рисков индивидуально, для каждого объекта строительства, с учетом заданных характеристик и других определенных для данного объекта факторов (методов и технологий проведения строительных и монтажных работ, особенностей конструкций и свойств материалов, квалификации и опыта проектной организации или подрядчика и др.) [3,4].

Страховые компании также используют собственные внутренние показатели и критерии, такие как уровень аварийности на объекте, соблюдение нормативов безопасности и статистику прошлых страховых случаев, чтобы более точно определить размер страховой премии и минимизировать свои риски. По сути, расчет строится на ретроспективных данных по отрасли или по компании.

С развитием цифровизации строительного производства появились цифровые системы, которые способны в режиме онлайн оценивать уровень безопасности на объектах строительства и представлять их в отдельных динамических показателях. Такими показателями, характеризующими уровень безопасности, могут быть:

1. Индекс безопасности, отражающий общее состояние безопасности на объекте строительства [5]. Страховая премия, а именно ее базовая ставка, может зависеть от уровня индекса, например:

Индекс > 90% – минимальная ставка премии (лучшие условия, минимальный риск).

Индекс от 80% до 90% – стандартная ставка.

Индекс < 80% – повышенная ставка, так как минимально допустимый уровень безопасности нарушен.

Индекс может быть динамическим. Если строительная компания улучшает показатели безопасности (повышение индекса), страховщик может пересмотреть размер премии в сторону понижения.

Пример расчета премии – формула (1):

$$\text{Премия} = \text{Базовая ставка} \cdot \frac{100}{\text{Индекс безопасности}}. \quad (1)$$

Если базовая ставка = 100 тыс. руб., а индекс = 85%, то по формуле (1):

$$\text{Премия} = 100\,000 \cdot \frac{100}{85} = 117\,647 \text{ руб.}$$

2. Вторым показателем может выступать «Уровень риска» объекта строительства, выраженный в баллах [5].

Чем выше уровень риска, тем более вероятно возникновение инцидентов, влияет на коэффициент корректировки страховой премии – формула (2):

$$K_{\text{риск}} = \frac{\text{Уровень риска}}{\text{Приемлемый уровень (60 баллов)}}. \quad (2)$$

Например, если уровень риска = 90 баллов, то по формуле (2):

$$K_{\text{риск}} = \frac{90}{60} = 1,5.$$

При этом уровень приемлемости риска, страховая компания может выставить сама, влияя на застройщика.

Пример расчета премии – формула (3):

$$\text{Премия} = \text{Базовая ставка} \cdot K_{\text{риск}}. \quad (3)$$

При базовой ставке 100 тыс. руб. и уровне риска 90 баллов по формуле (3):

$$\text{Премия} = 100\,000 \cdot 1,5 = 150\,000 \text{ руб.}$$

3. Третий показатель представлен в виде коэффициента, показывающего «Вероятность несчастного случая», выраженный также в баллах.

Показатель вероятности несчастного случая (например, от 0,3 до 10 баллов) прямо указывает на риск наступления страхового события. Для расчета премии можно использовать коэффициент, основанный на вероятности – формула (4):

$$\text{Премия} = \text{Страховая сумма} \cdot \left(1 + \frac{\text{Вероятность}}{10}\right). \quad (4)$$

Если страховая сумма = 100 тыс. руб., а вероятность = 6 баллов, то по формуле (4) получим:

$$\text{Премия} = 100\,000 \cdot (1 + 6/10) = 160\,000 \text{ руб.}$$

4. Таким образом, учитывая все три показателя, можно рассчитать комплексный показатель и представить следующей формулой (5):

$$\text{Премия} = \text{Базовая ставка} \cdot \frac{100}{\text{Индекс безопасности}} \cdot \frac{\text{Уровень риска}}{60} \cdot \left(1 + \frac{\text{Вероятность}}{10}\right). \quad (5)$$

Пример комплексного расчета по формуле (5):

Индекс безопасности – 85%, уровень риска – 90 баллов, вероятность – 6 баллов при базовой ставке – 100 тыс. руб.

$$\text{Премия} = 100\,000 \cdot \frac{100}{85} \cdot \frac{90}{60} \cdot \left(1 + \frac{6}{10}\right) = 282\,353 \text{ руб.}$$

Таким образом, страховые компании могут использовать каждый показатель по отдельности или учитывать их все при расчете страховых премий.

Выводы: предложенная методика расчета страховых премий для застройщиков, основанная на динамических показателях уровня безопасности на строительной площадке (индекс безопасности, уровень риска, вероятность несчастного случая), представляет собой значительный шаг вперед в управлении строительными рисками. Использование данных показателей позволяет страховым компаниям более точно оценивать риски и устанавливать справедливые страховые премии, что снижает вероятность убытков и повышает прозрачность расчетов. Для застройщиков внедрение такой методики открывает возможности для снижения затрат за счет страховых скидок, повышения доверия со стороны клиентов и партнеров, а также минимизации рисков штрафов и судебных разбирательств.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 30.12.2004 № 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации».
2. Единая информационная система жилищного строительства. Долевое строительство: как это работает и в чем его преимущества [Электронный ресурс]: URL: <https://наш.дом.рф/медиа/статьи/2019/03/долевое-строительство-как-это-работает-и-в-чем-его-преимущества> (дата обращения 25.02.2025).
3. Альфа страхование. Сервис будущего в настоящем. Страхование строительно-монтажных работ [Электронный ресурс]: URL: https://www.alfastrah.ru/corporate/msb/smr/?utm_referrer=https%3A%2F%2Ffyandex.ru%2F (дата обращения 25.02.2025).
4. СМР Полис. Страхование строительно-монтажных рисков. [Электронный ресурс]: URL: <https://smr-polis.ru> (дата обращения 25.02.2025).
5. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска.

УДК 614.8.084

Ю.В. Логвинова, М.А. Полюхович, В.Д. Каченкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ВОЗРАСТА И СТАЖА РАБОТНИКА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ

По статистическим данным наибольшее количество пострадавших на строительной площадке приходится на возраст от 20 до 30 лет. В эту возрастную группу входят работники, которые только начали накапливать профессиональный опыт и могут совершать ошибки при производстве строительных работ. Самой высокой группой риска считаются молодые специалисты с опытом менее 4 лет и возрастом 20–24 года. Процент травматизма у рабочих в возрасте 30–50 и опытом работы более 7 лет в одной области гораздо меньше [1].

Цель работы состоит в разработке математической модели учета возраста и стажа у работников строительной отрасли для повышения безопасности трудового процесса и снижения профессиональных рисков. Для достижения цели исследования были использованы такие методы, как анализ, синтез и математическое моделирование.

Трудовой процесс – это трудовая деятельность, которая непосредственно связана с факторами тяжести и напряженности рабочего процесса, а также влиянием возраста и стажа работы в специальности и индивидуальными особенностями самого работника [2].

Для определения соотношения возраста и стажа у работников k_A предлагается использовать следующую математическую модель:

$$k_A = \frac{(Ed \cdot Exp + Exp \cdot A)}{1 + Exp}, \quad (1)$$

где Ed – балл, указывающий образование рабочего (среднее общее образование – 1; среднее специальное и высшее образование – 0); Exp – балл, указывающий на стаж в профессии (от 3 до 5 лет – 1; выше 7 лет – 0); A – балл, указывающий на возраст рабочего (от 18 до 24 лет – 1; выше 30 лет – 0);

Полученное значение показывает соотношение возраста и стажа работника. Чем меньше значение, тем более сбалансированным является соотношение возраста и стажа.

Разработанный коэффициент соотношения возраста и стажа работников k_A (1) необходимо внедрить в математическую модель метода оценки показателей трудового процесса [3]. Метод позволяет оценивать степень негативного воздействия на рабочего при выполнении рабочих обязанностей. Он состоит из нескольких этапов, определенных по алгоритму на рисунке 1.

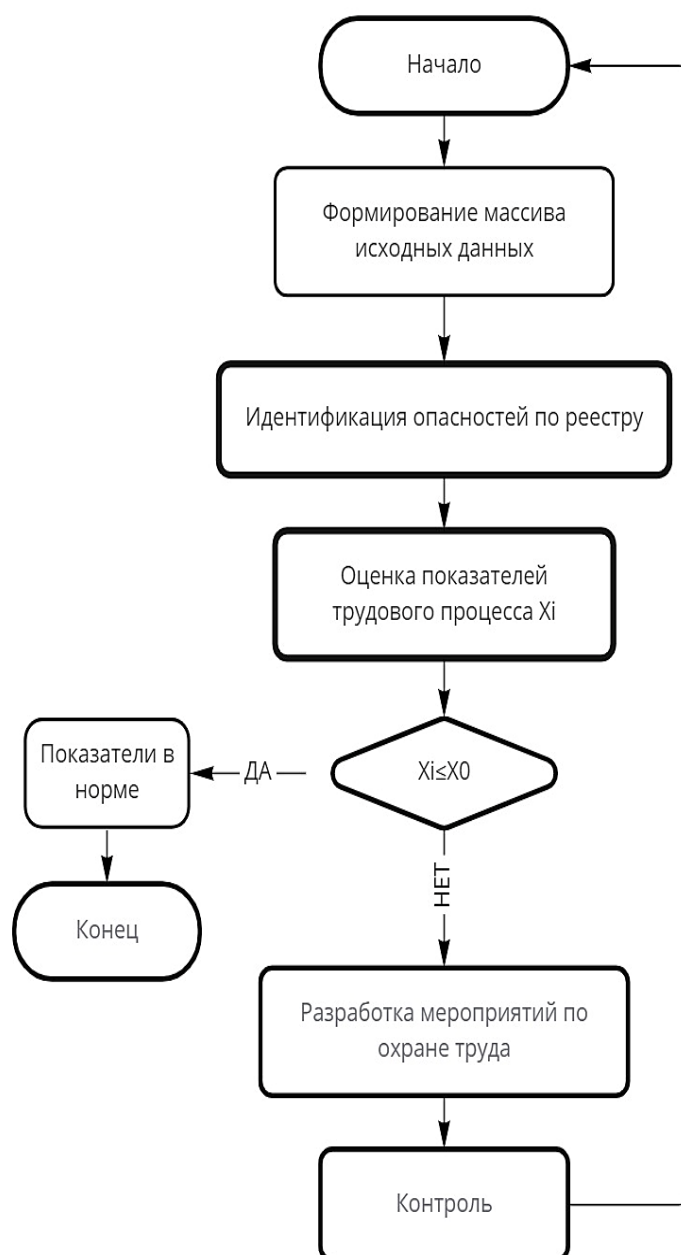


Рис. 1. Алгоритм оценки показателей трудового процесса

1 этап представляет собой сбор исходных данных, таких как возраст, стаж, также проводится анкетирование рабочих. Каждому ответу присваивается балл по бинарной системе 1 и 0. Далее составляются две матрицы. Первоначальная матрица $A_{во}$, которая отражает все потенциальные опасности, и ситуационная матрица $B_{рм}$, которая показывает идентифицированные опасности на конкретном рабочем месте и для конкретного рабочего. Значения 1 и 0 в этих матрицах указывают на наличие или отсутствие опасности соответственно. Матрица $A_{во}$ предполагает, что каждый ее показатель равен 1, отражая тем самым возможность возникновения негативных событий и проявление потенциальной угрозы для рабочего [4]. Матрица $B_{рм}$ составляется на основе соответствия норме всех показателей на рабочем месте. Если показатели в норме, то записывается 0 (отсутствие опасности), а если они превышают норму, записывается 1 (наличие опасности). Затем матрицы $B_{рм}$ и $A_{во}$ перемножаются для получения баллов x_i в результирующей матрице C . Значения этих баллов отражают степень негативного воздействия совокупности показателей трудового процесса на работника, задействованного на рабочем месте с территориально меняющимися рабочими зонами.

С помощью полученных баллов из результирующей матрицы C рассчитывается уровень опасности $L_{тп}$ трудового процесса по формуле (2):

$$L_{тп} = \ln \frac{k_A \sum x_{zi}}{x_{z0}}, \quad (2)$$

где k_A – это коэффициент соотношения возраста и стажа у работников; x_{zi} – баллы интенсивности негативного воздействия совокупности показателей трудового процесса из результирующей матрицы C ; x_{z0} – допустимое значение совокупности показателей для трудового процесса (значение равно 2).

По получившемуся значению уровня опасности трудового процесса разрабатывают мероприятия по охране труда [5].

Выводом исследования стал разработанный коэффициент соотношения возраста и стажа у работников k_A , который был внедрен в математическую модель метода оценки показателей трудового процесса для прогнозирования негативных событий при производстве работ с целью повышения безопасности на строительной площадке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Охрана труда в цифрах», г. Москва, 2024 г.
2. Охрана труда при переноске тяжестей вручную в ритуальном хозяйстве: проблемы, решения, перспективы / В.А. Сенченко, Т.Т. Каверзнева, Н.В. Румянцева [и др.] // Безопасность и охрана труда. – 2024. – № 1(98). – С. 13-16. – EDN LNWROE.
3. Применение методов нейросетевого моделирования для анализа данных по производственному травматизму / Д.А. Тархов, Т.Т. Каверзнева, Д.И. Идрисова, М.Н. Лобанова // Материалы XIX Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2015), Алушта, 24–31 мая 2015 года. – Алушта: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2015. – С. 174-176. – EDN UTPOAV.
4. Ульянов, А.И. Влияние стажа работы во вредных условиях труда на оценку профессионального риска / А.И. Ульянов, Т.Т. Каверзнева, А.Г. Ульянова // Балтийский морской форум: материалы VIII Международного Балтийского морского форума: в 6 т., Калининград, 05–10 октября 2020 года. Том 1. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2020. – С. 552-558. – EDN VRSQOY.
5. Логвинова Ю.В., Житникова Т.С. Метод оценки трудового процесса. В сборнике: Человек труда и наука. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Отв. редактор Е.А. Лазарева. Новочеркасск, 2022. С. 162-166

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

Цель: разработка и внедрение цифровой системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятиях Российской Федерации. Разработка цифровой СУОТ включает в себя создание эффективной платформы для отслеживания и анализа целевых показателей СУОТ, а также обеспечение непрерывного улучшения безопасности и здоровья сотрудников. Основной акцент делается на миграцию данных из действующей системы управления охраной труда, настройку рабочих процессов, обучение пользователей, тестирование и запуск системы в эксплуатацию. В результате ожидается снижение издержек производства, улучшение здоровья и безопасности сотрудников, а также повышение эффективности работы отдела охраны труда за счет автоматизации отчетности и анализа данных.

В современном мире цифровая трансформация процессов проникает во многие сферы и страны. Цифровые технологии не обошли стороной и охрану труда, что позволило существенно улучшить проведение мероприятий в данной области. В зарубежных странах активно внедряются различные современные технологии [1]. К цифровым системам мониторинга относятся умные средства индивидуальной защиты, переносные устройства, камеры, дроны, технологии искусственного интеллекта, машинное обучение, промышленные экзоскелеты и другие. Основная задача этих устройств – помогать работодателям обеспечивать и контролировать безопасность труда, а также защищать работников [2].

Российская Федерация, большая страна с разнообразными отраслями промышленности, которая осознает необходимость защиты своей рабочей силы. Страна активно внедряет цифровые решения для улучшения безопасности на работе, используя передовые технологии для снижения рисков, увеличения эффективности и создания культуры безопасности.

Приказ Минтруда России №776н [3] в главе V представлена схема (рис. 1), на которой изображены различные процессы и процедуры в рамках системы управления охраной труда. Все указанные виды деятельности должны оцениваться и подвергаться ежегодному анализу в рамках СУОТ и могут являться целями Предприятия.

Ежегодное отслеживание и анализ целевых показателей в рамках СУОТ в настоящее время без применения компьютерных технологий трудозатратно и тяжело для отдела охраны труда. Наше исследование посвящено цифровизации целей в области СУОТ в рамках единой цифровой системы предприятий. Задача не ограничивается простым переносом данных, а предполагает создание системы, обеспечивающей эффективное управление СУОТ и непрерывное улучшение безопасности. Успех проекта зависит от четкого планирования, выбора подходящих цифровых инструментов и тесной интеграции с существующей системой управления предприятием.

Для создания интегрированной системы управления охраной труда необходимо выбрать программное обеспечение, на котором она будет функционировать. В Российской Федерации доступны различные программы для автоматизации, такие как EcoStandard.soft, Cority, Intellex, 1C, RiskWatch, SafetyNet, PureSafety и многие другие [4]. Любая из них способна автоматизировать и упростить работу в сфере охраны труда. Компании необходимо индивидуально с учетом своей специфики выбрать с помощью чего выгоднее и удобнее работать.

После выбора и настройки необходимых программных решений, следует приступить к их внедрению. Этот этап включает в себя: миграцию данных из существующих систем, настройку рабочих процессов, обучение пользователей, тестирование системы и ее запуск в производственную эксплуатацию. Важно обеспечить плавный переход на новую систему,

минимизируя риск сбоев и ошибок. После запуска системы необходимо проводить регулярный мониторинг ее работы и вносить необходимые корректировки.

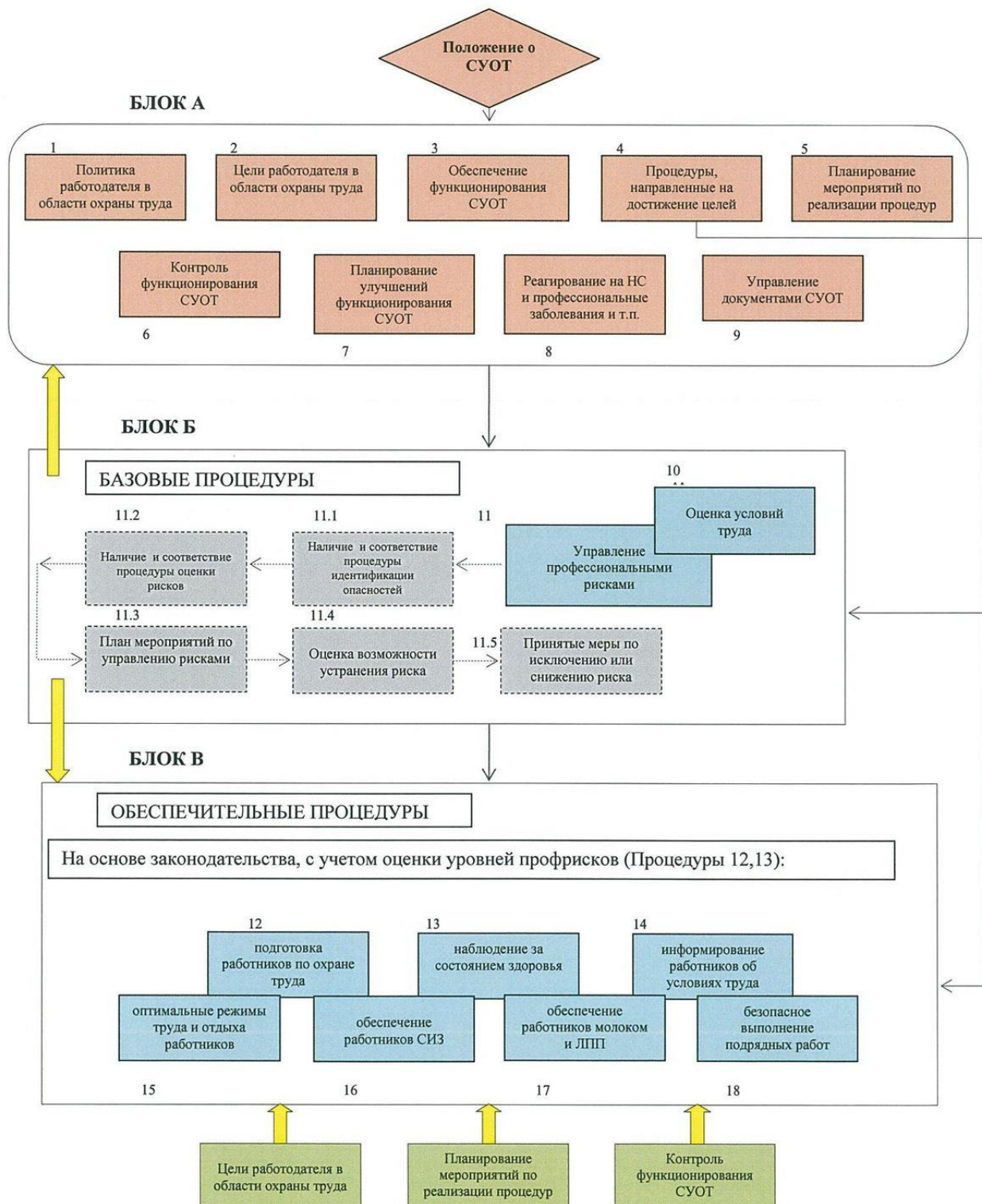


Рис. 1. Блок-схема приказа Минтруда №776н, глава 5

Рассмотрим на примере целей одного из Предприятий Санкт-Петербурга в области ЖКХ [5] анализ несчастных случаев, который был проведен с использованием цифровых программ по охране труда и представлен в виде диаграммы. На рисунке 2 демонстрируется количество

несчастных случаев на предприятии, с разбивкой по степени их тяжести. Наиболее часто встречаются легкие несчастные случаи. За период в 11 лет зафиксировано 46 легких, 12 тяжелых и 5 смертельных несчастных случаев. Анализ деятельности Предприятия ярко демонстрирует частоту происшествий, что позволяет разработать меры по их предотвращению. На основе этого можно также устанавливать цели на будущий год и планировать мероприятия для снижения травматизма на рабочем месте.

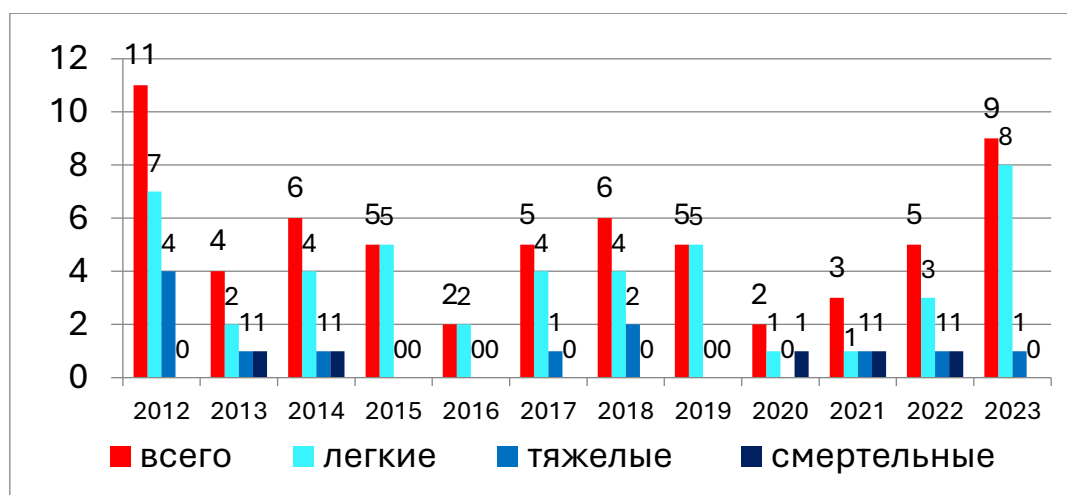


Рис. 2. Количество несчастных случаев на предприятии за 2012–2023 гг.

Внедрение целей СУОТ в цифровую систему предприятия – это сложный, но необходимый шаг для повышения уровня безопасности и эффективности работы. Успешное решение этой задачи требует тщательного планирования, выбора подходящих цифровых инструментов и тесной координации между различными структурными подразделениями предприятия. Результатом этой работы является – снижение издержек производства и, что самое важное, сохранение здоровья, жизни и безопасности сотрудников. Предложенная интеграция целей в цифровую систему позволит осуществлять мониторинг в любой момент времени, при корректном вводе исходных данных. Это в свою очередь значительно снижает нагрузку на отдел охраны труда при оформлении отчетности. А также упростит последующий анализ обработанных данных, что приведет к более эффективному использованию человеческих ресурсов и снижению ошибок. Правильный выбор программных решений и их интеграция в существующую ИТ-инфраструктуру предприятия являются залогом успеха проекта. Постоянный мониторинг и адаптация системы к меняющимся условиям также являются необходимыми компонентами для долгосрочной эффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. New technologies for safer and healthier workers: the potential of smart digital systems for OSH // European Agency for Safety and Health at Work URL: <https://osha.europa.eu/en> (дата обращения: 17.02.2025).
2. Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: opportunities and challenges // European Agency for Safety and Health at Work URL: <https://osha.europa.eu/en> (дата обращения: 17.02.2025).
3. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда»
4. Программы для охраны труда организации // A2is URL: <https://a2is.ru/catalog/programmy-dlya-obespecheniya-okhrany-truda> (дата обращения: 17.02.2025).
5. ГУП Водоканал Санкт-Петербурга // ГУП Водоканал Санкт-Петербурга URL: <https://www.vodokanal.spb.ru/> (дата обращения: 17.02.2025).

СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Цель работы – анализ ключевых факторов производственного травматизма при проведении строительных работ. Также, в рамках работы, рассмотрены основные методы и стратегии, способствующие сокращению количества подобных несчастных случаев.

В процессе работы над статьей было проведено экспертное интервью с различными специалистами строительной отрасли. Целью опроса являлось выявление наиболее распространенных несчастных случаев на строительных площадках. Анализ полученных данных позволил выделить ключевые факторы, способствующие возникновению травматизма. Перечень вопросов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Вопросный лист

Вопрос	Ответ
1. Какие по вашему мнению несчастные случаи являются наиболее распространенными в строительной отрасли?	1. Падение с высоты; 2. Покосы, спотыкание; 3. Машины и оборудование; 4. Подъем и перемещение груза; 5. Поражение электрическим током; 6. Ушибы, порезы и т. д; 7. Застревание, раздавливание и т.д.
2. Какие несчастные случаи с наибольшей вероятностью могут привести к смертельному исходу?	
3. Какие несчастные случаи с наибольшей вероятностью могут привести к серьезным травмам работников?	
4. Какие несчастные случаи с наибольшей вероятностью могут привести к травмам с потерей рабочего времени у работников	

Анкета была составлена лаконично и просто, что обеспечило высокий уровень отклика. Из 25 отправленных анкет 21 была заполнена и возвращена. Респондентам необходимо было оценить предложенные утверждения по шкале Ликерта, которая варьируется от «очень плохо» до «очень хорошо». Шкала подробно представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Система Ликерта

Оценка	№	Диапазон	Количество респондентов
Очень плохо	1	1.00 – 1.80	1
Плохо	2	1.81 – 2.60	0
Нейтрально	3	2.61 – 3.40	4
Хорошо	4	3.41 – 4.20	5
Очень хорошо	5	4.21 – 5.00	11

В таблице 3 представлена общая информация о респондентах: пол, уровень образования, опыт, должность. Эта информация позволяет лучше понять состав участников исследования и учесть возможные различия в их ответах, связанные с демографическими характеристиками и профессиональным опытом. Анализ данных таблицы 3 может помочь выявить тенденции и особенности в ответах респондентов из разных групп, что, в свою очередь, позволит более глубоко интерпретировать результаты исследования.

Таблица 3 – Общая информация

Элемент	Ответ	
Пол	Мужской	86%
	Женский	14%
Образование	Среднее общее	5%
	Среднее профессиональное	24%
	Бакалавриат	14%
	Специалитет. магистратура	57%
Должность	Менеджер	5%
	Начальник участка	10%
	Инженер-конструктор	5%
	Каменщик	26%
	Монолитчик	26%
	Прораб	14%
	Разнорабочий	14%
Опыт работы	1–3 года	26%
	3–7 лет	26%
	7–12 лет	28%
	Более 12 лет	10%

Из полученных данных следует, что наиболее распространенным несчастным случаем в строительной отрасли является падение высоты 48%, на втором месте по частоте проскальзывание, спотыкание и падение, 18%, на 3 месте работы, связанные с использованием машин и оборудования (14%). Подробная статистика представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Наиболее распространенные несчастные случаи в строительной отрасли

Падения с высоты – ведущая причина несчастных случаев в строительной отрасли [1–4]. Именно поэтому крайне важно провести масштабное исследование для разработки эффективных мер по обеспечению безопасности при работе на высоте. Это подчёркивает высокую актуальность научных работ в данном направлении.

На первом этапе для получения статистики по наиболее распространенным несчастным случаям при проведении строительных работ была использована специально разработанная анкета. Далее было проведено второе анкетирование чтобы собрать мнение экспертов о наиболее опасных работах на высоте. Их перечень представлен в таблице 4.

В дальнейшем были проанализированы ключевые факторы, приводящие к несоблюдению правил техники безопасности при проведении данного перечня работ и рассмотрены основные методы и стратегии, способствующие сокращению количества подобных нарушений.

На примере стропальщика были рассмотрены факторы, влияющие на безопасность проведения работ. Многочасовая работа, скованная рабочая поза, монотонность труда вызывают быструю усталость работника от своей трудовой деятельности.

Таблица 4 – Перечень опасных работ на высоте

№	Перечень работ
1	Работы на высоте с применением инвентарных лесов и подмостей.
2	Работы на высоте в охранных зонах сооружений
3	Сборка разборка лесов.
4	Работа, выполняемая на высоте без защитных ограждений.
5	Работа на дымовых трубах
6	Разрушение конструкций, оборудования, или их элементов при выполнении работ непосредственно на них
7	Теплоизоляционные работы
8	Нанесение антикоррозионных покрытий
9	Монтаж систем вентиляции

На первом этапе были предложены следующие меры: стоит избегать работы на строительных лесах, если это не является необходимым. Если это является необходимой частью работы, то во внимание стоит принять следующее:

- леса должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать прикладываемые нагрузки от рабочих, материалов и оборудования;
- опора лесов достаточно прочная без видимых следов деформации, ржавчины и;
- леса устойчивы и не могут опрокинуться;
- строительные леса закреплены в соответствии с ГОСТ 27321-2023;
- на лесах установлены защитные ограждения;
- в случае работы на высоте более 1,1 м следует надеть предохранительный пояс и прикрепить его к лесам
- не перегружать лестницы;
- работать только на высоте, где это обоснованно и необходимо и куда невозможно добраться с помощью крана-манипулятора;
- минимизируйте последствия падения и смягчите неизбежное приземление, выбирая надежное страховочное оборудование там, где сама опасность остается неустранимой угрозой.

Это исследование было проведено с целью выявления наиболее распространенных типов несчастных случаев в строительной отрасли. также для поиска эффективных способов сокращения их числа. Исследование показало, что наиболее распространенными несчастными случаями в строительном секторе являются падения с высоты. Также был проведен опрос экспертов для выявления наиболее эффективных способов сокращения количества аварий.

Данный подход предполагает, что количество травм на предприятии сократится, что положительно скажется, как на работниках, так и на предприятии в целом [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рольгайзер Е.А. Динамика производственного травматизма в Российской Федерации // Молодежный научный форум: электр. сб. ст. по мат. XXVIII междунар. студ. науч.- практ. конф. № 27(28).
2. Shiliang Shi, Min Jiang, Yong Liu, Runqiu Li. Risk Assessment on Falling from Height based on AHP-fuzzy. Procedia Engineering. Volume 45, 2012. Pages 112–118.
3. Christina M. Socias, Cammie K. Chaumont Menéndez, James W. Collins, Peter Simeonov. Occupational Ladder Fall Injuries – United States, 2011. Morbidity Mortality Weekly Report. April 25, 2014 / 63(16); Pages 341–346.
4. Garcia J. F., Martin J. E., Gerassis S., Saavedra A., Taboada Garcia J. Bayesian analysis of risk associated with workplace accidents in earthmoving operations. Informes De La Construcción. Volume 69, Issue 546, 2017.
5. Xiaowei Luo, Hainan Chen. Severity Prediction Models of Falling Risk for Workers at Height. Procedia Engineering. Volume 164, 2016. Pages 439–445.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С РЕЗУЛЬТАТАМИ СОУТ

В январе 2014 г. законодательство РФ в области охраны труда претерпело изменения, вместо устаревшей процедуры аттестации рабочих мест введена специальная оценка условий труда. Данная процедура регулируется приказом Минтруда РФ №426-ФЗ. Однако на практике при определении вредных и опасных производственных факторов часто возникает путаница между СОУТ и производственным контролем, что приводит к нарушениям, штрафам и недопониманию между руководством и специалистами по охране труда. Рассмотрим эти две процедуры подробнее, чтобы обозначить ключевые различия и избежать распространенных ошибок.

СОУТ (Специальная оценка условий труда) – комплексная процедура, направленная на идентификацию и оценку вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса. Она охватывает все рабочие места организации и проводится с целью установления класса условий труда каждого из них. Результаты СОУТ являются основой для разработки и внедрения мероприятий по улучшению условий труда, предоставления компенсаций работникам и расчета страховых взносов. Минтруд России осуществляет надзор за соблюдением законодательства в области проведения СОУТ и законности ее результатов. СОУТ проводится не реже чем один раз в пять лет. Однако, при изменении технологических процессов, оборудования, внесении изменений в организацию труда и других значимых обстоятельствах необходимо проведение внеплановой СОУТ [1].

Производственный контроль – система планомерных мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия вредных и опасных производственных факторов на здоровье работников. Он фокусируется на постоянном мониторинге и контроле за соблюдением санитарных норм и правил на рабочем месте, а также эффективности мероприятий по охране труда. Его задача – не столько оценка условий труда, сколько предотвращение негативных последствий и поддержание безопасных условий. Роспотребнадзор контролирует соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил. Также контроль может осуществляться другими надзорными органами в зависимости от специфики производства (например, Ростехнадзор). Производственный контроль осуществляется постоянно, с установленной периодичностью, зависящей от специфики производства и характера вредных факторов. Включают в себя регулярные измерения параметров производственной среды, проверки состояния оборудования, инструктаж работников, анализ производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Документально подтвержденное выполнение мероприятий по охране труда, отсутствие превышений допустимых норм вредных и опасных факторов, данные о проведенных измерениях и проверках [2].

Закон от 19 июля 2018 года № 208-ФЗ изменил статью 32 Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ). Это изменение позволило использовать при производственном контроле (ПК) данные исследований и измерений вредных и опасных производственных факторов, полученные в ходе специальной оценки условий труда (СОУТ). Главное условие: эти исследования должны быть проведены аккредитованной в России испытательной лабораторией не позднее чем за полгода до проведения самого производственного контроля. Другими словами, теперь работодатели могут сэкономить время и ресурсы, используя уже имеющиеся результаты СОУТ, выполненные компетентной организацией, для выполнения требований производственного контроля, при условии, что эти результаты не устарели (не старше полугодия).

Однако эти процедуры, несмотря на общую цель, существенно различаются по своему объёму, методам и результатам. Основной конфликт заключается в разнице охвата вредных и опасных производственных факторов: производственный контроль охватывает значительно большее их количество, чем СОУТ. Это принципиальное отличие обуславливает как преимущества, так и ограничения каждой из процедур. Производственный контроль, будучи более широким и комплексным, затрагивает различные аспекты производственного процесса. Сюда входят не только факторы, непосредственно влияющие на здоровье работника (физические, химические, биологические, психофизиологические), но и организационные, эргономические, а также факторы, связанные с обеспечением безопасности технологического оборудования, хранения и транспортировки материалов, организации рабочих мест и системами управления безопасностью. Такой всесторонний подход позволяет выявлять скрытые риски и предотвращать потенциальные аварии и заболевания на ранних стадиях. Результатом производственного контроля является комплексная программа мероприятий по улучшению условий труда и минимизации рисков, которая интегрирована в общую систему управления предприятием. СОУТ, в свою очередь, фокусируется на оценке условий труда на конкретных рабочих местах с целью выявления вредных и (или) опасных производственных факторов. Хотя количество оцениваемых факторов может варьироваться, оно, как правило, значительно меньше, чем при производственном контроле. Этот подход нацелен на выявление основных рисков, необходимых для выполнения требований законодательства в области охраны труда.

Изучив приложение N 2 к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 г. N 817н «Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов» можно увидеть перечень, состоящий из 45 факторов [3].

Производственный контроль включает лабораторные исследования и испытания факторов производственной среды. Физические факторы, такие как температура, влажность, скорость движения воздуха напрямую влияют на терморегуляцию организма. Несоблюдение оптимальных параметров может привести к перегреву или переохлаждению, снижению работоспособности и развитию различных заболеваний. Современные системы контроля микроклимата позволяют автоматизировать мониторинг и регулирование этих параметров. Источниками теплового излучения на производстве могут быть печи, плавильные агрегаты и др. Избыточное тепловое излучение приводит к ожогам, тепловым ударам и другим тяжелым последствиям. Защита от теплового излучения осуществляется применением специальных экранов, защитной одежды и организации рационального режима труда и отдыха. Производственный контроль также включает широкий спектр излучений, от статических полей до радиочастотных и оптических. Воздействие ЭМП может вызвать различные нарушения в работе организма, начиная от головных болей и бессонницы до серьёзных заболеваний нервной и сердечно-сосудистой систем. Обязателен мониторинг уровня ЭМП на рабочих местах с использованием специальной аппаратуры. Защита достигается экранированием источников излучения, применением средств индивидуальной защиты и ограничением времени воздействия. Особое внимание следует уделить воздействию лазерного излучения, требующего строгого соблюдения мер безопасности. Производственный шум, ультразвук, инфразвук – одни из самых распространенных вредных факторов на производстве, которые замеряются в рамках ПК. В том числе производятся замеры по локальной вибрации (воздействие на руки), общей (на все тело). Внимание уделяется замерам по веществам с остронаправленным механизмом действия и веществам 1–4 классов опасности, загрязнению воздуха аэрозолями, особенно фиброгенными пылями (например, асбест, кремнийсодержащая пыль). Более полные замеры проводятся в рамках производственного контроля по фактору освещения – естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, пульсация освещенности, избыточная яркость, высокая неравномерность распределения яркости, прямая и отраженная слепящая блескость) [4].

Таким образом, необходимо принятие нормативного правового акта в соответствии с действующим законодательством, устанавливающего методику проведения специальной оценки условий труда по всем факторам производственной среды и трудового процесса.

Для успешного внедрения системы охраны труда необходимо четкое понимание различий между СОУТ и производственным контролем, а также их тесной взаимосвязи. Только комплексный подход, включающий в себя как специальную оценку, так и эффективный производственный контроль, позволит обеспечить безопасность и здоровье работников [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 28 декабря 2013 года № 426-ФЗ. О специальной оценке условий труда.
2. Федеральный закон от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 21 ноября 2023 г. № 817н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».
4. СанПин 1.1.1058-01. Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
5. Елин А.М. Охрана труда: проблемы и пути решения. – М.: ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда», 2010. – 464 с.

УДК 614.8.01

Ю.К. Матвеева

Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ СОЗДАНИИ КУРСА ОБУЧЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Актуальность. Обучение по охране – это одно из основных мероприятий в производственной деятельности сотрудников, которое, согласно законодательству Российской Федерации, является допуском к выполнению трудовых обязанностей [1, 2]. Путем прохождения обучения у сотрудников формируется понимание о безопасных методах и приемах выполнения работ, также обучение позволяет ознакомить сотрудников с законодательной базой и основными положениями трудового законодательства. Правильное и грамотно организованное обучение положительно влияет на культуру безопасности в организации, которой пренебрегать нельзя. В данной работе предлагается использовать искусственный интеллект для визуализации некоторых ситуаций, которые позволяют продемонстрировать возможные нарушения при осуществлении деятельности. В современном мире искусственный интеллект (далее – ИИ) занимает особое место, с каждым годом его дорабатывают и совершенствуют [3].

Методы исследования. Внедрение искусственного интеллекта требует достаточное количество времени. Это связано с необходимостью изучения и анализа большого количества нового материала, синтеза полученных данных, а также освоения практического применения путем эксперимента.

Целью работы являлось внедрение искусственного интеллекта в процесс создания материалов обучения по охране труда сотрудников организации для повышения культуры безопасности. В качестве задач были выделены следующие:

1. Создание изображений с использованием ИИ;

2. Формулировка запроса ИИ в целях получения требуемого результата;
3. Составление тестовых вопросов для проверки знаний по охране труда;
4. Анализ полученных результатов разработанного курса.

Основная цель обучения по охране труда заключается в создании безопасных условий труда, предотвращении производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Также важным аспектом является тот факт, что обучение в этой области способствует не только защите здоровья работников, но и повышению общей эффективности работы предприятия, а также мотивирует сотрудников на безопасное выполнение работ [4, 5].

В данном исследовании была проделана работа по созданию 8 тестовых баз по следующим программам по охране труда: Программа А (Общие вопросы охраны труда и функционирования системы управления охраной труда), программа Б (Безопасные методы и приемы выполнения работ при воздействии вредных и (или) опасных факторов производственной среды, Оказание первой помощи пострадавшим, Использование средств индивидуальной защиты, Программа В (безопасные методы и приемы выполнения работ повышенной опасности, к которым предъявляются дополнительные требования). Определение необходимых программ обучения повышенной опасности было проведено на основании: анализа оценки профессиональных рисков (далее – ОНР); анализ карт специальной оценки условий труда (далее – СОУТ).

По результатам анализа ОНР и результатов СОУТ было выявлено, что основные работы повышенной опасности – это:

- работа на высоте;
- работа в электроустановках;
- работа в ограниченных и замкнутых пространствах (аналогично водолажным работам, проходится совместно с «Водолажными работами»;
- водолажные работы (специфичный вид работ, проверку знаний по данной программе проходят не все сотрудники организации, а только сотрудники выполняющие подводные водолажные работы).



Рис. 1. Нарушение правил при выполнении работ в электроустановках

При составлении тестовых вопросов была поставлена задача, требующая добавления ситуационных задач. Для выполнения данной задачи были использованы возможности ИИ, так как не все ситуации безопасно имитировать в трудовой деятельности, для создания материалов для обучения, и созданы изображения, которые в красках передают возможные ситуации на производственных площадках. На рисунке 1 представлено одно из полученных изображений, которое передает нарушения правил электробезопасности: неиспользование средств индивидуальной защиты при нахождении на рабочем месте и несоблюдение правил безопасного выполнения работ.

Искусственный интеллект имеет такое свойство как изображать сильно приукрашенные ситуации, иногда даже не соответствующие реальности, что являлось основной проблемой при работе с ИИ. В ходе выполнения работ были сложности с:

Во-первых, в связи с отсутствием у ИИ узконаправленных знаний и понимания в видах работ, некорректная отрисовка изображений. Требовалось точно прорабатывать детали с ИИ и обучать, давать ИИ на изучение необходимые вырезки из НПА. И только после обучения необходимым нормам получилось достигнуть требуемого результата.

Во-вторых, при уточнении запроса ИИ, при уже полученном изображении, происходит кардинальное изменение, так как ИИ меняет не одну деталь, а пересматривает все изображение.

Важным моментом, являлось правильное формулирование запроса и корректирующих мероприятий, в целях получения требуемого результата. Пример поэтапной работы с ИИ (см. рисунок 2):

1. На первом этапе был сформулирован запрос, на который ИИ создал изображение. Однако полученное изображение не соответствовало требованиям, поэтому требовалось уточнение

2. На втором этапе, после анализа полученного изначально изображения, производилась корректировка изображения при помощи текстовых запросов и выставления замечаний, которые необходимо устранить или скорректировать.

3. Проводилась работа по удалению с рисунка замечаний, в итоге проработки всех деталей, ИИ удалил все лишние элементы на изображении и добавил требуемое. Далее шли доработки по упущенным нюансам.

4. На заключительном этапе производилась точечная работа над изображением, которая заключалась в выделении области изображения вручную, при помощи специального курсора, для ее корректировки или удаления.



Рис. 2. Этапы работы с ИИ. Работа с запросами

Полученные результаты (рис. 3, 4) показывают, что внедрение ИИ позволяет сделать процесс обучения более эффективным и занятным. Красивые картинки привлекают внимание сотрудников и откладываются в памяти, что позволяет сформировать понимание требований безопасности при выполнении того или иного вида деятельности.

Вопрос	ИИ	Макс кол-во баллов	неправильно	частично правильно	полностью правильно
Вопрос № 1		1	8	0	92
Вопрос № 2		1	5	0	95
Вопрос № 3		1	5	0	95
Вопрос № 4		1	12	0	88
Вопрос № 5		1	44	0	56
Вопрос № 6		1	79	0	21
Вопрос № 7		1	2	0	98
Вопрос № 8		1	5	0	95
Вопрос № 9		1	3	0	97
Вопрос № 10		1	8	0	92
Вопрос № 11		1	3	0	97

Рис. 3. Оценка усвоения материала



Рис. 4. Результаты прохождения обучения

По результатам созданного курса можно сделать выводы:

1. Превосходство нового формата обучения в организации над предшествующим в том, что для каждой программы разработано свое контрольное мероприятие – тест, раньше все программы были объединены в одно тестирование, включающее вопросы из всех программ.

2. Выбранная платформа позволяет оценить вопросы, а соответственно и тему, в которой у сотрудников есть затруднения в усвоении материала. Это можно отследить по сформированной таблице (рис. 3) Вопрос 6, был посвящен правам и обязанностям работника при выполнении работ. Соответственно на эту тему нужно сделать больший упор.

3. Минимальный порог для прохождения обучения был установлен в 80%. На рисунке 4 по графику видно, что все сотрудники, прошедшие обучение, по новой программе, набрали нужное количество баллов по результату всех тестирований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 30.12.2001 (ред. От 26.12.2024) № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации».
2. Постановление правительства Российской Федерации от 24.12.2021г. № 2464 «О порядке обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда».
3. Онопенко С.В., Турова Н.Н., Стабровская Е.И. Искусственный интеллект как инструмент для развития культуры безопасности на производстве. Инновационный конвент «Кузбасс: образование наука, наука, инновация» – Кемер, 2024.
4. Каверзнева Т.Т., Румянцева Н.В., Леонова Н.А., Салкуцан В.И., Скрипник И.Л. Мотивация безопасного поведения человека. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 1(49). – Пенза, 2020.
5. Пронин А.С., Андреева Т.С. Повышение культуры производственной безопасности. Наука и инновации XXI века» – Сургут, 2024.

УДК 331.453

А.К. Миронов, В.Ю. Курмышов, М.А. Петухова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РУК ДЛЯ РАБОТ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Актуальность работы обусловлена несколькими важными факторами в рамках рассмотрения профессии лаборанта химического анализа лаборатории производственного экологического контроля конкретного предприятия.

Первым фактором является рабочий процесс лаборанта, включающий в себя отбор проб из водоемов на открытом пространстве, который является неотъемлемой частью производственного процесса. Эта рабочая операция требует длительного пребывания на улице, что делает работу сложной и опасной в условиях Крайнего Севера.

Следующий важный фактор – холодное время года, в период которого существуют опасные и вредные производственные факторы, не учитываемые при выдаче стандартных средств индивидуальной защиты (СИЗ) для лаборантов, которыми работодатель обязан обеспечить работника [1]. Низкие температуры, сильный ветер и высокая влажность значительно усложняют выполнение работы, а также могут привести к травмам, отморожениям или профессиональным заболеваниям.

Третьим фактором являются итоги устного опроса персонала лаборатории производственного экологического контроля рассматриваемого предприятия, в ходе которого были получены жалобы от лаборантов химического анализа на условия труда при пробоотборе. Основные жалобы, препятствующие выполнению работ: быстрое

переохлаждение рук, выскальзывание лабораторной посуды из рук, образование ледяного покрова на поверхности перчаток.

Поэтому важно разработать СИЗ, которые обеспечат надлежащую защиту от опасных и вредных производственных факторов для лаборанта [2].

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

Задачи, выполняемые в рамках работы:

- анализ рабочих операций по отбору проб в холодное время года, а также изучение профессиональных рисков, связанных с этим процессом;
- оценка соответствия существующих СИЗ условиям труда лаборантов, чтобы выявить их недостатки и возможности для улучшения;
- определение необходимых эксплуатационных характеристик для модели, основываясь на требованиях и регламентирующей документации [3]. Выполнение этой задачи позволяет обоснованно определить параметры, которые должны быть учтены при разработке СИЗ;
- проектирование модели СИЗ с использованием программы «blender». Используя современные технологии, создать модель, которая отразит реальный вид разрабатываемого изделия.

На следующем этапе работы рассмотрен план передвижения лаборанта при выполнении пробоотбора. Персонал начинает свой рабочий день в лаборатории производственного экологического контроля. Лаборанты передвигаются к точкам для отбора проб, где в течение пятнадцати минут выполняют работу. Между точками персонал перемещается либо пешком, либо на служебном транспорте. Рабочий процесс по отбору проб занимает более трех часов.

Следующим этапом анализирована существующая карта оценки профессиональных рисков для лаборантов, фрагмент которой представлен в таблице 1, где выявлены значительные несоответствия реальным условиям труда на открытом пространстве.

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

В характеристике выполняемой работы в качестве рабочей операции не были внесены отбор проб и обслуживание приборов химконтроля, хотя для других опасностей данные операции были рассмотрены.

В соответствии с вышесказанным, необходимо внести изменения. Добавить источники риска: оборудование для отбора проб, лабораторная посуда, пониженная температура воздуха, а также меры управления риском – использование СИЗ.

Далее в ходе работы был рассмотрен перечень выдаваемых СИЗ для наружных работ в холодное время года. В соответствии с новыми мерами управления риска необходимо добавить в перечень новые утепленные перчатки.

Следующим этапом работы являлось разработка новых средств индивидуальной защиты рук. Итоговая модель, полученная в результате проектирования с использованием программы «blender» представляет собой полноразмерную пару перчаток с нанесённым названием и обозначением основных характеристик. Для создания модели перчаток был использован перечень необходимых нормативных документов. Ориентируясь на ГОСТы и другие регламентирующие документы, спроектированы перчатки, которые соответствуют всем актуальным требованиям безопасности [4–6].

Подбор материалов для слоев, из которых состоит перчатка, осуществлялся по ГОСТу 12.4.183-91 [7]. Выбраны следующие материалы: латекс, микропена, хлопчатобумажная ткань, мех подкладочный. С учетом цен на выбранные материалы и затрат на производство, расчетная итоговая стоимость одной пары составляет 345 рублей (цена на февраль 2025 года).

Благодаря повышенной износостойкости и улучшенным характеристикам, новые перчатки потребуют замен гораздо реже. Количество выдаваемых, согласно перечню СИЗ на рассматриваемом предприятии, хлопчатобумажных перчаток сократится на 35 пар, резиновых – на 7 пар, с учетом использования новых СИЗ в течение холодного времени года. Таким образом, расходы на выдачу СИЗ рук уменьшатся на 770 рублей на сотрудника (данные на февраль 2025 года).

Благодаря улучшенным характеристикам перчаток снижается вероятность получения микротравм и профессиональных заболеваний. Вследствие этого уменьшается количество дней нетрудоспособности работников. Также введение новой меры управления риском повышает уровень культуры безопасности.

В ходе проведенного исследования был выполнен анализ рабочих операций лаборанта, в результате которого удалось выявить неучтенные профессиональные риски для работ на открытом пространстве. Для минимизации данных рисков разработана дополнительная мера управления – использование СИЗ. Также был сформирован перечень регламентирующих документов, необходимых для разработки средств индивидуальной защиты рук. В рамках работы рассчитан экономический эффект от внедрения новых СИЗ, а также спроектирована 3D-модель резиновых утепленных перчаток.

Итак, в заключение хочется подчеркнуть, что создание специальных СИЗ для работы в условиях Крайнего Севера – это не только вопрос повышения безопасности, но и значительное улучшение условий труда для лаборантов. Также предлагаемые СИЗ можно использовать для аналогичных видов деятельности, основываясь на исследованиях для конкретной профессии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Минтруда РФ №766Н. Об утверждении правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами.
2. Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 №767Н. Об утверждении единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств.
3. ТР ТС 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты (утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. N 878).
4. ГОСТ EN 388-2019. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки для защиты от механических воздействий. Технические требования. Методы

испытаний (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 августа 2019 г. N 546-ст) (с изменениями и дополнениями).

5. ГОСТ EN 511-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки защитные от холода. Общие технические требования. Методы испытаний (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1798-СТ).

6. ГОСТ 12.4.252-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытаний (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 октября 2013 г. N 1160-ст).

7. ГОСТ 12.4.183-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Материалы для средств защиты рук. Технические требования (утвержден постановлением Госстандарта СССР от 27 июня 1991 г. N 1089).

УДК 331.45

А.А. Неброева
Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАЧ ОХРАНЫ ТРУДА

Актуальность. В современном мире нейросети занимают немаловажную роль в человеческой жизни. Благодаря своей способности к обучению и обработке больших массивов данных, они участвуют практически во всех сферах трудовой и повседневной деятельности человека. Их активное внедрение и применение можно заметить в киноиндустрии, медицине, промышленности, искусстве, финансовой сфере и многих других сферах [1]. Охрана труда не является исключением, так как данные технологии могут значительно повысить эффективность выполнения многих процессов, а человеческий фактор остается ключевым источником ошибок в процессе трудовой деятельности. С учетом увеличения требований к безопасности труда, а также усложнения технологических процессов, применение нейросетевых технологий становится не только перспективным, но и необходимым шагом [2]. Однако на данный момент в области охраны труда существует недостаток исследований, посвященных внедрению таких технологий. Это подчеркивает актуальность исследования возможностей генеративных нейросетей для решения задач в этой сфере. Разработка рекомендаций по применению генеративных нейросетей в охране труда позволит предприятиям улучшить управление рисками, оптимизировать процессы и повысить уровень безопасности сотрудников, что в конечном счете приведет к снижению травматизма и экономическим потерям [3-4].

Целью работы является оценка возможности применения генеративных нейросетей в области охраны труда и разработка рекомендации по их эффективному использованию для решения актуальных задач.

В работе представлены результаты проведенного анализа современных подходов к обеспечению охраны труда и выявлены основные проблемы, которые могут быть решены с использованием генеративных нейросетей.

Генеративные нейросети представляют собой класс моделей машинного обучения, основная задача которых – изучение и воспроизведение сложных распределений данных. Современные генеративные нейросети, такие как GAN (Generative Adversarial Networks) и VAEs (Variational Autoencoders), стали важным аспектом в развитии машинного обучения, они значительно расширили горизонты применения искусственного интеллекта.

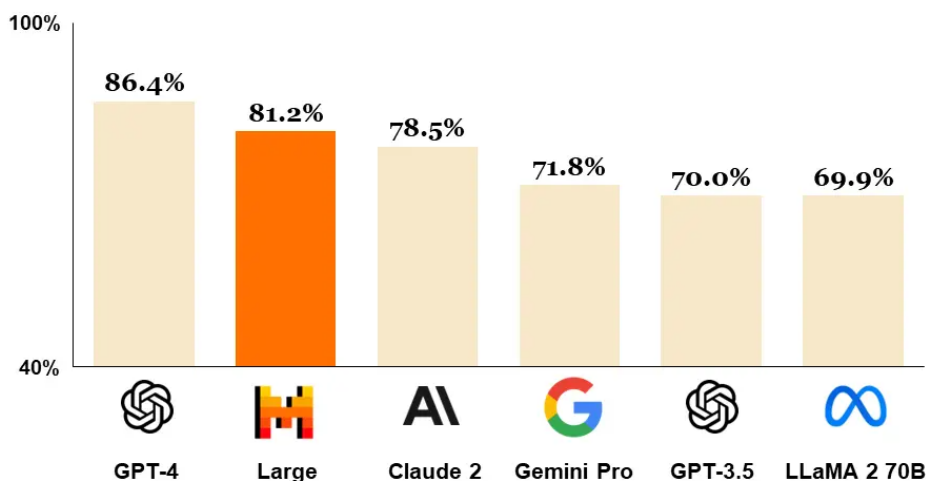


Рис. 1. Сравнение наиболее популярных генеративных нейросетей

На рисунке 1 представлено сравнение наиболее популярных генеративных нейросетей.

Одним из важнейших направлений применения нейросетей в охране труда является обработка видео и фото с производства. Нейросети способны автоматически находить и выявлять нарушения техники безопасности, например отсутствие защитного ограждения, нарушение последовательности действий при выполнении работы, обнаружение отсутствия или игнорирования средств индивидуальной защиты и прочее [5].

Нейросети также могут быть применены для расследования несчастных случаев на производстве, так после возникновения происшествий нейросети помогают проводить детальный анализ инцидентов, выявлять их первопричины и разрабатывать профилактические меры. Данный подход не только способствует повышению безопасности на предприятиях, но и позволяет минимизировать последствия возможных аварий.

Еще одним немаловажным направлением является создание персонализированных программ обучения. Нейросети способны адаптировать образовательные материалы под уровень подготовки сотрудников, делая процесс обучения более эффективным и увлекательным для сотрудников. Интерактивные системы моделируют различные сценарии и позволяют работникам отрабатывать действия в условиях, максимально приближенных к реальным [6].

Для определения наиболее подходящей и эффективной нейросети в области охраны труда, было проведено сравнение самых популярных нейросетей, таких как Chat GPT версии 4.5 turbo, Le Chat версии 2.3, DeepSeek версии V3. Сравнение было проведено с помощью кейса, в котором было необходимо проанализировать проблему, произвести идентификацию рисков, разработать меры по снижению риска и выдать список рекомендаций.

Для проверки способности нейросетей в различных видах запросов было разработано несколько тестовых заданий: текст, описывающий рабочую обстановку на рабочем месте слесаря-сварщика; второй запрос, содержащий меньшее количество информации, усложняющий обработку заданных условий; иллюстрация выполняемых работ.

В результате проведенного эксперимента – тестирования рассматриваемых нейронных сетей, были получены следующие результаты: нейронная сеть DeepSeek предназначена только для работы с текстами и не может анализировать нарушения по фотографии, поэтому в данном эксперименте автоматически не учитывается. В свою очередь, две другие нейросети справились со своим заданием, хоть Chat Mistral не смог ответить так же детально, как Chat GPT.

В ходе экспертной оценки полученные ответы нейронных сетей были оценены по 10 бальной системе, исходя из качества ответов, их подробности и правильности с точки зрения законодательства РФ результаты сравнения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение результатов генеративных нейронных сетей

	Chat GPT V4.5	DeepSeek V3	Chat Mistral
Подробное описание рабочей среды	10	8	7
Краткое описание рабочей среды	9	10	8
Анализ нарушений по фото	10	0	6
Расследование несчастного случая	10	8	5

Как видно из результатов наибольшее количество баллов набрала нейронная сеть ChatGPT- 39, на втором месте DeepSeek и Chat Mistral с одинаковым количеством баллов – 26.

Таким образом можно сделать *вывод*, что актуальные нейронные сети представляют мощный инструмент, который может применяться для процесса управления рисками, они могут оценивать обстановку исходя из тактового описания различной степени подробности, анализировать опасности и выводить список рекомендаций, направленных на снижение риска для сотрудника.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Евсеева Е.В. Нейросеть меняет мир: области применения искусственного интеллекта / Е. В. Евсеева // Актуальные вопросы современных научных исследований : сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 марта 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 55–58. – EDN OJRPQR.
2. Матисов А.В. Организация безопасного производства и охраны труда на основе искусственного интеллекта / А. В. Матисов // Современные научные исследования: технические и естественные науки: Сборник материалов XXXIX международной очно-заочной научно-практической конференции. В 2-х томах, Москва, 10 ноября 2023 года. – Москва: Научно-издательский центр «Империя», 2023. – С. 85–89. – EDN FNMROU.
3. Иванова У.Р. Искусственный интеллект в охране труда / У.Р. Иванова, Д.А. Русанова, Ю.В. Лажаунинкас // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 48-50. – EDN BJYXCM.
4. Каверзнева Т.Т., Румянцева Н.В., Леонова Н.А., Салкуцан В.И., Скрипник И.Л. Мотивация безопасного поведения человека. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 1(49). – Пенза, 2020.
5. Тимофеев С.С. Новые возможности для охраны труда, связанные с применением технологий искусственного интеллекта / С.С. Тимофеев, И. А. Михайленко // Безопасность – 2023 : Материалы XXVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 19–21 апреля 2023 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2023. – С. 164-166. – EDN VJUPPI.
6. Денисов И.Е. обоснование применения технологий виртуальной реальности при подготовке специалистов по охране труда / И.Е. Денисов, Д.С. Глебова, С.А. Шавуров // Охрана труда в организациях, подведомственных Минобрнауки России : Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 08–09 сентября 2022 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2022. – С. 112–115. – EDN BPPNQO.

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ВОПРОСАМ ОХРАНЫ ТРУДА РАБОТНИКОВ

С выходом Постановления Правительства РФ от 24.12.2021 №2464, работодателю [1] было разрешено использование дистанционного обучения по охране труда, что открыло возможности для создания различных цифровых решений. Потребности современного человека склоняются к визуальному контенту – коротким видео и графическим представлениям вместо длинных текстов, что объясняется ускоренным и эффективным потреблением информации. Актуальность данной статьи обусловлена влиянием усвоения материала на обучении по охране труда на безопасность труда работников. Интеграция различных современных методик позволит сократить финансовые затраты на обучение и увеличить количество работников, которые успешно прошли обучение.

Традиционные методы обучения по охране труда требуют значительных временных затрат, что ограничивает возможность сотрудников находиться на своих рабочих местах. Этот подход не только создает проблемы для работодателей, но и не обеспечивает должного уровня знаний у работников. Опыт в сфере охраны труда показывает, что такие методы неэффективны и не служат основным целям сферы охраны труда – сохранению здоровья и жизни сотрудника. Необходимы более [2] эффективные и гибкие формы обучения, которые позволят совмещать обучение с рабочим процессом и гарантировать высокий уровень усвоения материалов. Например, сегодня в СПбПУ было бы невозможным проведение лекционных и практических занятий без использования таких элементов цифрового обучения, как презентация, электронный учебный курс, тестирование слушателей на основе компьютерных программ, разбора кейсов в цифровом формате, [3] проведение онлайн-квестов. На основе иностранных статей в таблице 1 была предложена следующая классификация современных подходов к обучению в области охраны труда на основе цифровых инструментов.

Таблица 1 – Классификация современных подходов к обучению
в области охраны труда на основе цифровых инструментов

Средства визуализации данных	Средства виртуального взаимодействия	Образовательные платформы
Инфографика о правилах безопасности. Видеоролики о происшествиях и мерах предосторожности. Интерактивные графики для анализа статистики травматизма. Искусственный интеллект	Виртуальная реальность(VR). Дополненная реальность(AR). Геймификация	Платформы для создания корпоративного обучения. Онлайн-курсы по охране труда. Платформы для создания планов безопасного выполнения работ. Социальные сети и группы для обмена опытом и актуальной информацией. Видеоконференции с экспертами и обсуждения кейсов

У каждого сотрудника [4] есть уникальные предпочтения в обучении, сильные стороны и области для совершенствования. Геймификация и искусственный интеллект предлагают гибкость для создания персонализированных путей обучения, отвечающих индивидуальным потребностям. Благодаря адаптивной игровой механике сотрудники могут проходить процесс обучения в удобном для них темпе, концентрируясь на областях, которые требуют большего внимания, получая при этом вознаграждение за свой прогресс. Такая настройка позволяет

сотрудникам взять на себя ответственность за собственное обучение, что приводит к более высокому уровню вовлеченности и более индивидуальному обучению.

Среди задач [5], которые были определены для данного исследования, можно отметить следующие:

1. Создание материалов обучения, с использованием мобильных приложений и онлайн-обучения;
2. Разработка и утверждение вопросного листа основанного на вопросниках Минтруда;
3. Проведение обучения с двумя разными группами посредством двух методик: традиционной и обновленной;
4. Проведение анонимного теста по вопросному листу в двух группах;
5. Подсчет результатов и вычисление логического заключения на основе предоставленных данных;

На заключительной стадии сбор и анализ данных о процессе обучения помогают выявлять слабые места и оптимизировать программу обучения для достижения лучших результатов.

В ряде российских организаций уже применяются тренажёры виртуальной реальности для обучения персонала в среде, близкой к реальной, что обеспечивает безопасное освоение процедур для чрезвычайных случаев. Тем не менее, широкое распространение этой технологии сдерживается высокой стоимостью, и многие работодатели полагают, что инвестиции не приводят к соответствующим результатам. Однако подходы к обучению, которые включают мобильные приложения и онлайн-платформы, являются более экономичными и имеют потенциал для значительных инноваций в сфере образования охраны труда. Рассмотрим сильные и слабые стороны современного обучения сотрудников по вопросам охраны труда в таблице 2.

Таблица 2 – Современные методы обучения вопросам охраны труда

Сильные стороны	Слабые стороны
Гибкость времени обучения Создание персонализированных путей обучения Неограниченная доступность обучающих материалов и методик Научный цифровой след. Метод, позволяющий фиксировать процесс научного развития обучающегося в процессе обучения	Отсутствие личного контакта с преподавателем Требование высокого уровня самоорганизации Персонал может опасаться трудностей в освоении, что может тормозить процесс внедрения Внедрение в обучение требует значительных первоначальных инвестиций в специализированное оборудование

Особенно данные методы подойдут для регионов Арктической зоны Российской Федерации, которые считаются территориями с низкой плотностью населения, поэтому на таких территориях сложно рационально организовать достойный уровень образования по охране труда. В данном случае современные методы обучения будут более социально и экономически эффективны:

- в условиях удаленности Арктики электронное обучение позволяет работникам проходить курсы без необходимости поездок.
- многие современные обучающие программы могут быть адаптированы под специфические требования и особенности конкретного производства, что важно для работы в Арктике.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 N 2464 (ред. от 12.06.2024) «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда» (вместе с «Правилами обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда»)
2. Письмо Минтруда России от 15.12.2022 №15-2/ООГ-3215 «О применении дистанционных технологий при обучении по охране труда»
3. Илюхина Л.А. Цифровой формат корпоративного обучения: новые возможности развития / Л.А. Илюхина, И.В. Богатырева // Лидерство и менеджмент. – 2021. – Т. 8, № 4. – С. 469-482. – DOI 10.18334/lim.8.4.113640
4. Romanenko S. V. (2018). Инновационные технологии и методы обучения в процессе изучения дисциплины «Охрана труда». Education and science in the modern context, 95-98. Чебоксары: SCC «Interactive plus», LLC.
5. Чумаков Н.А., Салкуцан В.И. Определение уровня физического состояния студентов: учебно-методическое пособие для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки бакалавров 20.03.01. Техносферная безопасность
6. Винокур Ж.А. Совершенствование порядка обучения сотрудников с учетом применения интерактивных методов обучения в охране труда: выпускная квалификационная работа магистра. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт; научный руководитель Н. В. Румянцева. – Санкт-Петербург, 2024.

УДК 331.44

Е.И. Петельчук, А.И. Ульянов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ БУРИЛЬЩИКОВ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Целью исследования является выявление закономерности влияния погодно-климатических условий на уровень заболеваемости органов дыхания бурильщиков нефтяных скважин в условиях Крайнего Севера.

Для достижения поставленных целей были определены следующие задачи:

1. Провести анализ динамики изменения погодно-климатических условий за 2023 г. на примере г. Сургут.
2. Проанализировать динамику обращений работников за 2023 г. за медицинской помощью.
3. Оценить влияние погодно-климатических факторов на здоровье и эффективность труда работника.

Нефтедобывающая отрасль является одной из ведущих на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Работники, выполняющие производственные задачи в течение всего рабочего дня, подвергаются не только неблагоприятному воздействию химических и физических факторов, но также погодно-климатическим условиям, которые в свою очередь оказывают значительное состояние на здоровье [1]. Резкие изменения погодных условий, в том числе суточные колебания, оказывают негативное влияние на организм работника, что приводит к значительному росту заболеваемости, и как следствие, снижению производительности труда.

Методы исследования. Для выполнения поставленных цели и задач был проведен анализ динамики погодных факторов при помощи расчетов индекса изменчивости погоды (ИИП), а также метода математической статистики, применив критерий Шапиро-Уилка. В процессе проведения статистической обработки данных, был взят критерий с уровнем значимости $p < 0,05$. В качестве статистического показателя был применен коэффициент Спирмена.

Результаты. По результатам проведенного исследования было отмечено, что наибольшее количество обращений за медицинской помощью среди работников нефтяной отрасли приходилось на зимний период (декабрь, январь и февраль). Минимальное количество обращений (46 человек) в июле, когда средний показатель температуры воздуха составил 18°C; максимальное количество обращений отмечается в декабре (333 человека) при среднем значении температуры воздуха -19°C. На рисунке 1 можно отметить волнообразный характер динамики обращений за медицинской помощью в зависимости от погодно-климатических условий. Длительное пребывание работников на буровых установках, а также воздействие экстремальных погодно-климатических факторов, приводит к значительному увеличению заболеваемости.

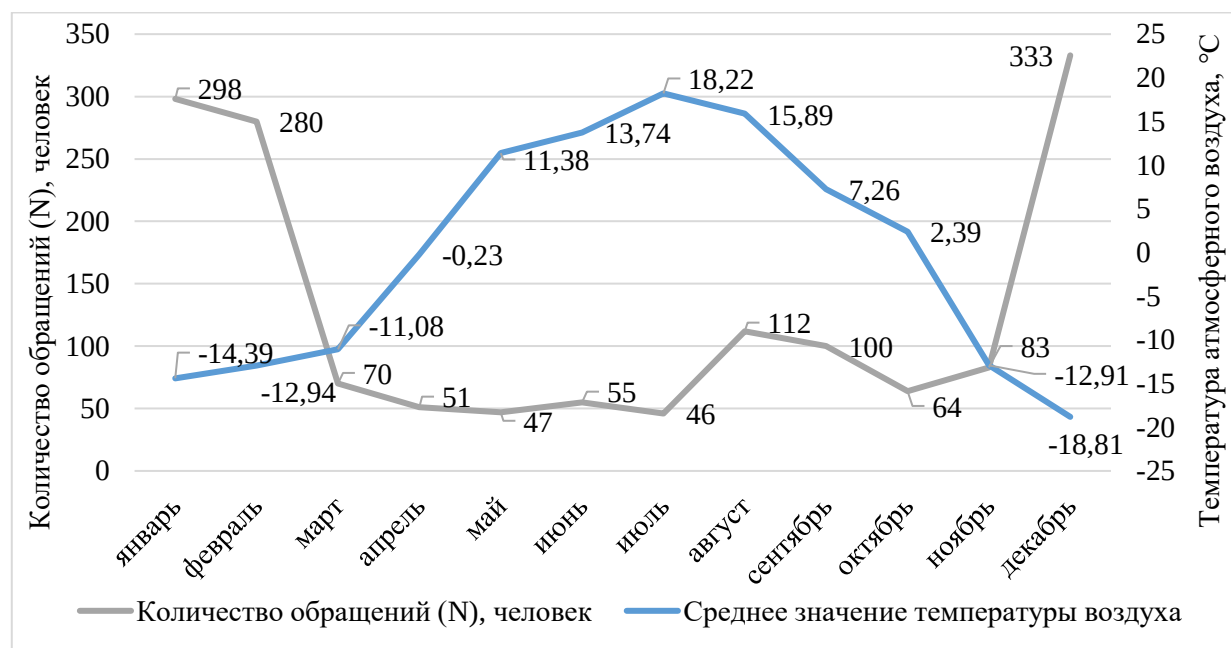


Рис. 1. Динамика обращаемости работников за медицинской помощью и среднemesячных температур за период 2023 г.

Полученные данные в таблице 1 указывают на сильную отрицательную корреляцию между отрицательными температурами атмосферного воздуха и обращениями работников за медицинской помощью по заболеваниям органов дыхания (нозоологии J00-J45 по МКБ-10) в период с ноября по апрель (декабрь $r_s = -0,75$ на уровне $p \leq 0,05$). Влажность воздуха слабо коррелирует с обращениями ($r = 0,01$ в сентябре, $r = -0,60$ в декабре); также отмечается высокая положительная корреляция между атмосферным давлением и уровнем обращений ($r = 0,98$ в октябре), но также стоит отметить, что в период с января по апрель корреляция снижается ($r = 0,76-0,77$).

По результатам расчета показателя суровости погодных условий, метеорологическая обстановка на территории г. Сургут, характеризуется как мало суровый тип, однако по расчетам ветро-холодового индекса характеризуется как дискомфортный на период с ноября по март за 2023 г. Данное исследование показывает, что существует прямая связь между погодно-климатическими условиями и количеством обращений работников за медицинской помощью по заболеваниям органов дыхания, так как в данный период организм наиболее подвергнут снижению иммунитета и как следствие возникновение простудных заболеваний, что приводит к снижению работоспособности и качеству выполнения производственных задач.

Таблица 1 – Показатели парной взаимосвязи (коэффициент корреляции, r_s) обращаемости работников за медицинской помощью с заболеваниями органов дыхания и изменчивостью метеорологических среднемесячных параметров за 2023 г.

Месяц	Болезни органов дыхания		
	Температура атмосферного воздуха, °С	Влажность атмосферного воздуха, %	Давление атмосферного воздуха, мм.рт.ст.
Январь	-0,60	0,48	0,76
Февраль	-0,64	0,52	0,77
Март	-0,57	0,46	0,76
Апрель	-0,66	0,46	0,77
Май	-0,71	0,42	0,80
Июнь	-0,70	0,36	0,79
Июль	-0,67	0,26	0,91
Август	-0,60	0,11	0,96
Сентябрь	-0,70	0,01	0,97
Октябрь	-0,76	-0,61	0,98
Ноябрь	-0,74	-0,58	0,82
Декабрь	-0,75	-0,60	0,97

Выводы. На сегодняшний день состояние здоровья работников нефтяной промышленности является одной из важных проблем в охране труда. Работники, сталкивающиеся на протяжении всей трудовой деятельности в данной отрасли, подвергаются воздействию помимо химических и физических факторов, но и климатических условий – резким перепадом температур, сильным ветрам и повышенной влажностью атмосферного воздуха, что в свою очередь приводит к снижению работоспособности человека и как следствие, возникновение хронических заболеваний. Работы в условиях низких температур приводят к таким заболеваниям как астма, бронхит и пневмония [2]. Комплексное исследование проблемы позволит разработать такой метод подбора специальной одежды, при котором работники будут чувствовать себя комфортно во время всего рабочего дня, что обеспечит снижение уровня заболеваемости и повышения эффективности труда в условиях Крайнего Севера.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агаджанян Н.А. Экологический портрет человека на Севере / Н.А. Агаджанян, Н.В. Ермакова. – М.: КРУК, 1997. – 208 с.
2. Башкатова Ю.В., Карпин В.А. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа Югры // Экология человека. – 2014. – №. 5. – С. 9–16.
3. Бикмухаметова Л.М., Русак С.Н. Биоэкологическая оценка комфортности температурного компонента погодно-климатических условий и его влияний на состояние здоровья жителей среднего Приобья // Самарский научный вестник. – 2019. – Т. 9. – №. 4 (29). – С. 14–18.
4. Диль А.А. Влияние факторов окружающей среды в условиях Севера на здоровье населения и демографическую обстановку в ХМАО // Сборник тезисов VII региональной молодёжной конференции им. В.И. Шпильмана «Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири». – 2019. – С. 144–145.
5. Зенченко Т.А., Мёрзлый А.М., Солонин Ю.Г. Сравнение случаев индивидуальной метеочувствительности человека в экстремальных условиях зимы северных и средних широт // Экология человека. – 2011. – №. 11. – С. 3–13.
6. Русак С.Н. Влияние погодно-климатических факторов на показатели здоровья населения на примере ХМАО – Югры // Экология человека. – 2013. – №. 11. – С. 19–24.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ АУДИТА
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

Цель исследования – определение наиболее информативных и практически ценных методов оценки результатов аудита системы управления охраной труда (СУОТ). В данной работе будут проанализированы два популярных метода – диаграмма Парето и диаграмма Исикавы, так как оба инструмента предназначены для помощи в анализе и решении проблем в разных областях, в том числе и в охране труда.

В соответствии со статьей 214 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить создание и функционирование системы управления охраной труда. Контроль за состоянием условий и охраны труда, соблюдением требований нормативных и правовых актов по охране труда является одним из основных элементов системы управления охраной труда в организации [1,2].

Аудит представляет собой процесс проверки документации и предприятия на соответствие нормативным требованиям охраны труда. В ходе проверки анализируется вся документация, относящаяся к охране труда, происходит наблюдение за рабочими процессами и проводятся интервью с работниками. Далее предоставляется отчет с перечнем всех несоответствий, включая несчастные случаи, произошедшие на предприятии. По результатам аудита работодателю следует разработать корректирующие действия по устранению выявленных несоответствий.

Таблица 1 – Причины, повлиявшие на несчастные случаи

№	Причины	Количество случаев	Процент	Процент нарастающим итогом
1	Личная неосторожность пострадавшего (неосторожность, невнимательность, поспешность)	15	34,9%	34,9%
2	Необеспечение контроля со стороны руководителей подразделения.	10	23,3%	58,2%
3	Отсутствие слоя песка, увеличивающего сцепление с дорогой, в период низких температур.	8	18,6%	76,8%
4	Необеспечение контроля за состоянием территории, технологического и вспомогательного оборудования.	5	11,6%	88,4%
5	Нарушение ПДД другими участниками движения.	3	7%	95,4%
6	Небезопасный способ работы с применением ручного пневмоинструмента.	1	2,3%	97,7%
7	Неприменение работником СИЗ.	1	2,3%	100%
Итого		43	100%	—

Диаграмма Парето – это гистограмма, на которой различные факторы располагаются в порядке убывания слева направо и строится соответствующая кумулятивная кривая. Суть диаграммы в том, что из множества причин, которые порождают те или иные последствия, она позволяет выделить главные, чей вклад наиболее существенен. Диаграмма основывается на

принципе Парето, который гласит, что 20% причин дают 80% следствий. Используя диаграмму Парето, мы пытаемся выявить именно эти 20% причин, которые порождают большую часть последствий. Диаграмма Парето бывает двух видов: в первом анализируются результаты деятельности, выявляя главные проблемы, а во втором анализируются причины, выявляя из них наиболее весомые. Эти два вида можно применять как по отдельности, так и совместно [3]. Рассмотрим диаграмму на конкретном примере.

В ходе аудита на предприятии были выявлены причины, приведенные в таблице 1, которые повлияли на итоговое количество несчастных случаев за год. На основе этих данных построим диаграмму Парето.

Построенная диаграмма представлена на рисунке 1.

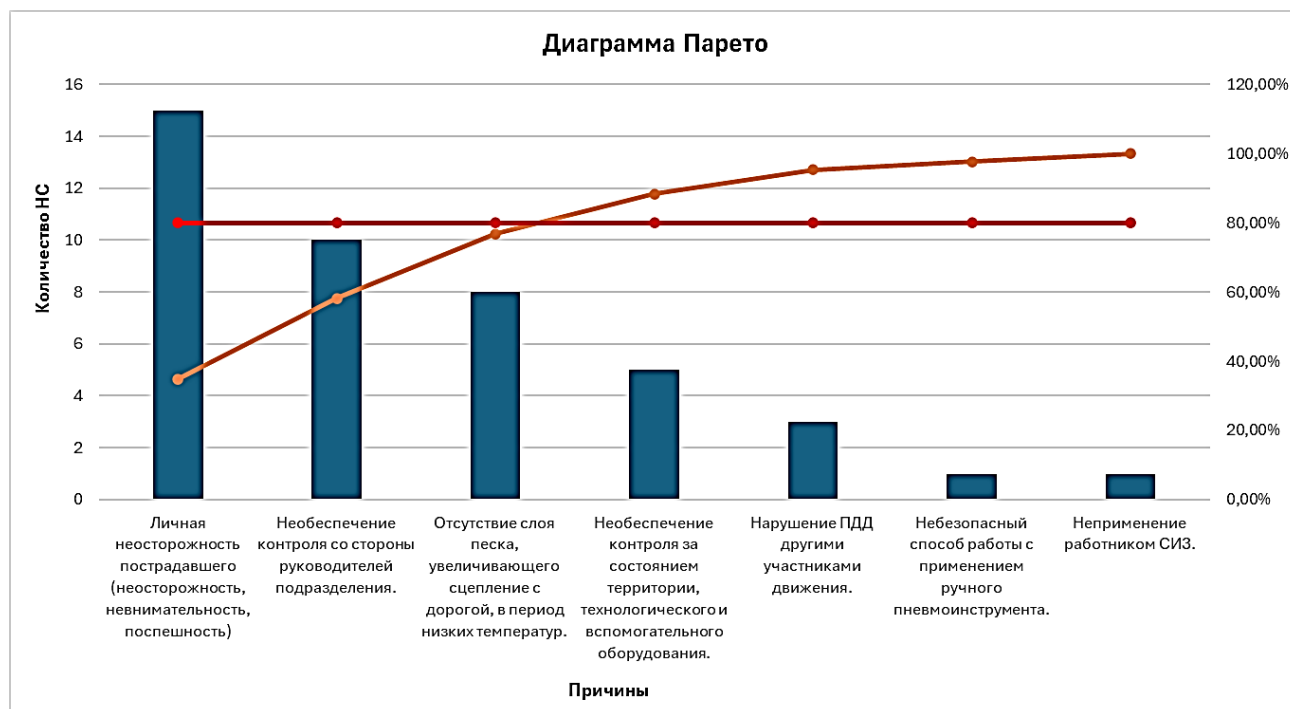


Рис. 1. Диаграмма Парето

На диаграмме, приведенной на рисунке 1, четко показано, что личная неосторожность пострадавшего, обеспечение контроля со стороны руководителей подразделения и отсутствие слоя песка, увеличивающего сцепление с дорогой, в период низких температур составляют в сумме почти 80% причин всех несчастных случаев, поэтому корректирующие мероприятия должны быть в первую очередь разработаны на устранение именно этих причин.

Диаграмма Исикавы — графический метод анализа проблем и выявления корневых причин этих проблем. Главным достоинством диаграммы является то, что она дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов [4]. Для построения диаграммы сначала следует сформулировать нежелательное событие или проблему, далее определить основные факторы (категории причин), которые могли повлиять на возникновение проблемы. Следующий шаг — определить все возможные причины в рамках каждой категории.

Пример такой диаграммы приведен на рисунке 2.

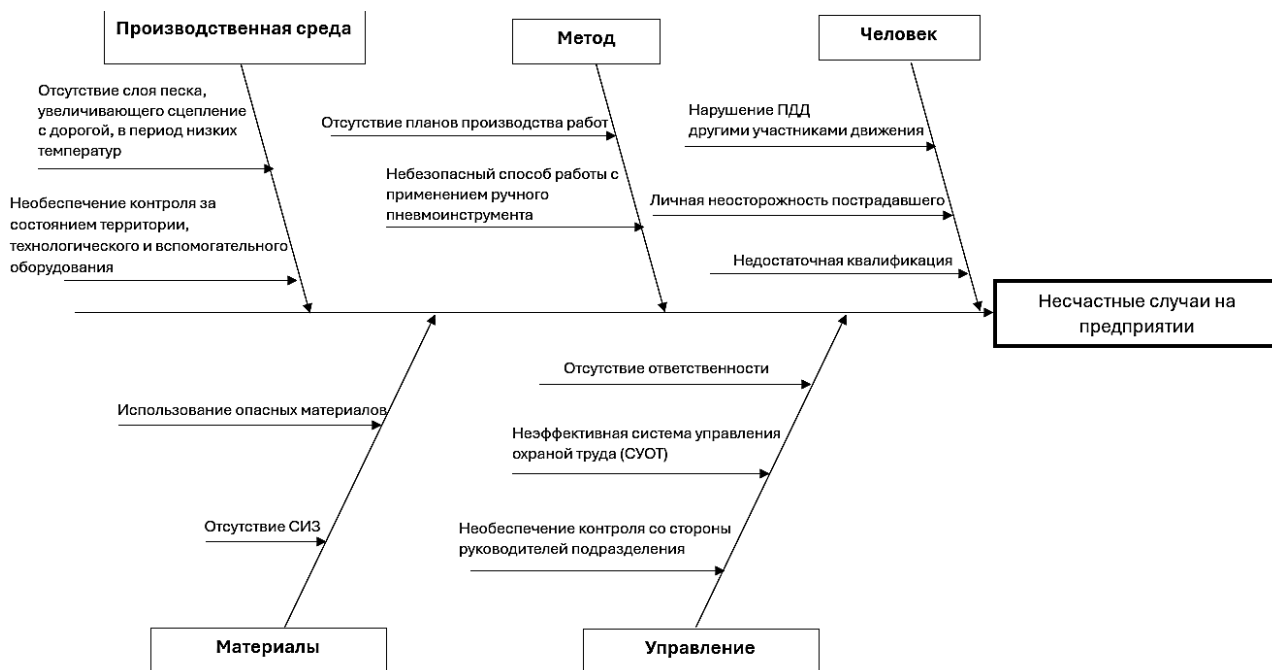


Рис. 2. Диаграмма Исикавы для анализа причин несчастных случаев на предприятии

Диаграмма Исикавы оперирует словесной информацией, а не числовыми статистическими данными. Явным достоинством данной диаграммы является то, что она доступна для понимания без специальной подготовки, хорошо применима при групповом обсуждении. Но именно отсутствие числовых данных, охвата причин в их взаимодействии и временной зависимости являются существенными недостатками данного метода анализа [5].

Таким образом, диаграмма Парето помогает определить самые важные, наиболее значимые причины, которые требуют первоочередного внимания, а диаграмма Исикавы определяет все возможные причины, которые могли привести к возникновению конкретной проблемы. Для более глубокого и эффективного анализа результатов аудита следует использовать эти два метода вместе, например, с помощью диаграммы Исикавы определить причины несчастных случаев, возможных на предприятии, а потом при помощи диаграммы Парето и статистических данных выявить наиболее частые, на которые стоит обратить внимание в первую очередь.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст]: от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 26.12.2024) // Собрание законодательства РФ. – 07.01.2002. – № 10 (ч. 10). – Ст. 214.
2. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2021 N 66318).
3. Мальцева Е.М. Применение инструментов контроля качества при анализе результатов внутреннего аудита / Е.М. Мальцева // Моя профессиональная карьера. – 2022. – Т. 1, № 43. – С. 7–14. – EDN YVGINS.
4. Пономарев С.В., Мищенко С.В., Белобрагин В.Я. и др. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин, В.А. Самородов, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов, С.А. Пахомова, О.С. Пономарева. – М.: РИА «Стандарты и качество». – 2005. – С. 112–116.
5. Методы анализа травматизма (метод коренных причин, метод 5 Почему, диаграмма Исикавы) / А.А. Авершин, В.В. Тугай, А.В. Джумский, А.М. Иваненко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2021. – № 10(52). – С. 9-14. – EDN VDYWXC.

ОЦЕНКА РИСКОВ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ – МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ
И СНИЖЕНИЯ УГРОЗ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКОВ

Цель работы – оценка рисков на атомных электростанциях, выявление потенциальных угроз и разработка методов их снижения для обеспечения безопасности сотрудников и защиты окружающей среды.

Атомные электростанции (АЭС) играют ключевую роль в обеспечении мировых энергетических потребностей, однако их эксплуатация сопряжена с рядом рисков, которые могут угрожать как безопасности персонала, так и окружающей среде. Оценка рисков на АЭС включает в себя идентификацию потенциальных угроз, таких как технические неисправности, человеческие ошибки и природные катастрофы. Важно не только выявить эти риски, но и разработать эффективные методы их снижения, чтобы минимизировать последствия возможных инцидентов. Данная работа направлена на анализ существующих подходов к оценке рисков на АЭС и предложения мер по повышению уровня безопасности в этой критически важной отрасли [1].

Идентификация рисков является важнейшим аспектом управления безопасностью на атомных электростанциях (АЭС). В условиях высокой потенциальной опасности, связанной с эксплуатацией ядерных технологий, необходимо систематически выявлять и анализировать возможные угрозы, которые могут повлиять на безопасность работы станции и окружающей среды. Процесс идентификации рисков включает в себя изучение различных факторов, таких как технические неисправности, человеческие ошибки и природные катастрофы. Каждая из этих категорий может привести к серьезным последствиям, включая аварии, утечки радиоактивных веществ и даже катастрофические события (табл. 1).

Идентификация рисков на атомных электростанциях является ключевым этапом в обеспечении их безопасной эксплуатации. Понимание различных типов рисков помогает разработать эффективные стратегии для их минимизации и управления ими.

Оценка рисков на атомных электростанциях (АЭС) включает в себя как качественные, так и количественные методы, а также использование моделей и симуляций для более глубокого анализа потенциальных угроз.

Ниже на рисунке 1 приведены основные методы оценки рисков [2].

Комбинация качественных и количественных методов, а также использование моделей и симуляций позволяет обеспечить всестороннюю оценку рисков на атомных электростанциях.

Это способствует разработке эффективных стратегий управления рисками и повышению общей безопасности эксплуатации ядерных технологий [4].

В условиях постоянно меняющегося мира организации сталкиваются с множеством рисков, которые могут угрожать их безопасности и устойчивости. Эффективное управление этими рисками требует комплексного подхода, включающего технические решения, обучение персонала и разработку планов действий на случай чрезвычайных ситуаций. В данном контексте важность обновления оборудования и внедрения современных систем безопасности становится очевидной, как и необходимость подготовки сотрудников к потенциальным угрозам (табл. 2) [3].

Таблица 1 – Идентификация рисков

№	Критерий идентификации	Фактор риска	Описание опасности
1	Технические неисправности	Отказ оборудования	Сбои в работе реакторов, систем охлаждения, генераторов и других критически важных систем
		Системы управления	Неполадки в автоматизированных системах управления, которые могут привести к неправильным реакциям на изменения в состоянии реактора
		Старение оборудования	Износ и устаревание компонентов, что увеличивает вероятность их отказа
		Неисправности в системах безопасности	Сбой в работе систем аварийного отключения, защитных барьеров и других механизмов безопасности
2	Человеческие ошибки	Ошибки оператора	Неправильные действия или решения, принимаемые персоналом в процессе эксплуатации АЭС
		Недостаток обучения	Неподготовленность или недостаточная квалификация сотрудников, что может привести к ошибкам в критических ситуациях
		Коммуникационные проблемы	Неправильная передача информации между членами команды или между различными уровнями управления
		Стресс и утомление	Физическое и эмоциональное состояние работников, которое может повлиять на их способность принимать правильные решения.
3	Природные катастрофы	Землетрясения	Возможные повреждения инфраструктуры АЭС и систем безопасности в результате сейсмической активности
		Наводнения	Увеличение уровня воды, которое может повредить оборудование или нарушить работу систем охлаждения



Рис. 1. Методы оценки рисков на АЭС

Таблица 2 – Меры и рекомендации по снижению рисков на АЭС

№	Мера снижения риска	Элемент риска	Рекомендация по устранению риска
1	Технические решения	Обновление оборудования	Регулярная замена устаревшего оборудования на более современные модели, которые обладают лучшими характеристиками безопасности и надежности
		Системы безопасности	Внедрение комплексных систем безопасности, таких как антивирусные программы, фаерволы, системы обнаружения вторжений (IDS) и системы управления доступом
2	Обучение и подготовка персонала	Регулярное обучение	Проведение тренингов и семинаров для сотрудников по вопросам безопасности, включая кибербезопасность, реагирование на инциденты и соблюдение стандартов безопасности
		Симуляции и учения	Организация практических занятий и учений по реагированию на чрезвычайные ситуации, чтобы сотрудники знали, как действовать в случае возникновения угрозы или инцидента
3	Планы действий на случай чрезвычайных ситуаций	Разработка планов	Создание четких и понятных планов действий на случай различных чрезвычайных ситуаций
		Регулярные обновления	Периодический пересмотр и обновление планов в соответствии с изменениями в бизнесе, технологиях и законодательстве
		Коммуникационные стратегии	Установление эффективных каналов связи для информирования сотрудников о чрезвычайных ситуациях и инструкций по действиям.

Эффективное управление рисками в организациях требует комплексного подхода, включая обновление оборудования, внедрение современных систем безопасности и обучение персонала. Создание четких планов действий на случай чрезвычайных ситуаций позволяет быстро и эффективно реагировать на угрозы, минимизируя последствия и обеспечивая устойчивость организации в условиях изменяющегося мира [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Оценка рисков предприятий ядерного топливного цикла [Электронный ресурс] URL: <https://consult-cct.ru/ocenka-riskov-predpriyatij-yadernogo-toplivnogo-cikla> (дата обращения 18.02.2025)
2. Энергетическая промышленность – Атомные Электростанции [Электронный ресурс] URL: <https://rnc.ru/upload/doc-ru/departments/engineering-center/digest-02.pdf> (дата обращения 18.02.2025)
3. Нормы безопасности МАГАТЭ для защиты людей и охраны окружающей среды Безопасность установок ядерного топливного цикла № SSR-4 Конкретные требования безопасности [Электронный ресурс] URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1791_R_web.pdf (дата обращения 19.02.2025)
4. РБ-134-17 – Рекомендуемые методы оценки и прогнозирования радиационных последствий аварий на объектах ядерного топливного цикла [Электронный ресурс] URL: <http://www.sra-russia.ru/docs/tehnogennye-chs/rb-134-17-rukovodstvo-po-bezopasnosti-pri-ispolzovanii-atomnoy-energii-rekomenduemye-metody-otsenki-/> (дата обращения 19.02.2025)
5. Комплексный метод обоснования радиационной безопасности и экологической приемлемости объектов ядерной техники [Электронный ресурс] URL: <https://ibrae.ac.ru/docs/108/avtoreferatirakelyaniaa.pdf> (дата обращения 19.02.2025)

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ СФЕРЫ УСЛУГ

Текучесть кадров – это социально-экономический показатель, который отражает частоту смены персонала в организации за определённый срок. Данный показатель является одной из значимых проблем сферы услуг и может существенно тормозить развитие многих её частей.

Актуальность исследования обуславливается увеличением в последние годы количества различных услуг, предоставляемых различными компаниями для людей, и в то же время снижением среднего времени работы в организации сотрудников, и соответственно, текучестью кадров. К тому же сфера услуг является одной из самых массовых в плане количества работников. В связи со всем этим проблема текучности кадров имеет большую экономическую и социальную значимость, а значит требует постоянного анализа и улучшения мер по борьбе с ней.

Для написания статьи были проведены поиск, изучение и анализ статей по теме текучности кадров, а также статистики, связанной с данной сферой.

Цель работы – выявить наиболее эффективные методы для снижения коэффициента текучности кадров.

Задачи:

1. Проанализировать данные о текучности кадров в России за последние несколько лет
2. Выяснить какие негативные факторы оказывают наибольшее влияние на работников сферы услуг.
3. Разработать рекомендации для улучшения условий труда и снижения текучности кадров.

В одном из отчетов рекрутинговой компании «Antal Talent» приведена статистика по текучке кадров в России за 2023 год. На её основе была составлена гистограмма (рис. 1), определяющая отрасли, которые наиболее подвержены данному явлению [1].



Рис. 1. Средний коэффициент добровольной текучести персонала в компаниях за 2023 г.

Анализируя гистограмму, стоит отметить, что первые три отрасли напрямую связаны со сферой услуг и постоянной работой с большим количеством людей. Этот факт подтверждает, что сфера услуг более подвержена текучести кадров, нежели чем остальные. Естественный уровень текучести кадров (в пределах 3–7% в год от общей численности персонала) способствует обновлению коллектива и развитию организации вследствие притока новой рабочей силы, приносящей новые идеи, инициативы и предложения по совершенствованию организационных процессов, в то время как повышенный уровень текучести кадров наносит экономический ущерб и вызывает различного рода трудности для организации [4]. Потеря квалифицированных работников и набор новых, которым требуются обучения и инструктажи влечёт за собой большие финансовые потери.

Для рассмотрения данной проблемы необходимо выделить характерные причины текучести кадров. Самыми частыми из них являются:

- неудовлетворённость заработной платой и другими материальными поощрениями;
- психологическая нагрузка и стресс;
- отсутствие карьерного роста;
- неудовлетворённость организацией труда;
- конфликты с руководством или коллегами;
- профессиональное выгорание;
- негибкий график работы;
- несоизмеримость задач и ответственности с занимаемой должностью.

В сфере услуг, не считая материального аспекта, можно выделить, что большое влияние на работников оказывают именно психологические негативные факторы. Они связаны с постоянной работой с людьми, а в следствие и конфликтами, многозадачностью, сверхурочной работой, отсутствием мотивации и зачастую с проблемами в коллективе. Всё это приводит к стрессу и профессиональному выгоранию, на что многие работодатели не обращают никакого внимания. Стоит отметить, что в законодательстве РФ нет ни слова о профессиональном выгорании несмотря на то, что проблема профессионального выгорания является весьма актуальной на сегодняшний день, в обязанности системы охраны труда РФ так и не входит обязанность уделять внимание психологическому здоровью работников [2].

В качестве результата анализа целесообразно перечислить методы и мероприятия, которые наиболее подходят для снижения текучести кадров в сфере услуг:

- проведение регулярных опросов сотрудников: анкетирования или интервью направленные на оценку удовлетворенности условиями труда работников, выявление их нужд и проблем;
- создание или совершенствование корпоративной культуры: организация корпоративных мероприятий и «тимбилдингов» для улучшения отношений между сотрудниками как внутри их структурного подразделения, так и внутри компании в целом;
- помощь работникам с профилактикой профессионального выгорания: постановка реальных целей, достижение определенных результатов, что повышает долгосрочную мотивацию, повышает самооценку человека, наличие достаточных перерывов во время работы на отдых и еду, овладение умениями и навыками саморегуляции, которые позволяют расслабиться и отвлечься, профессиональное развитие и самосовершенствование, исключение ненужной конкуренции, эмоциональное общение, поддержание хорошей физической формы [3];
- исследование текучести кадров в организации: результаты помогут составить прогноз текучести кадров на будущий период и определить направления повышения эффективности управления текучестью кадров [5];
- проведение обучений и тренингов: подготовка работников к возможным конфликтным и другим нештатным ситуациям, с которыми они могут столкнуться в процессе их трудовой деятельности;

– автоматизация монотонных процессов: внедрение в работу современных технологий (например, CRM- системы) для упрощения выполнения различных задач, что может помочь сотрудникам избавиться от чувства скуки и демотивации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кучумов А.В. Разработка мероприятий по нивелированию проблемы текучести кадров в сфере услуг / А. В. Кучумов, М. В. Волошинова // Журнал правовых и экономических исследований. – 2023. – № 4. – С. 204-208. – DOI 10.26163/GIEF.2023.22.84.030.
2. Чумаков Н.А. Связь профессионального выгорания и безопасности трудового процесса / Н. А. Чумаков, Л. Ф. Новоселова // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Архангельск, 26 ноября 2020 года / Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2021. – С. 245-248.
3. Дикая Л.Г. Профессиональное выгорание и безопасность труда в социально-ориентированных профессиях / Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. 2015. № 3 (47). С. 43-52.
4. Скавитин А.В. Методические подходы к управлению текучестью кадров [Электронный ресурс]: материалы сайта /А.В. Скавитин // Aup.ru: административно-управленческий портал. –Режим доступа: <http://www.aup.ru/articles/personal/2.htm>
5. Целютина Т.В. Исследование текучести кадров как необходимая составляющая эффективного управления текучестью кадров / Т. В. Целютина, Ю. П. Литвин // Научный журнал Дискурс. – 2019. – № 1(27). – С. 183-194.

УДК 331.453

У.А. Столбова, Н.В. Румянцева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РУКОВОДИТЕЛЯ КАК ЛИДЕРА ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

Согласно Трудовому Кодексу, руководитель несет огромное количество обязанностей, большую ответственность за соблюдение и обеспечение безопасных условий труда, отвечает за здоровье и жизнь сотрудников [1]. Руководитель – первое лицо, к которому будут предъявлять штрафы и другие санкции за несоблюдение требований охраны труда. Поэтому роль руководителя при решении вопросов безопасности всеобъемлющая [2].

Актуальность выбранной темы связана с повышением уровня безопасности труда, насколько эффективно лидерство руководителя в вопросах безопасности труда для повышения общего уровня безопасности в организации. Как можно контролировать и оценивать лидерство руководителя для достижения результатов повышения, например, культуры безопасности.

Цель работы – рассмотреть один из подходов оценки лидерских качеств, которые позволяют лидеру успешно контролировать и повышать уровень безопасности в коллективе.

Можно предположить, что основными критериями для оценки должны стать следующие аспекты: компетентность в вопросах безопасности, приверженность вопросам культуры безопасности, а также ее демонстрация, приоритет безопасности в принятии решений.

Однако в различных источниках выделяют также владение следующими способами применения лидерских методов воздействия на коллектив для обеспечения безопасности: видение, доверие, сотрудничество, обратная связь и признание заслуг, ответственность, общение, ценность безопасности и ориентация на действие [3,4].

Таким образом, при оценке руководителя и его работы необходимо учитывать не только профессиональные навыки и его компетентность, но еще и личностные качества. В данной

статье рассмотрен метод оценки трудовой деятельности, который охватывает мнения самого руководителя, его непосредственного начальника, коллег и подчиненных о самом оцениваемом, а именно метод «360 градусов». Оценка включает в себя несколько критериев: приверженность вопросам культуры безопасности, мотивация соблюдения правил и процедур, способность вовлечь в процесс безопасности коллег и подчиненных, способность интегрировать принципы культуры безопасности в свой рабочий процесс.

Он построен на постоянном самосовершенствовании и саморазвитии сотрудника, учитывая его недостатки и сильные качества личности.

Также существует еще более обширный метод «540 градусов», который включает дополнительно мнение клиентов и подрядчиков [5].

Для использования метода оценки приверженности руководителя вопросам безопасности необходимо обозначить показатели, а именно КРІ (ключевые показатели эффективности). Поскольку именно у ключевых показателей эффективности есть возможность подстраивать оценку под любое предприятие, учитывая технологический процесс, нюансы в управлении каждого руководителя подразделения, корпоративную среду и др. Рассмотрим расчёт предложенного коэффициента. Таким образом, трудовая эффективность руководителя подразделения может быть рассчитана по следующей формуле:

$$KPI_{эффi} = \frac{KPI_{общ}}{KPI_{идi}} \cdot 100\%,$$

где $KPI_{общ}$ – общая сумма показателей реально выполняемых мероприятий охраны труда в подразделении, согласно основным процессам управления охраны труда; $KPI_{идi}$ – идеальная сумма показателей мероприятий по охране труда, которые должны выполняться в подразделении [6].

$$KPI_{общi} = \sum_{i=1}^6 KPI_{гpi},$$

где $KPI_{гpi}$ – эффективность группы КРІ согласно основным процессам управления охраны труда, рассчитывающейся по следующим формулам:

$$KPI_{гpi} = \sum_{i=1}^n Z_i,$$

$$Z_i = K_i P_i,$$

где Z_i – коэффициент значимости проведенного мероприятия согласно основным процессам управления охраны труда.

Идеальная эффективность группы КРІ согласно основным процессам управления охраны труда, рассчитывающаяся по следующей формуле:

$$KPI_{идi} = \sum_{i=1}^n K_{идi} \cdot P_i,$$

где $K_{идi}$ – идеальное количество проведенных мероприятий согласно каждому критерию; P – «вес и значимость» каждого критерия.

Предлагается распределить выполняемые мероприятия по охране труда стандартно, как в нормативных правовых актах, а именно в соответствии Приказу Министерства Труда №776н от 29 октября 2021 года, следующими блоками: «базовые процессы», «обеспечение допуска работника к самостоятельной работе», «обеспечение безопасной производственной среды в рамках функционирования процессов в организации», «сопутствующие процессы по охране труда», «реагирование на ситуации» [7, 8]. Дополнительно добавить блок оценок «лидерские качества сотрудника», который и будет учитывать приверженность руководителя вопросам безопасности и его лидерским качествам.

Таким образом, в результате предложенного подхода можно будет оценить процент выполнения мероприятий по предложенным блокам, с возможностью определить слабые места в управлении подразделением, с точки зрения безопасности, так и оценить в целом руководителя.

Для проведения мониторинга эффективности труда руководителя можно ориентироваться на показатели любого выбранного периода времени. Это касается как окончательной эффективности, так и регулированию допустимых количеств мероприятий, что позволит более комплексно подойти к работе руководителя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Проспект, 2023.
2. Румянцева Н.В., Ульянов А.И. Общие вопросы охраны труда и функционирования системы управления охраной труда: учебное пособие– 2023. – 71 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibr.spbstu.ru/dl/5/tr/2023/tr23-143.pdf/en/info> (дата обращения: 06.03.2024).
3. Лидерство в области охраны труда // Энергия URL: <https://bddmagadan.ru/articles/liderstvo-v-oblasti-ohrany-truda/> (дата обращения: 06.03.2025).
4. Орлова М.Г. Совершенствование системы управления охраны труда на предприятии и автоматизация процесса управления рисками на производственной площадке через лидерство непосредственных руководителей / М. Г. Орлова // Академическая публицистика. – 2024. – № 6-1. – С. 98-100. – EDN DMAJOO.
5. Оценка «360 градусов»: избегаем ошибок и получаем нужный результат. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.kdelo.ru/art/377060-red-otsenka-360-gradusov-izbegaem-oshibok-i-poluchaem-nujnyy-rezultat>.
6. Столбова У.А. Анализ существующих методов оценки трудовой деятельности специалиста по охране труда// В сборнике: Неделя науки ИСИ. Сборник материалов всероссийской конференции. В 3 ч. Санкт-Петербург, 2024. – Ч. 3. – С. 95–96.
7. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 г. n 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда».
8. Межгосударственный стандарт от 25.10.2016 № 12.0.230.3-2016 «Occupational safety standards system. Management systems for occupational safety. Evaluation of effectiveness and efficiency».

УДК 614.8

Д.А. Суховский, Р.Х. Давлятшин
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Цель работы – проанализировать статистические данные и причины травматизма в животноводстве. Выделить основные причины травматизма в животноводстве.

Методы исследования – анализ статистических данных, литературы по условиям труда в животноводстве, синтез изученных данных для составления выводов.

Агропромышленный комплекс (АПК) является одной из ключевых сфер экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность страны и удовлетворяющей потребности населения в продуктах питания. Стабильное функционирование АПК играет стратегическую роль в обеспечении национальной безопасности государства, поскольку от него зависит не только самообеспеченность продовольствием, но и развитие смежных отраслей экономики. Особое место в структуре агропромышленного комплекса занимает животноводство, которое по стоимости валовой продукции составляет около 40–45% [1], что подчеркивает его весомый вклад в общий результат сельскохозяйственного производства и поддержание экономической устойчивости отрасли.

В современном мире развитие сельских территорий становится всё более актуальным вопросом. Ведь именно в этих районах сосредоточены огромные ресурсы, которые могут стать

основой для экономического роста и повышения качества жизни населения. Однако для того, чтобы реализовать потенциал сельских территорий, необходимо обеспечить их инновационное социально-экономическое развитие [2].

Безопасность на рабочем месте – это один из ключевых факторов, влияющих на здоровье и благополучие работников. В сфере животноводства она имеет особое значение, так как работники сталкиваются с различными рисками, такими как: травмы от оборудования, инструментов, животных; воздействие вредных веществ и микроорганизмов; стресс и эмоциональное напряжение.

Согласно результатам мониторинга условий и охраны труда, количество несчастных случаев и травм в животноводстве составляет 64% от общего количества числа пострадавших во всей сельскохозяйственной сфере за 2023 год [3].

Анализируя информацию, предоставленную Федеральной службой государственной статистики (Росстатом), можно сделать вывод, что на сельских территориях по-прежнему наблюдается тенденция к сокращению численности населения [4]. Это обусловлено высокими показателями смертности, миграционным оттоком и изменениями в возрастной структуре жителей. Согласно данным Росстата, на 1 января 2023 года численность населения Российской Федерации составляла 146 447,4 тысячи человек.

По информации Росстата, на 1 января 2024 года численность городского населения России достигла 109 605,7 тысячи человек, в то время как численность сельского населения составила 36 597,9 тысячи человек [1]. Эти данные позволяют оценить соотношение между городским и сельским населением в стране, а также проанализировать динамику изменений в численности населения различных типов населённых пунктов.

Работа с животными и вторичными отходами животноводства связана с большими рисками для жизни и здоровья (таблица 1) из-за ряда факторов.

Таблица 1 – Сведения о пострадавших на животноводческих производствах по территориям Российской Федерации за 2023 год

	Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих	Из них со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих	Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих	Число дней нетрудоспособности у пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1 пострадавшего	Израсходовано на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, руб.
Женщин	1,51	0,02	-	-	-
Мужчин	1,75	0,09	-	-	-
Всего	3,26	0,11	0,17	50,40	16 952,28

Одновременно с динамикой снижения сельского населения можно отследить сокращение численности населения в трудоспособном возрасте. Таким образом сейчас проводится множество исследований в области демографических проблем, связывающих здоровье с базовыми социальными параметрами: жилищными условиями, питанием, доступностью медицинских услуг и занятостью [5]. В частности, особое внимание уделяется работникам сельского хозяйства, так как на них воздействуют множество негативных факторов:

- неблагоприятные микроклиматические условия;
- различные химические и биологические вещества;
- тяжелый физический труд;
- работа в зонах повышенной опасности для жизни и здоровья.

Проанализировав вышесказанное, можно выделить несколько основных видов факторов, негативно влияющих на операторов животноводства: биологические, химические, физические, психофизиологические, эргономические и санитарно-гигиенические.

Таким образом работники животноводства в АПК подвержены опасности в процессе рабочей деятельности с разнообразных сторон. Поэтому очень важно чтобы предприятия выделяли бюджет на обеспечение безопасности жизни и здоровья своих работников.

Исходя из всех данных, указанных выше, можно сделать вывод – одной из самых опасных сфер работы в сельском хозяйстве считается работа в животноводческом секторе.

Выводы. В данной статье была подчеркнута важность животноводства как подотрасли сельского хозяйства, было изучено, что животноводство является самой травмоопасной подотраслью сельского хозяйства. Были проанализированы статистические данные и причины травматизма в животноводстве, а также были выделены основные виды факторов, негативно влияющих на операторов животноводства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru>. – Дата обращения 20.02.2025.
2. Студенникова Н.С. Условия труда работников животноводства: проблемы и решения // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13, № 8. – С. 1517 – 1531.
3. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2023 году. [Электронный ресурс]. – URL: <https://eisot.rosmintrud.ru/monitoring-uslovij-okhrany-truda>. – Дата обращения 20.02.2025.
4. Студенникова Н.С. По следам исчезнувших деревень // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 8. С. 184–196.
5. 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: Каргуш, 2017. 352 с.

УДК 614.8

Д.А. Суховский, Р.В. Шкрабак
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-ЖИВОТНОЕ-МАШИНА-СРЕДА»

Цель работы – проанализировать условия труда операторов животноводства. Проанализировать систему «человек-животное-машина-среда». Обосновать мероприятия по охране труда в системе «человек-животное-машина-среда».

Методы исследования – анализ литературы по условиям труда в животноводстве и по системе «человек-животное-машина-среда», синтез изученных данных для составления выводов.

Обоснование системы «человек-животное-машина-среда» (ЧЖМС) (рис. 1) и соответствующих нормативам условий труда включает комплексный анализ взаимодействия всех компонентов системы, а также учет требований к охране труда, безопасности и комфортности работы. Это особенно важно для обеспечения эффективной и безопасной деятельности как человека, так и животных, с учетом технических и экологических факторов [1].

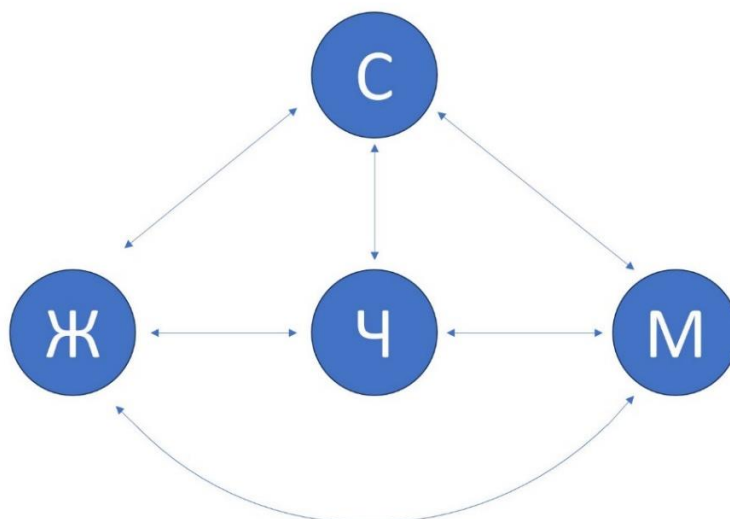


Рис. 1. Схема взаимодействия элементов системы «человек-животное-машина-среда»

Теоретические основы системы «человек-животное-машина-среда» (ЧЖМС) представляют собой комплексный подход к изучению взаимодействия различных компонентов в системах, где человек и животные взаимодействуют с техническими устройствами и окружающей средой. Такая система особенно актуальна в современном мире, где автоматизация и технологизация процессов встречаются с природными и биологическими аспектами [2].

Основные компоненты системы ЧЖМС:

- Человек – В данной системе человек выступает как оператор, принимающий решения, контролирующий процессы и адаптирующийся к меняющимся условиям.
- Животное – В данной системе животное может быть участником системы как объект наблюдения.
- Машина – Технические устройства, инструменты или системы, которые используются для выполнения конкретных функций. Это могут быть механизмы, роботы, датчики или другие технологии.
- Среда – Физическая и социальная среда, в которой происходит взаимодействие всех компонентов. Среда может включать как природные условия (температура, влажность, освещенность), так и искусственные факторы (шум, загрязнение).

Современный мир характеризуется все более тесным взаимодействием человека, животных, технологий и окружающей среды. Этот комплексный процесс требует глубокого понимания взаимосвязей между этими компонентами для создания эффективных, безопасных и устойчивых систем. Концепция «человек-животное-машина-среда» (ЧЖМС) представляет собой интегрированный подход, позволяющий анализировать и оптимизировать взаимодействие всех элементов в единой системе [3].

Управление рисками является ключевым элементом в разработке и обосновании организационных мер профилактики травм и профессиональных заболеваний в животноводстве. Оно позволяет создать безопасные и здоровые условия труда, соответствующие законодательным требованиям и способствующие повышению производительности и благополучия работников [4].

Управление рисками в животноводческом секторе – это систематический процесс идентификации, оценки и минимизации потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников.

Эффективное управление рисками позволяет создать безопасные и здоровые условия труда, снизить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций и повысить общую производительность труда [5].

Основные этапы управления рисками:

1. Идентификация рисков:

- Анализ рабочих процессов: изучение всех этапов работы на животноводческом предприятии для выявления потенциально опасных ситуаций.

- Оценка условий труда: анализ физических, химических, биологических и психофизиологических факторов, влияющих на здоровье работников.

- Изучение истории травматизма: анализ предыдущих случаев травм и профессиональных заболеваний для выявления повторяющихся проблем.

2. Оценка рисков:

- Определение вероятности возникновения опасностей: оценка частоты и возможных последствий воздействия опасных факторов.

- Использование методов оценки рисков: применение стандартных методик и инструментов для количественной и качественной оценки рисков.

3. Разработка мер по снижению рисков:

- Инженерные меры: внедрение технических решений, таких как автоматизация процессов, установка защитных ограждений и устройств.

- Организационные меры: разработка и внедрение процедур и инструкций по безопасности, оптимизация рабочих процессов.

- Меры по обучению и информированию: проведение тренингов и инструктажей для повышения осведомлённости работников о рисках и мерах безопасности.

- Медицинские меры: организация регулярных медицинских обследований и профилактических мероприятий.

4. Реализация мер по снижению рисков:

- Мониторинг и контроль: регулярная проверка выполнения мер и их эффективности.

- Корректировка мер: внесение изменений в меры по снижению рисков, на основе полученных данных и обратной связи от работников.

5. Планы действий на случай чрезвычайных ситуаций:

- Обучение работников: проведение тренингов по действиям в чрезвычайных ситуациях, включая оказание первой помощи.

- Обеспечение средств для реагирования: наличие необходимых средств и оборудования для быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации.

6. Постоянное улучшение:

- Анализ эффективности мер: регулярный анализ результатов внедрения мер по снижению рисков и их влияния на безопасность труда.

- Следование лучшим практикам: изучение и внедрение передовых методов управления рисками в животноводческом секторе.

Выводы. В данной статье проанализированы условия труда операторов животноводства и система «человек-животное-машина-среда», выделены ее составляющие, их взаимосвязь. Были выделены мероприятия по охране труда в системе «человек-животное-машина-среда».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы обеспечения безопасности в системе «человек – машина – среда» / Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. – 2014. – № 1(19). – С. 73-76.
2. Теоретические исследования состояния биотехнической системы «человек-машина-животное-среда» для повышения безопасности работ в животноводстве / В.С. Шкрабак, А.П. Лапин, Ю.Н. Баранов, О. В. Тимохин // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 9(36). – С. 177-181.

3. Исследование биотехнических систем в животноводстве / В.С. Бурлаков, С.Ф. Вольвак, В.Н. Наумкин [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2019. – № 4(14). – С. 94-103.
4. Шкрабак Р.В., Брагинец Ю.Н. Теоретические положения профилактики травматизма в животноводстве // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №. 3. – С. 92-95.
5. Вечернин Д.С. Реализация механизма регуляторной гильотины в рамках реформы контрольно-надзорной деятельности (на примере агропромышленного комплекса) / Д. С. Вечернин // Актуальные проблемы правоприменения и управления на современном этапе развития общества: Сборник статей по материалам III Национальной заочной научно-практической конференции, Ставрополь, 17 декабря 2020 года. – Ставрополь: ООО «Издательско-информационный центр «Фабула», 2021. – С. 99-101.

УДК 534.852.6

В.В. Трушевская, Е.Ю. Колесников
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЛИТЕЙНОМ ПРОСПЕКТЕ В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

В современном мире шумовое загрязнение в крупных городах является нецененным. Шум – это серьезный фактор, влияющий на здоровье население. От воздействия шума могут происходить медленные и незаметные на первый взгляд изменения в организме. К числу таких относятся, безусловно, нарушения слуха. Влияние на нервную систему выражается в ухудшении сна, раздражительности, мигренях, стрессу. Также серьезному воздействию подвергает сердечно-сосудистая система, ухудшается работа сердца. Шум также влияет на другие системы организма: пищеварительную, эндокринную. Целью данной статьи является расчёт уровня звука в типовой комнате, в которой проживает житель Литейного проспекта. Ранее студенты СПбПУ проводили много исследования в сфере исследования вопросов шума, например, ВКР Е.Р. Луговой «Влияние некоторых конструктивных особенностей акустических экранов на эффективность защиты от шума транспортных потоков» под руководством Т.Т. Каверзневой [1].

В процессе работы была использована карта шума [2]. Карта была разработана заведующим кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности Балтийского государственного технического университета профессором Николаем Ивановым и доцентом этой кафедры Петром Матвеевым по заказу Комитета по градостроительству и архитектуре города Санкт-Петербурга были взяты результаты замеров уровня шума. По легенде карты (шкале, приведенной на рис. 1) были оценены уровни шума вблизи жилого дома 64/78.

Основными допущениями были приняты следующие начальные данные: в течение года окна и двери закрыты, летом окна и форточки открывают. С учётом статистики по Санкт-Петербургу июль – самый жаркий месяц года, в течение которого окно (фрамуга) в комнате постоянно открыто. Поэтому, временной эмпирический коэффициент C [3] принимаем для одного месяца, и риск, рассчитанный для июля, вносит основной вклад в величину риска причинения вреда людям. При открытом окне (фрамуге) уровень звука в комнате равен уровню звука снаружи (у фасада здания).

Пользуясь методом «экспертных оценок», предположим, что стандартная комната, выходящая на Литейный проспект, имеет габариты: длина $b = 4$ м, ширина $a = 3$ м, высота потолка $h = 3$ м, в ней расположены одно окно площадью $2,9 \text{ м}^2$, и одна дверь, площадью $1,6 \text{ м}^2$. По формуле (1):

$$S_{\text{комн}} = 2(a + b)h + 2ab = 2(3 + 4)3 + 2 \cdot 3 \cdot 4 = 66 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Тогда площадь ограждающих конструкций комнаты за вычетом площади проемов по формуле (2):

$$S_{\text{комн1}} = 66 - 1,6 - 2,9 = 61,5 \text{ м}^2. \quad (2)$$

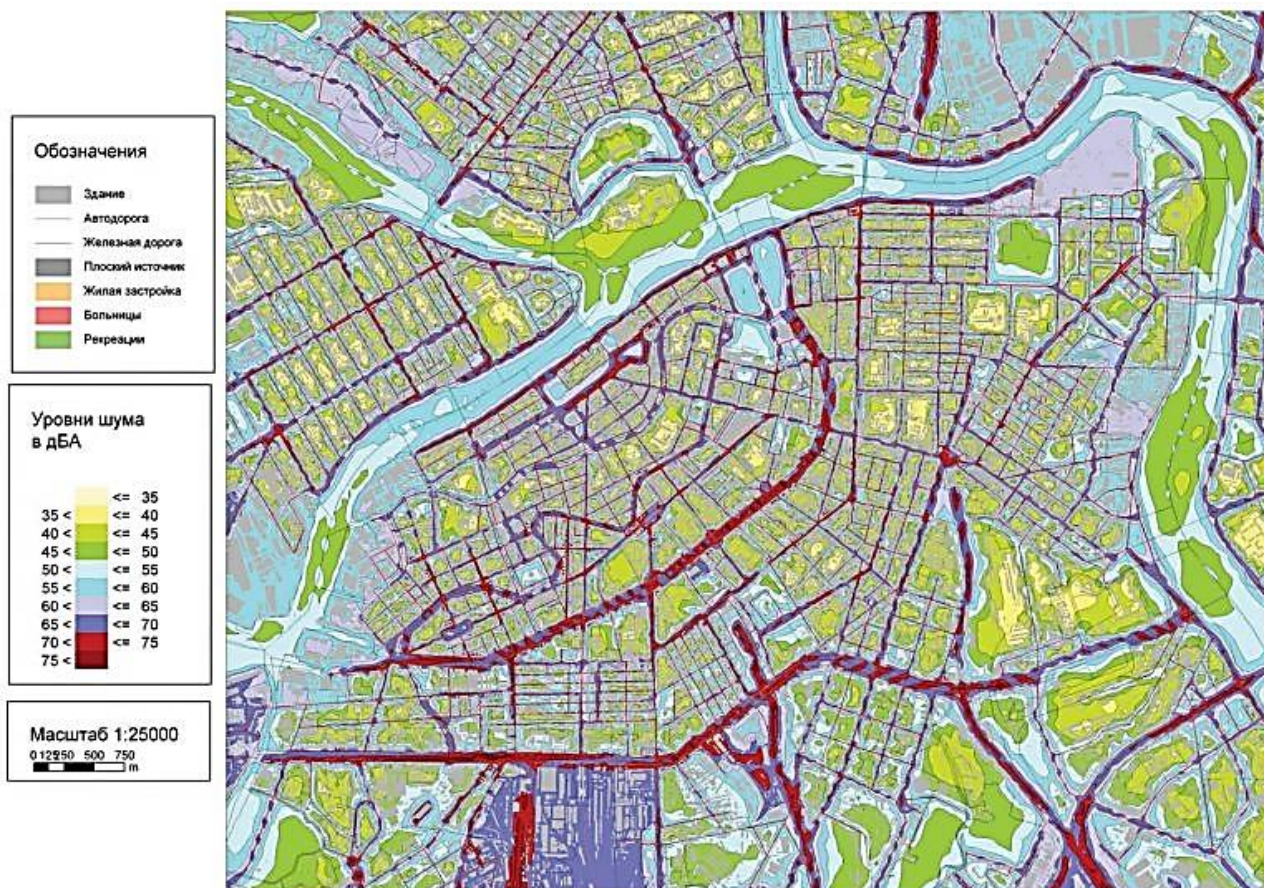


Рис. 1. Карта шума

Площадь звукопоглощения каждого звукоизолирующего слоя различается для октавных полос. Согласно СП 51.13330.2011 [4] комната рассматривается как звукоизолирующая кабина. Эквивалентную площадь звукопоглощения комнаты A , находят для пяти звукопоглощающих слоев: штукатурка (потолок), паркет (пол), обои(стены), деревянная дверь и окно. a_i -коэффициент звукопоглощения i -го элемента ограждающей конструкции комнаты зависит от строительных материалов в октавных полосах [4].

Определим эквивалентную площадь звукопоглощения комнаты в октавных полосах, m^2 , по формуле (3):

$$A = \sum a_i \cdot S_i, \quad (3)$$

где S_i – i -й элемент ограждающей конструкции.

$$A_{\text{потолка}125} = 0,024 \cdot 12 = 0,29 \text{ м}^2.$$

Далее на частоте 125 Гц аналогично проводятся расчеты для $A_{\text{паркет}}$, $A_{\text{обои}}$, $A_{\text{дверь}}$, $A_{\text{окно}}$. Затем расчёт вышеописанных величин ведется на частотах 250, 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Затем, все результаты складываются и получается $A_{\sum a_i S_i}$. Проводим расчет среднего коэффициента звукопоглощения $a_{\text{ср}}$, по формуле (4):

$$a_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{огр}}} = \frac{16,72}{66} = 0,25. \quad (4)$$

Акустическая постоянная комнаты B_u , m^2 , рассчитывается по формуле (5):

$$B_u = \frac{A}{1 - a_{\text{ср}}} = \frac{16,72}{1 - 0,25} = 22,39 \text{ м}^2 \quad (5)$$

Наконец, для определения октавного уровня звукового давления в помещении, когда шум в него проникает через комбинированную ограждающую конструкцию (фасадную стену

с окном) площадью $S_{\text{фас}}$, м^2 со звукоизоляцией R_j , дБ, необходимо воспользоваться соотношением (6).

$$S_{\text{фас}} = ab - S_{\text{окна}} = 3,4 - 2,9 = 9,1 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Звукоизоляция фасадной стены, рассчитывается по формуле (7):

$$R_j = 10 \lg \frac{S_{\text{общ}}}{\sum_i^n S_i \cdot 10^{-0,1 R_i}} = 10 \lg \frac{66}{\sum_i^n 9,1 \cdot 10^{-0,1 R_{\text{фас}} + 2,9 \cdot 10^{-0,1 R_{\text{окно}}}}}. \quad (7)$$

Так, на частоте 125 величина звукоизоляции составляет:

$$R_j = 10 \lg \frac{66}{\sum_i^n 9,1 \cdot 10^{-0,1 \cdot 47} + 2,9 \cdot 10^{-0,1 \cdot 26,4}} = 39,91.$$

Уровень звукового давления в октавных полосах $L_{\text{ш}j}$ может быть найден по таблице П5.10 из СП 254.1325800.20161 [5]. Поскольку уровень шума с карты шума около дома 64/78 составляет 78 дБА, что, по таблице П5.10, находится между строкой ПС-75 и ПС-70, то необходимо воспользоваться методом интерполяции. Из данной строки требуется выписать значения эквивалентного уровня звукового давления L_{peq} со среднегеометрическими частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и рассчитать октавные уровни звукового давления в помещении в каждой октавной полосе. Так, полученные методом интерполяции значения составляют: 85,4, 80, 76, 73, 71, 69 дБ. Тогда, уровень звукового давления в помещении на частоте 125 Гц составит 48,91 дБ. Обобщение результатов представлено в таблице 1.

$$L_j = 85,4 - 39,9 + 10 \lg 66 - 10 \lg 21 - 10 \lg 1,34 = 48,91 \text{ дБ}. \quad (8)$$

Таблица 1 – Прогнозируемые уровни октавного звукового давления в дБ

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	L_j , дБ
125	48,91
250	49,57
500	32,49
1000	21,90
2000	16,40
4000	26,27

Для того, чтобы перейти к величинам в размерности в дБА, нужно воспользоваться методом взвешенных коэффициентов из ГОСТ Р 53188.1 [6]. Методом энергетического суммирования уровней звукового давления L_j в октавных полосах по формуле (9):

$$L_A = 10 \lg (\sum_{j=1}^n 10^{0,1(L_j+k_j)}) = L_{jA} = 10 \lg (10^{0,1(49+(-16,1))} + 10^{0,1(50+(-8,6))} + 10^{0,1(32+(-3,2))} + 10^{0,1(22+0)} + 10^{0,1(16+1,2)} + 10^{0,1(26+1)}) = 42,04 \text{ дБА} \quad (9)$$

Согласно санитарным правилам СанПиН 1.2.3685-21 [7], эквивалентные и максимальные уровни звука в течение суток для жилых комнат, квартир и домов: для дневного времени суток: 40 дБА и 55 дБА, а для ночного времени суток: 35 дБА и 50 дБА. Таким образом, расчёты показали, что полученное значение прогнозируемого уровня звука 42,04 дБА небезопасно для жителей Литейного проспекта г. Санкт-Петербурга даже при закрытых окнах, поскольку оно превышает допустимое значение даже для дневных условий. Для решения данной проблемы можно предложить жителям Литейного проспекта заменить окна на новые, выполненные из специальных шумоизолирующих материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лугова Е.Р. Влияние некоторых конструктивных особенностей акустических экранов на эффективность защиты от шума транспортных потоков: ВКР. технические науки: 20.03.01 . – Санкт-Петербург, 2021. – 63 с.

2. Астафьева Н. Электронная карта шума в г. Санкт-Петербурге // Город 812. – 2017. [Электронный ресурс]. -URL: <https://gorod-812.ru/spasite-nashi-ushi/> (дата обращения 20.12.2025).
3. МР 2.1.10.0059-12. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума от 23.03.2011. – 2011 г. – [Электронный ресурс]. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095849/> (дата обращения 05.03.2025).
4. СП 51.13330.2011. Защита от шума от 20.05.2011. – 2011 г. [Электронный ресурс]. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097/> (дата обращения 20.12.2025).
5. СП 254.1325800.20161. Правила проектирования и защиты от производственного шума от 18.02.2017. – 2017 г. – [Электронный ресурс]. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139959/> (дата обращения 18.02.2025).
6. ГОСТ Р 53188.1-2019. Шумомеры от 01.12.2019. – 2017 г. [Электронный ресурс]. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163941/> (дата обращения 18.02.2025).
7. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания от 28.01.2021. – 2017 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115/> (дата обращения 18.02.2025).

УДК 331.453

С.А. Шавуров, А.И. Ульянов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ VR КОНТЕНТА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Цель работы: разработка информационной модели для эффективного применения VR контента при обучении вопросам охраны труда, позволяющая реализовать технологический подход к образовательному процессу.

Широкое применение информационных технологии является трендом в профессиональном образовании, но данная ситуация породила огромный спектр задач, требующих решения: исключение технических сбоев, обеспечение общего доступа к эффективным образовательным инструментам, развитие соответствующих компетенций у педагогов, разработка методического обеспечения, оценка эффективности применения информационных технологий в образовании [1, 2].

Отдельное место в профессиональном образовании занимает использование виртуальной и дополненной реальности [3,4]. Технологии VR и AR предоставляют широкий спектр возможностей по моделированию различных условий и пространств, не прибегая к их реальному воплощению, что раскрывает основные преимущества данной технологии. В рамках профессионального обучения по охране труда чаще всего VR и AR используется для:

- отработки безопасных методов проведения работ повышенной опасности;
- отработки действий в аварийных ситуациях;
- отработки инструкций по охране труда (отрабатываются практические навыки по безопасному выполнению различных видов работ);
- обучения первой помощи;
- отработки командной работы.

Таким образом, VR и AR имеют достаточно широкий спектр применения при обучении по охране труда, что подтверждает востребованность данной информационной технологии. Стоит отметить и недостатки применения VR и AR:

- дороговизна оборудования для воспроизведения VR и AR контента;
- сложности использования VR контента людьми со слабым вестибулярным аппаратом;
- недостаточно обоснованный эффект от применения данной технологии в образовательном процессе [5].

Последний недостаток является препятствием в дальнейшем технологическом развитии профессионального обучения по охране труда. На данный момент можно констатировать, что произошло снижение спроса на использование VR контента при обучении по охране труда так как большинство обучаемых и преподавателей не видят эффекта от его применения.

Таким образом, встает задача по разработке моделей эффективного применения VR контента для обучения по вопросам безопасности труда.

Определим, что предлагаемая модель относится к классу информационных моделей. В данном исследовании информационная модель описывает процесс обучения вопросам охраны труда для получения показателей эффективности применения VR контента.

Основная задача при обучении по охране труда – добиться выполнения определенных видов работ по установленному в учебных материалах алгоритму при этом использовать все необходимые средства защиты и не попасть в опасную зону, которая выделена ограждениями и/или знаками безопасности.

Показатели эффективности применения VR контента будут определяться с использованием следующих данных:

- соблюдение порядка действий (ПД);
- использованные средства защиты (СЗ);
- количество попаданий в опасные зоны при выполнении операции в VR пространстве (ОЗ).

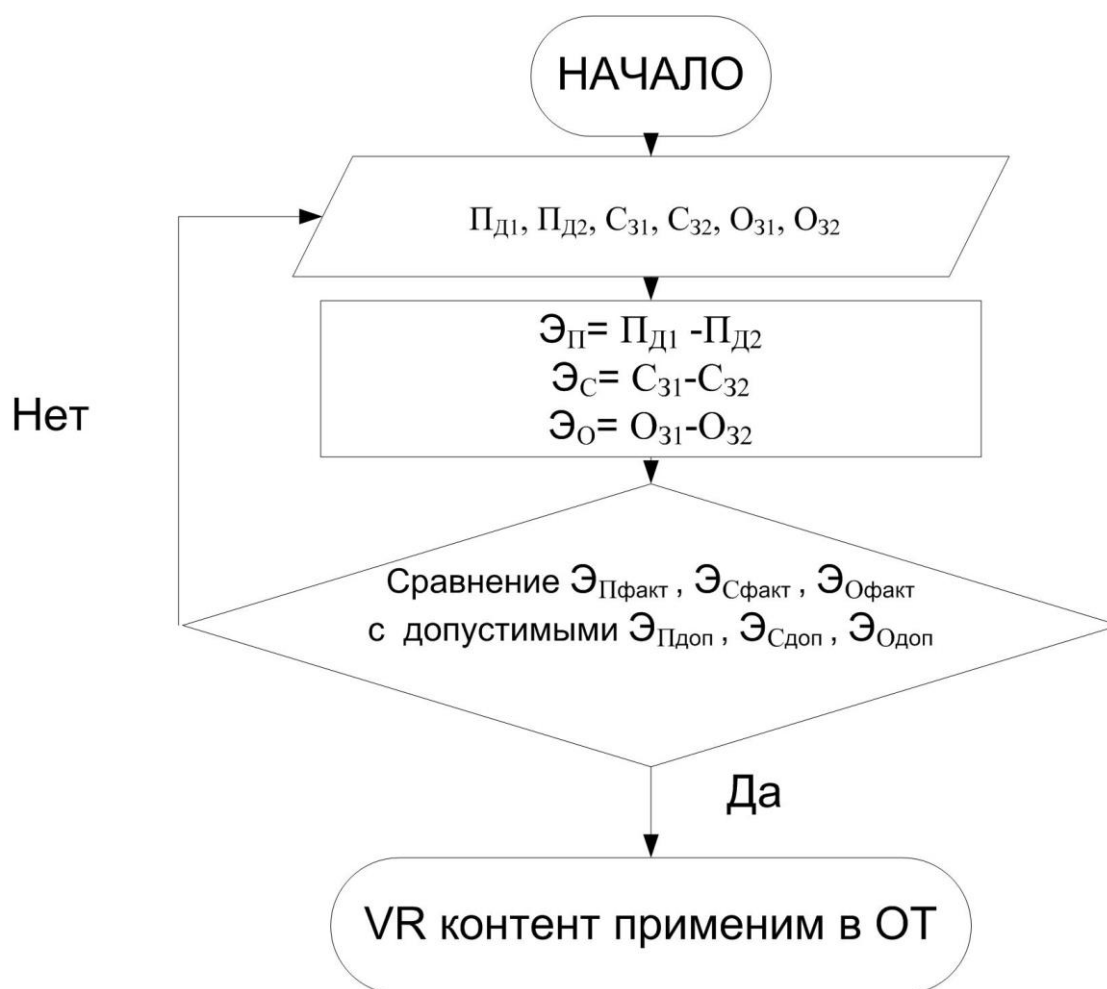


Рис. 1. Алгоритм оценки эффективности использования VR контента для обучения по охране труда

Эффективность в предложенной модели будет определяться по следующим формулам:

$$\mathcal{E}_\Pi = \Pi_{\text{д1}} - \Pi_{\text{д2}}, \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_\text{с} = \text{с}_{31} - \text{с}_{32}, \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_0 = \text{O}_{31} - \text{O}_{32}, \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{д1}}$ и $\Pi_{\text{д2}}$ – выполнение операций по заданному алгоритму до и после прохождения обучения, с_{31} и с_{32} – применения определенного набора средств защиты до и после прохождения обучения, O_{31} и O_{32} – количество попаданий в опасные зоны до и после прохождения обучения.

В графическом виде предложенную информационную модель можно представить в виде алгоритма оценки эффективности использования VR контента для обучения по охране труда представленного на рисунке 1.

Выводы. Предложенная модель позволяет отслеживать получаемые результаты при применении VR контента в обучении вопросам охраны труда. Таким образом, появляется возможность оценить эффективность применения новых технологий и определить есть ли преимущества относительно применения классических методов, применяемых в профессиональном образовании.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Быстрова Н.В., Жидков А.А., Гусев Е.Н. Информационные технологии в профессиональной деятельности педагога профессионального обучения // Проблемы современного педагогического образования. 2021. №71-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-professionalnoy-deyatelnosti-pedagoga-professionalnogo-obucheniya-1> (дата обращения: 03.03.2025).
2. Семикин В.Ю. Информатизация образовательного пространства школы в условиях реализации ФГОС // Современное педагогическое образование. 2023. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatizatsiya-obrazovatel'nogo-prostranstva-shkoly-v-usloviyah-realizatsii-fgos> (дата обращения: 03.03.2025).
3. Ляпунов В.Е., Гильванов Р.Г., Романова И.Ю., Воробьев А.А. Использование технологий виртуальной реальности в образовании // IJAS. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii-1> (дата обращения: 03.03.2025).
4. Горбунова Н.В. Применение технологий виртуальной реальности в контексте профессионального образования // Проблемы современного педагогического образования. 2023. №79-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologiy-virtualnoy-realnosti-v-kontekste-professionalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 03.03.2025).
5. Ананин Д.П., Сувилова А.Ю. Иммерсивные технологии в образовательной практике российской высшей школы // Высшее образование в России. 2024. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/immersivnye-tehnologii-v-obrazovatelnoy-praktike-rossiyskoy-vysshey-shkoly> (дата обращения: 03.03.2025).

УДК 331.453

Д.К. Шапилова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАПРЯЖЕННОСТЬ ТРУДА ФАРМАЦЕВТОВ

Цель работы: рассмотреть одну из характеристик трудового процесса в работе фармацевтов. Работникам в процессе их трудовой деятельности приходится сталкиваться с различными вредными факторами, оказывающими влияние на состояние здоровья. В условиях повышения спроса на фармацевтические услуги и последующей нагрузки на работников важно обратить внимание на те аспекты трудовой деятельности, которые влияют на психоэмоциональное состояние сотрудников и общие условия работы.

Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы [1].

Работа фармацевтов – непростая сфера деятельности, поскольку работники регулярно на протяжении рабочей смены сталкиваются с большим количеством психоэмоциональных нагрузок. Одним из факторов увеличения напряженности труда фармацевтов является дефицит кадров.

Главным следствием данного фактора можно назвать увеличение индивидуальной рабочей нагрузки. В условиях среднестатистической аптечной организации нередко наблюдается ситуация, при которой один сотрудник вынужден обслуживать поток клиентов на протяжении всей рабочей смены без выделенного времени на перерыв. Это оказывает негативное воздействие как на психоэмоциональное, так и физическое состояние работника. Особенно повышается нагрузка на фармацевтов в периоды сезонного роста заболеваемости, которые сопровождаются сильным увеличением числа посетителей. Дефицит кадров приводит к увеличению обязанностей на каждого сотрудника, что приводит к повышению профессионального стресса.

В одной из сети аптек было проведено исследование, которое показало следующие результаты: большинство работников (83,3%) считают свою работу стрессовой, а 9,5% руководителей оценивают её как наиболее сильный стрессовый фактор в жизни [2]. Данные результаты свидетельствуют о высокой психоэмоциональной напряженности, сопровождающей работу фармацевтов. Регулярное взаимодействие с посетителями, включая конфликтные ситуации, оказывает негативное влияние на эмоциональное состояние сотрудников. Всё это может привести к таким последствиям, как: бессонница, депрессивные состояния, нервное истощение, повышенная раздражительность, тревожность, снижение мотивации к трудовой деятельности и общее разочарование в профессиональной сфере. Изменённое психоэмоциональное состояние может сказываться не только самих работников, но и на окружающих, например, на коллегах, посетителях или членах семьи работника. В целом, говоря о таких последствиях, важно отметить, что сотрудникам может потребоваться не только психологическая помощь, но и медикаментозная.

В другом исследовании аптечной сети провели опрос, который показал, что фармацевты в большинстве случаев страдают бессонницей и нарушением сна. Сотрудники аптечных организаций жаловались на повышенную утомляемость, раздражительность, головную боль. Основной причиной считается переутомление на работе, отсутствие полноценного обеденного перерыва и сбалансированного питания, неудобная рабочая поза [3].

При изучении питания исследование показало, что 66% фармацевтов приносит еду из дома, завтракают и обедают дома – 8%, покупают еду в магазине – 5% и не обедают – 5%. Многие принимают пищу беспорядочно: чередуют длительные перерывы с последующей массивной пищевой нагрузкой в вечернее время [4].

На рис. 1 представлены наиболее распространенные факторы риска, влияющие на профессиональное выгорание фармацевтов.

Особое внимание следует уделить регулярному напряжению органов зрения у фармацевтических работников. Профессиональная деятельность фармацевтов на 80% связана с использованием компьютерной техники: формирование чеков, внесение данных о товарах в электронную систему. Длительная работа за монитором может привести к ухудшению зрения, развитию близорукости. В основном близорукость развивается из-за нескольких факторов. Первым является работа с изображениями и шрифтами маленьких размеров, что вынуждает работников сокращать допустимое расстояние от глаз до монитора. Вторым фактор – недостаточная или излишняя освещенность.

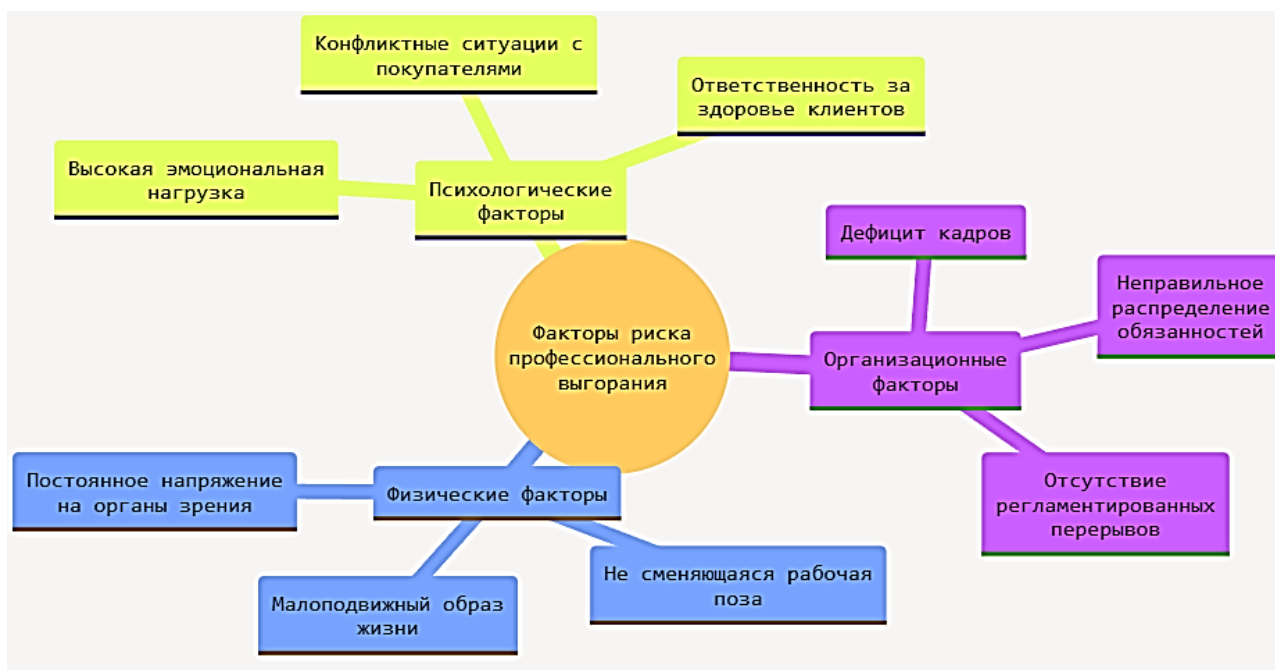


Рис. 1. Факторы риска профессионального выгорания фармацевтов

Для минимизации негативных последствий на органы зрения необходимо внедрить комплекс профилактических мероприятий.

В первую очередь следует регламентировать режим труда и отдыха, предусматривая обязательные перерывы для полноценного приема пищи в течение 12-часовой рабочей смены. Недостаток сбалансированного питания снижает как работоспособность сотрудников, но и усиливает раздражительность и утомляемость.

Вторым, менее бюджетным вариантом является внедрение услуг корпоративного психолога. Регулярные консультации со специалистом помогут фармацевтам эффективно справляться с психоэмоциональным напряжением, более спокойно решать конфликтные ситуации с посетителями.

Для поддержания состояния органов зрения у сотрудников необходимо создать оптимальные условия естественного и искусственного освещения, которые учитывали бы характер выполняемой работы и обеспечивали возможность видеть мелкие детали без напряжения зрения [5]. Помимо регулирования освещения, сотрудникам можно предоставить специализированные очки, которые будут защищать органы зрения от ультрафиолетового излучения, что также способствует более долгому сохранению зрения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство р 2.2.2006-05 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005)
2. Мальцева С.В., Лаврентьева Л.И. Стресс-менеджмент в деятельности современного фармацевтического работника // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. – 2013. – N 4 (21).
3. Вредные условия труда в аптечных организациях [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.informio.ru/publications/id1591/Vrednye-uslovija-truda-v-aptechnyh-organizacijah> (дата обращения 25.02.2025).
4. Антонова А.А., Яманова Г.А. Оценка условий труда фармацевтических работников // МНИЖ. – 2022. -№ 4-2. – С. 29–30.
5. Гигиена труда в аптечных организациях и на предприятиях фармацевтической промышленности: учеб.-метод. пособие / О. Н. Замбрицкий, Н. Л. Бацукова. – Минск: БГМУ, 2014. – 52 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРОМЫШЛЕННОГО АЛЬПИНИСТА

Цель работы состоит в создании метода использования цифровой модели для улучшения условий труда промышленных альпинистов и связи модели с метеорологическими данными местности. Данная цель была достигнута с использованием методов анализа, моделирования и обобщения.

Вопрос улучшения условий труда работников на высоте крайне важно исследовать, так как статистика травматизма с 2019 по 2024 года [1] показывает, что строительство является экономической деятельностью с наибольшим процентом несчастных случаев. Так же необходимо заметить, что по той же статистике основной причиной тяжёлых несчастных случаев является неудовлетворительная организация производства работ, но при этом основным типом несчастных случаев является падение при разности уровней высот. Проведя анализ можно сделать вывод, что необходимо улучшить организацию работ для людей, которые проводят высотные работы.

Задачи, поставленные в данном исследовании: проанализировать проведённые исследования в данной области, а также определить, какие основные факторы воздействуют на промышленного альпиниста и предложить метод использования цифровой модели здания для улучшения условий труда.

Был проведен обзор научной литературы по данному вопросу. В статье [2] было проведено исследование, которое показало, что проблема высокого уровня травматизма в строительной отрасли из-за падения с высоты – это проблема, распространённая во всём мире. При этом в открытых библиотеках отсутствуют статьи, связанные с улучшением труда именно промышленного альпиниста, большинство исследований рассматривают работы на высоте в целом, так же в Российском законодательстве присутствует федеральный закон [3] о работе на высоте, в котором находятся общие правила при работе на высоте. Так же в нём есть правила проведения определенных видов работ на высоте, но при этом работа промышленного альпиниста отдельно не указана, хотя работы с использованием средств подмащивания кардинально отличаются от работ без них. Можно сделать вывод, что проблема уже была освещена в научных исследованиях и нормативных документах, но при этом проблема остаётся не решённой.

Можно использовать несколько методов для уменьшения воздействий опасных факторов на промышленных альпинистов, например, ввести дополнительные проверки перед началом работы, добавить дополнительный бланк, которой нужно будет заполнять перед выполнением работы и оценивать условия труда с использованием бальной системы. [4] Данные методы могут помочь решить проблему, но самым эффективным будет являться использование цифровой модели здания для ознакомления работника с рабочим местом перед началом работы.

Цифровая модель – это трёхмерная модель объекта, представляющая в цифровом виде его физические, функциональные и иные характеристики. На её основе создаётся информационная модель, в которую добавляется информация о характеристиках материалов и эксплуатационные параметры такие как: пути, по которым будут проложены электрические провода, канализационные системы и вентиляционные шахты. С развитием технологий строительства цифровые модели будут созданы для каждого строящегося здания, при этом у цифровой модели почти отсутствует какое-либо практическое применение после окончания стройки. Чтобы этого не произошло, данную модель можно преобразовать и ввести в неё

метеорологические данные местности для наглядного представления и тогда её смогут использовать частные компании предоставляющие услуги по промышленному альпинизму.

Перед началом работы начальник смены должен будет зайти в базу данных, в которой будут храниться модели зданий, и, при наличии цифровой модели, проанализировать, на каких участках здания и когда будет безопаснее работать. Кроме самой модели необходимо экспериментальным путём определить при каких метеорологических параметрах возможно выполнять работы на высоте, ведь сейчас большинство компаний только при определённых параметрах скорости ветра запрещают работы, но при этом температура воздуха, которая будет воздействовать на работника, не нормируется и не учитывается ее негативное воздействие на работника. [5] Поэтому в данной модели должны быть указан параметр, рассчитываемый на основе температуры и скорости ветра и на его основе будет определяться, можно ли работать в данной части здания. Так же работникам будет крайне важно знать расположение электрических проводов и вентиляции, чтобы предотвратить их повреждение при проведении отделочных работ и иных видов работ.

В результате исследования можно сделать *вывод*, что существует множество способов, которыми можно воспользоваться, чтобы улучшить условия труда высотных работников и понизить частоту несчастных случаев. Теперь необходимо продвигать данные методы на предприятиях и возможно в ближайшем будущем травм связаны с падением с высоты станут меньше.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Состояние производственного травматизма за 2024. ВНИИ Труда Минтруда России – текст: электронный: [сайт] – 06.03.2025 – URL: <https://s.vcot.info/document/poleznoe/media/5/66d99c1a16c0e568797996.pdf>
2. Sabrina Santiago Oliveira, Willames de Albuquerque Soares, Bianca M. Vasconcelos. Fatal fall-from-height accidents: Statistical treatment using the Human Factors Analysis and Classification System – HFACS, Journal of Safety Research, Volume 86, September 2023, Pages 118-126
3. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации, Приказ от 16 ноября 2020 г. N 782н об утверждении правил по охране труда при работе на высоте
4. Ефремов С.В., Логвинова Ю.В., Полюхович М.А. Метод оценки производственной среды нестационарных рабочих мест // Безопасность жизнедеятельности. – 2020. – № 6 (234). – С. 8-12.
5. Drescher K., Janzen B. When weather wounds workers: The impact of temperature on workplace accidents, Journal of Public Economics Volume 241, January 2025, 105258

УДК 331.453

Е.В. Яковлева, М.О. Быков

ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ

Сельское хозяйство характеризуется высоким уровнем производственного травматизма. Несмотря на общее сокращение числа несчастных случаев, наблюдается рост тяжести травм. Среднее количество дней нетрудоспособности пострадавших работников составляет 45,9 дней, а в растениеводстве и животноводстве этот показатель достигает 50,4 дня.

Основной целью исследования является снижение травматизма, путем разработки программного обеспечения, основным принципом которого является распознавание объектов в опасных зонах. Внедрение этих принципов в системы безопасности АПК позволяет значительно снизить риск травматизма и повысить уровень защиты работников.

Для оценки эффективности разрабатываемой системы был проведен эксперимент. На базе НОПЦ «Интеграция» в с. Лаврово Орловской области. В качестве площадки были использованы объекты на территории НОПЦ и также сельскохозяйственная техника в период

полевых работ (рис. 1). Материал для эксперимента был собран с помощью камер установленных статично в опасных зонах, на сельскохозяйственной технике, в кабинах тракторов и комбайнов. Материал, собранный в качестве исследуемого, приводился к общему виду: битрейт 30 кадров/сек, разрешение 640x480 пикселей, формат видео mp4. Данный видеоматериал покадрово предоставлялся нейросети для распознавания в нем силуэтов человека внутри опасной зоны. В качестве объекта исследования выступало процентное соотношение «распознанных» кадров к «нераспознанным» при эмпирической оценке обязательного наличия в кадре человека.



Рис. 1. Слепая зона жатки комбайна

С учетом специфики труда в агропромышленном комплексе, где существенную часть времени присутствует высокий уровень фонового шума, реакцию работника можно охарактеризовать как дифференцированная реакция простого выбора. Дифференцированная реакция простого выбора может использоваться для измерения различных когнитивных процессов, включая восприятие, внимание, память и принятие решений. Результаты могут быть использованы для определения, насколько хорошо человек способен различать стимулы и сравнивать их, а также для диагностики когнитивных расстройств или дефицитов в некоторых когнитивных функциях.

Работник реагирует на стимулы определенного типа и игнорирует все остальные. Время этой реакции увеличивается за счет появления этапа дополнительной переработки информации (эту центральную задержку можно обозначить как время когнитивных процессов) Этот этап связан в основном с процессами опознания, отнесения стимула к определенной группе, категории. Согласно исследованиям, скорость дифференцированной реакции простого выбора человека 300–550 мс.

В рамках разработки новых решений для обеспечения безопасности в вышеуказанных отраслях происходит разработка программного продукта видеофиксации и мониторинга опасных зон. Эффективность данного программного продукта заключается в автоматизации процесса анализа потенциально опасных сценариев внутри заранее обозначенных опасных зон, а также автоматизации управления движущимися частями механизмов с целью их останова. Реализация продукта подразумевается путем оснащения тяжелой сельскохозяйственной техники, а также стационарных опасных зон видеокамерами, осуществляющими мониторинг опасных зон вблизи вышеупомянутой техники.

Достаточное быстроедействие и эффективность программного продукта основывается на качестве алгоритмов распознавания объектов. Программные решения и библиотеки для реализации подобных алгоритмов имеют открытый исходный код и свободно распространяются в сети Internet для решения различных прикладных задач, таких как распознавание текста, речи, объектов на видео и т.д.



Рис. 2. Распознавание объекта в опасной зоне маневрирующей техники при низкой освещенности

Самые распространенные из них: TensorFlow, Keras, Theano, PyTorch. Для решения задач в области компьютерного зрения существуют специализированные библиотеки: OpenCV, NumPy, Pillow. В данной статье производится оценка эффективности применимости библиотеки OpenCV для решения задач распознавания объектов в условиях, приближенных к условиям мониторинга опасных зон вблизи тяжелой сельскохозяйственной техники (рис. 2–4).

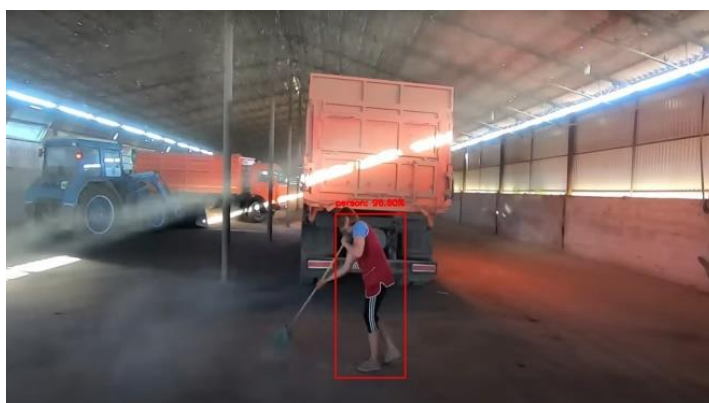


Рис. 3. Распознавания объекта в условиях повышенной запыленности



Рис. 4. Распознавание нескольких объектов в условиях низкой освещенности

В качестве результатов эксперимента можно рассмотреть зависимости успешно распознанных кадров к общему количеству кадров полученных нейросетью. Данная зависимость может быть обозначена как эффективность распознавания. Результатами

эксперимента также являются определение зависимости данной эффективности от сопутствующих осложняющих факторов (запыленность, освещенность, тряска и т.д.).

Разработка системы, основанной на предобученной нейронной сети для распознавания человеческого силуэта в опасных зонах, представляет собой важный шаг в повышении безопасности на производственных объектах, особенно в сельском хозяйстве.

Основой системы является нейронная сеть, обученная на различных данных о человеческих силуэтах и их частях. Для повышения точности распознавания можно использовать методы увеличения данных (data augmentation), чтобы модель могла справляться с различными условиями. Камеры должны быть устойчивыми к внешним воздействиям, таким как пыль, дождь и механические повреждения. Использование камер с защитой по стандарту IP67 или выше может быть целесообразным. Система должна включать механизмы, которые будут оповещать операторов о выявлении человека в опасной зоне. Это могут быть звуковые сигналы, визуальные индикаторы или интеграция с системами управления. Для работы в удаленных или труднодоступных местах система должна быть автономной, возможно, с использованием солнечных панелей или аккумуляторов. Выбор компонентов, способных работать в широком диапазоне температур и устойчивых к механическим воздействиям, критически важен для надежности системы.

Применение методов предобработки изображений, таких как фильтрация и улучшение контрастности, может помочь улучшить качество входных данных для нейронной сети. Проведение тестов в реальных условиях для оценки эффективности распознавания в различных сценариях (разные уровни освещенности, запыленность, тряска) поможет выявить слабые места системы и внести необходимые корректировки.

Разработка такой системы требует междисциплинарного подхода, включая знания в области компьютерного зрения, программирования, аппаратного обеспечения и безопасности. Успешная реализация проекта может значительно повысить уровень безопасности на производственных объектах и снизить риски для работников [2]. Система подразумевает установку камер видеонаблюдения и вычислительных блоков как внутри статичной опасной зоны (цех, зерновые бункеры, зоны вблизи ленточных транспортеров), так и на корпус, и внутрь кабины габаритной сельскохозяйственной техники [3].

Проведенный анализ результатов опыта, показал значительное снижение потенциально травмоопасных случаев за счет автоматического отключения механизмов внутри опасной зоны. Программа может быть использована во множестве случаев, где необходим контроль слепых зон и присутствия в них человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Яковлева Е.В., Быков М.О. Система автоматизированного мониторинга опасных зон / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021668386, 15.11.2021. Заявка № 2021667803 от 09.11.2021.
2. Быков М.О., Яковлева Е.В., Машкарин А.В. Оценка автоматизации контроля опасных зон АПК при внедрении технологий искусственного интеллекта / Сборник трудов Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР). Материалы Молодежной программы 25-ой Международной специализированной выставки и Форума «Безопасность и охрана труда» БИОТ-2021. Москва, 2021. С. 214–217.
3. Быков М.О., Яковлева Е.В. Средства коллективной защиты применимые при автоматизации контроля опасных зон агропромышленности / В сборнике: Безопасный и комфортный город. материалы VI Международной научно-практической конференции. Орёл, 2023. С. 518–522.
4. Фролов А.С., Машкарин А.В., Яковлева Е.В. Устройство цифровых систем обучения по охране труда / В сборнике: Трансформация промышленной безопасности и охраны труда на производстве. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны труда. Орел, 2022. С. 33–42.
5. Зайцев А.В., Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Время реакции в теоретических и прикладных исследованиях / Психологический вестник Уральского государственного университета. Уральская ассоциация высшего гуманитарного и социально-политического образования. Екатеринбург, 2002, С. 3–20.

СЕКЦИЯ «ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ»

УДК 343.9:543.424

А.В. Бякова, С.Г. Ивахнюк, В.С. Шарапов
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДОВ ТЕРМИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА МЕТОДОМ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Целью исследования является экспериментальное обоснование возможностей определения следов взрыва на поверхности металлических конструкций воздушного судна.

Ежегодно в мире происходит до 200 авиационных происшествий, в 80% случаев они приводят к гибели или пропаже без вести людей, находившихся на борту судна [1].

В последние годы участились случаи катастроф, связанных с внешним воздействием (боевые действия или террористический акт), ярким примером служит, самая крупная в истории российской гражданской авиации, трагедия, произошедшая 31 октября 2015 г. над Синайским полуостровом. Террористический акт, выразившийся в подрыве самодельного взрывного устройства на борту самолёта, забрал жизни 217 пассажиров и 7 членов экипажа.

Ещё одним примером является ситуация, произошедшая 3 июля 1988 г. Экипаж американского крейсера «Vincennes» перепутал пассажирский самолёт с иранским истребителем. Связаться с экипажем судна не получилось, после чего военными была выпущена зенитная ракета, самолёт разрушился ещё в воздухе, никто из 290 человек, находящихся на борту, не выжил [2].

На территории Российской Федерации расследование происшествий и установление причины крушения авиатранспорта осуществляется службой безопасности полётов авиации вооружённых сил РФ.

Существует достаточно большое количество методов диагностирования следов взрывчатых материалов на бортах авиационных средств (хроматография, инфракрасная спектроскопия, капиллярный электрофорез), однако все эти методы связаны с отбором проб, проведением достаточно сложных исследований, что не всегда возможно провести в оперативные сроки и с достаточной точностью. В последние годы широко используются методы неразрушающего контроля, которые позволяют дать характеристики следов веществ и материалов непосредственно в зонах, где произошла аварийная ситуация. К таким методам относится метод рамановской спектроскопии.

Методы рамановской спектроскопии используются в экспертно-криминалистических деятельности для идентификации веществ и материалов, анализа следов на месте происшествия, определения происхождения материала, обнаружения скрытых или изменённых следов. Преимуществами данного метода является: высокая точность и чувствительность, возможность анализа микроколичеств вещества, неразрушающий характер метода, быстрота получения результата, возможность автоматизации и стандартизации [3].

В качестве материалов для исследования использовались титановые и дюралюминиевые пластины, идентичные конструкциям авиационной техники, подверженные взрывному воздействию заряда бризантного взрывчатого вещества. Исследование проводилось на установке «NTEGRA Spectra», на универсальной измерительной головке «SNA&AFM», с длиной волны лазера 633 и 532 нм. Результаты исследования показали, что на образцах,

подверженных взрывному воздействию, регистрировался дополнительный пик с максимумом 1324 см^{-1} , которые отсутствовали в контрольных образцах (рис. 1) [4].

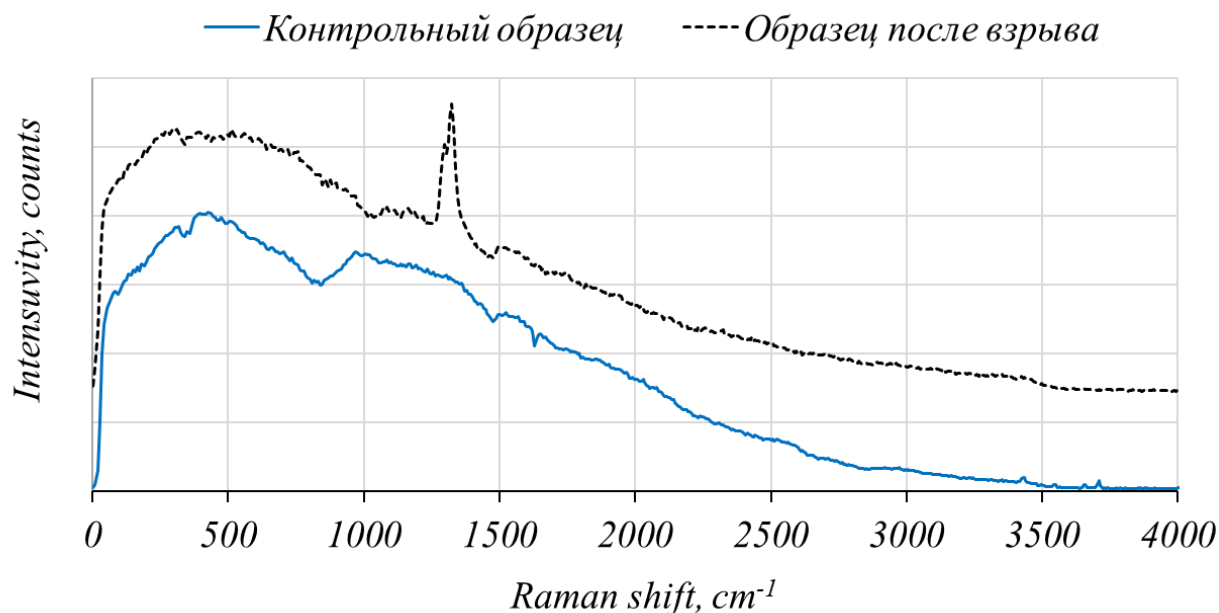


Рис. 1. Результаты исследований

Данные спектры, согласно исследованиям [5, 6] соответствуют валентным колебаниям карбида титана, которые возникают в условиях взрыва.

Полученные результаты говорят о возможности применения метода рамановской спектроскопии для диагностирования следов применения взрывчатых веществ на поверхности металлических конструкций воздушного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Moradi M., Ahmadvand A. M., Samadi-Foroushani M. Air Disaster System Dynamics Analysis to Develop Policies to Prevent Accidents Based on Upgrade Flight Safety // Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly). – 2024. – Т. 14. – №. 3. – С. 7–7
2. Сладкова Л.А. Анализ статистики авиакатастроф // Научные достижения и открытия 2019. – 2019. – С. 18–25.
3. Жигалов Н.Ю., Гольчевский В.Ф., Бадзюк И.Л. Современные возможности применения рамановской спектроскопии в экспертных исследованиях веществ и материалов // Вестник Московского университета МВД России. – 2017. – №. 2. – С. 14–17.
4. Amer M. et al. The Raman spectrum of Ti 3 SiC 2 // Journal of Applied physics. – 1998. – Т. 84. – №. 10. – С. 5817–5819.
5. Sánchez-López J. C. et al. Tribological behaviour of titanium carbide/amorphous carbon nanocomposite coatings: from macro to the micro-scale // Surface and Coatings technology. – 2008. – Т. 202. – №. 16. – С. 4011–4018.
6. Polini R. et al. Raman spectroscopy characterization of diamond films on steel substrates with titanium carbide arc-plated interlayer // Thin Solid Films. – 2006. – Т. 515. – №. 3. – С. 1011–1016.

ТРЕБОВАНИЯ ВРЕМЕНИ И НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ МОДЕЛИ ДЕТСКОГО ПРОТИВОГАЗА

Цель работы: создание более эргономичной модели противогаза для детей.

Задачи:

1. Проанализировать особенности детей дошкольного возраста, которые должны быть учтены при разработке модели;
2. Проанализировать существующие модели противогазов;
3. Предложить примерный вид противогаза с учетом полученной информации.

Вопрос создания новых средств индивидуальной защиты органов дыхания для детей в наше время все более актуален. Растущее число техногенных и экологических катастроф, применение новых отравляющих веществ и напряженная политическая обстановка могут потребовать использования СИЗ. Особые потребности детей в этом аспекте требуют разработки уникальных решений, которые обеспечат не только защиту, но и комфорт и свободу передвижения. Исследования по разработке и совершенствованию детских противогазов имеют решающее значение для безопасности и здоровья подрастающего поколения [1].

Противогазы – это средства индивидуальной защиты органов дыхания, кожи лица и глаз от вредных веществ, которые находятся в воздухе. Они защищают от отравляющих веществ, испаренных в воздухе в результате катастроф и техногенных аварий при чрезвычайных ситуациях и военных конфликтах. Противогазы являются частью необходимого снаряжения для представителей ряда военных и гражданских специальностей, деятельность которых подразумевает контакт с опасными токсичными веществами. Их используют для защиты от аэрозолей, радиоактивных и бактериологических веществ, а также от токсичных газов. Они необходимы и широко используются как в военной, так и в гражданской сферах, промышленности и медицине [2].

Необходимость в создании противогазов возникла с тех пор, как человек начал применять химическое оружие [3], возникла необходимость в средствах защиты кожи, глаз и органов дыхания. В качестве наиболее эффективной защиты используют противогазы. В наши дни создано много эффективных и надежных моделей взрослых противогазов. [2]. Однако при большом разнообразии моделей противогазов для взрослых детские противогазы не имеют такого широкого ассортимента.

Использование существующих моделей противогазов детьми также сопряжено с различными трудностями, включая психологический и физический дискомфорт, из-за которого дети не могут носить устройства долго.

Физический дискомфорт обусловлен неудачной эргономикой устройств, а именно ограниченным полем зрения, массой противогаза, особенно нагружающей голову, помехами в приеме и передаче звуковой информации и освояемостью средства. Психологический дискомфорт обусловлен устрашающим видом детских противогазов, который вызван отталкивающим черным цветом и самим видом резиновой маски. Помимо этого, также стоит учитывать, что противогазы должны быть изготовлены из материалов, которые будут учитывать особенность детской кожи, склонной к аллергиям, и не терять свойств необходимых для сохранения эффективности защиты органов дыхания. Они должны легко надеваться на детей и иметь регулируемый размер [4].

Обобщая, получаем следующий список требований к разрабатываемой модели:

1. Хороший обзор
2. Легкий вес
3. Дизайн, не вызывающий психологического дискомфорта у детей
4. Гипоаллергенные материалы
5. Возможность легкого надевания на ребенка
6. Регулируемый размер

За последние 50 лет были выпущены такие модели как ДП-6 м (детский противогаз, тип 6), ДП-6 (детский противогаз, тип 6), ПДФ-7 (противогаз детский фильтрующий, тип 7), ПДФ-Д и ПДФ-Ш (противогаз детский фильтрующий, дошкольный или школьный), но они устарели и больше не производятся. А значит стоит рассмотреть более новые модели.

В данный момент существует всего две модели детских противогазов, которые пришли на смену упомянутым выше – БРИЗ-Д и ПДФ-2 (в версиях ПДФ-2Д для дошкольников и ПДФ-2Ш для детей школьных возрастов). Несмотря на свою эффективность, они имеют ряд недостатков. В их числе, например, отталкивающий черный цвет для маленьких детей, неудачная эргономика, плохой обзор и сложности с надеванием на маленьких детей [5]. В таблице 1 представлен анализ соответствия существующих моделей детских противогазов требованиям, выделенным при рассмотрении психологических и физиологических особенностей детей.

Таблица 1 – Соответствие существующих моделей противогазов физиологическим и психологическим особенностям при применении на детях

	БРИЗ-Д	ПДФ-2
Относительно небольшой вес устройства (700–950 г)	+	+
Герметичность	+	+
Хороший обзор	+	–
Легкость надевания на ребенка	–	–
Регулируемость устройства по размеру головы	+	+
Дизайн не вызывающий психологический дискомфорт у детей	–	–

Для создания новой модели противогаза требуется усовершенствование основных узлов существующих противогазов. Решение проблемы не ограничивается заменой плотных пугающих масок на менее устрашающие капюшоны, как у самоспасателей. Появляется сложность в достижении герметичности и надежности.

Основной концепцией предлагаемого решения является использование в качестве базовых прототипов самоспасателя и противогаза для переноса раненых, представленных на рисунках 1 и 2.



Рис. 1. Самоспасатель



Рис. 2. Противогаз для переноса раненых

Самоспасатель характеризуется расширенным полем обзора и эффективной системой фиксации, что обеспечивает удобство эксплуатации. Обтюратор данного устройства выполнен в форме эластичного диска, однако его коэффициент подсоса превышает допустимые значения, требуемые для стандартных противогазов. Важным преимуществом самоспасателя является его ярко-желтый цвет, который, в отличие от черного цвета существующих моделей детских противогазов, вызывает меньше психологического дискомфорта у детей, что способствует повышению уровня их готовности к использованию средства индивидуальной защиты.

Противогаз, предназначенный для переноса раненых, оснащен обтюратором из тонкого латекса, который плотно прилегает к шее, что обеспечивает высокую степень герметичности. Как и в случае с самоспасателем, данное устройство отличается простотой надевания и наличием системы регулировки размера посредством ремней, позволяющих адаптировать его к различным размерам головы носителя. Однако, несмотря на свою эффективность, противогаз обладает ограниченным полем обзора, а его внешний вид может вызвать у детей психологический дискомфорт.

Для разработки новой модели целесообразно использовать основные преимущества данных моделей. Однако реализация данной задачи усложняется спецификой целевой группы – детей дошкольного возраста. В частности, при использовании обтюлятора, аналогичного представленному на рисунке 2, для обеспечения эффективной герметизации у детей данной возрастной группы потребуется значительное уменьшение диаметра проема в тонком латексном элементе. Возникает вопрос о сохранении целостности материала при эксплуатации, особенно в процессе надевания, что требует дополнительных экспериментальных исследований для оценки его долговечности и надежности.

Значение СИЗ для детей трудно переоценить. Они не только защищают детей от возможных опасностей, но и формируют их понимание важности личной безопасности. Внедрение культуры с использованием средств индивидуальной защиты с раннего возраста помогает детям понять риски, связанные с различными внешними факторами. Менее пугающая яркая и более эргономичная модель сделает ношение, применение противогаза и обучение детей более простым и комфортным. Разрабатываемая модель будет учитывать особенностей детей дошкольного возраста и в будущем может стать перспективной альтернативой существующим устройствам, обеспечивая как высокий уровень защиты, так и удобство эксплуатации.

Вывод: в ходе исследования было установлено, что для разработки эффективной модели детского противогаза необходимо учитывать физиологические и психологические особенности детей. За основу для модели стоит взять самоспасатель и противогаз для переноса раненых, как более подходящие варианты для создания более эргономичной модели детского противогаза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Узун О.Л., Климова И.В. Разработка средства индивидуальной защиты и системы цифрового контроля перемещения и состояния ребенка при чрезвычайной ситуации // Научный альманах. 2024. № 9-3 (119). С. 50–53.
2. Противогаз – Новости – Главное управление МЧС России по Пермскому краю [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://59.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/3160193> (дата обращения: 06.03.2025).
3. Виды противогазов, назначение и маркировка [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://promza.ru/poleznaya-informacziya/protivogazy-istoriya-vidy-i-osobennosti/> (дата обращения: 06.03.2025);
4. Виды противогазов, назначение и особенности – характеристики в таблицах [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://taganai-avm.ru/blog/vidy-protivogazov-naznachenie-i-osobennosti/?ysclid=m7xcfhokty109884964> (дата обращения: 06.03.2025).
5. Детские противогазы: описание и виды | ГК Ростзащита [электронный ресурс] – Режим доступа: https://rostzaschita.ru/content/detskie_protivogazy_opisanie_i_vidy/ (дата обращения: 06.03.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Цель работы – рассмотрение существующих методов защиты промышленных зданий от прямого или осколочного попадания беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) и предложения по защите этих производственных объектов в зависимости от цели их использования.

Актуальность работы обоснована увеличением случаев атак БПЛА по объектам промышленного назначения и объектам инфраструктуры с последующими повреждениями и возгораниями. Так, 8 января 2025 года украинские БПЛА атаковали Саратовскую область Российской Федерации, после чего произошло возгорание на нефтебазе «Кристалл». А 24 января 2025 года средства ПВО за ночь перехватили 121 БПЛА над Брянской, Рязанской, Курской, Саратовской, Ростовской, Московской, Белгородской, Воронежской, Тульской, Орловской и Липецкой областями, а также над Крымом и Москвой.

БПЛА – летательный аппарат, в котором внутри отсутствует пилот. БПЛА управляются удаленно, через средства передачи данных или программируются на определенные координаты. Для поражений объектов на малых дистанциях используются мультикоптеры, для дальних дистанций – самолетного типа. Они отличаются габаритами и весом, а также несущей способностью [1]. В таблице 1 приведена классификация тактических, стратегических и БПЛА специального назначения [2].

Таблица 1 – Классификация БПЛА по летным параметрам

Класс	Категория	Взлетная масса, кг	Дальность полёта, км	Высота полёта, м	Продолжительность полёта, ч
Тактические БПЛА	Легкие (контроль авангарда)	25–150	10–30	3000	2–4
	Легкие (малая дальность полёта)	50–250	30–70	3000	3–6
	Средние	150–500	70–200	5000	6–10
	Средние (большая продолжительность полета)	500–1500	>500	8000	10–18
	Маловысотные (проникновение)	250–2500	>250	50–9000	0,5–1
	Маловысотные (большая продолжительность полёта)	15–25	>500	3000	>24
	Средневысотные	1000–1500	>500	5000–8000	24–48
Стратегические БПЛА	Высотные (большая продолжительность полета)	2500–5000	>2000	20000	24–48
	Боевые (ударные)	>1000	1500	12000	2
БПЛА специального назначения	Оснащенные боевой частью	–	300	4000	3–4
	Ложные цели	150–500	0–500	50–5000	<4
	Стратосферные	>2500	>2000	>2000	>
	Экзостратосферные	–	–	>30500	–

БПЛА несут угрозу зданиям и сооружениям, их конструкциям и основаниям [3, 4]. Особое внимание уделяется защите зданий, которые работают в целях обеспечения безопасности государства и жизнедеятельности людей. На таких сооружениях применяется ряд защитных систем, таких как системы радиоподавления, обнаружения и идентификации дронов, а также способы физической защиты: пластиковые и металлические сетки [5], решетчатые экраны, бетонные конструкции, кевларовые сети. Поверх защитных сетей укладывают маскировочные сети для минимизации риска обнаружения объекта. Сочетание разных методов защиты позволяет обеспечивать круглосуточную безопасность здания, минимизировать риски возникновения чрезвычайной ситуации и уменьшить потенциальный ущерб.

Способы защиты от БПЛА можно разделить на две большие группы: контактные и бесконтактные. Один из бесконтактных методов – радиоэлектронная борьба (далее – РЭБ). Системы РЭБ обнаруживают сигналы, которые издает БПЛА, и распознает частоты, на которых он работает. Далее создаются помехи на используемых дронами частотах, и после этого теряется связь между БПЛА и оператором. В итоге дрон либо становится неуправляемым и совершает непредсказуемые действия, либо происходит принудительная посадка, либо БПЛА автоматически возвращается в исходную точку отлета. Самым технически сложным итогом может стать перехват дрона, когда РЭБ-система отправляет ложные команды дрону, тем самым подменяет сигналы управления. Такие РЭБ-системы, в отличие от ПВО или стрельбы по дронам, более безопасны, так как после ликвидации БПЛА нет обломков, которые могут стать причиной возгораний на месте падения.

Следующим бесконтактным способом защиты от БПЛА является использование лазерных систем. Вывод дрона из строя происходит после точного наведения лазерного луча на наиболее уязвимые части дрона (камеры, аккумулятор, двигатель) и нагрева их до предельно критической температуры. Несмотря на высокие показатели точности и скорости, лазерные системы имеют свои недостатки в виде высокой стоимости разработки и производства, а также зависимости от погодных условий, так как дождь или туман могут рассеивать лазерный луч, тем самым снижать его эффективность.

Один из наиболее недорогих и популярных контактных способов защиты от дронов – это использование металлической сетки. С помощью опор сетку закрепляют над зданием или объектом повышенной важности. При столкновении с сеткой БПЛА либо застревает в ней, либо получает повреждения, которые препятствуют его дальнейшему полету. Также существуют сети из пластика и решетчатые экраны. Дроны-перехватчики представляют собой следующий контактный способ защиты промышленных объектов от БПЛА. После идентификации вражеского дрона они взлетают и физически перехватывают противника либо сетью, что дает возможность оставить дрон неповрежденным для дальнейшего его изучения, либо ударом.

На основании вышеперечисленных способов обеспечения безопасности промышленных зданий от БПЛА можно сделать следующий вывод: при выборе средств защиты от дронов следует опираться на степень необходимой защиты, которая зависит от тяжести последствий после попадания беспилотников или их обломков. Так, например, в зданиях промышленного назначения, которые не используют в своей деятельности опасные вещества, указанные в Приложении 2 к ФЗ-116 [6], в количествах, превышающих установленные пороговые значения, целесообразным решением будет минимизировать риски ущерба от разрушения отдельных частей здания, в особенности фасадных и стеклянных, после взрыва которых образуются осколки. Для этого устанавливаются защитная пленка на окна и стекла, решетка, а также проводится ряд работ по защитному озеленению. В зонах риска можно применять металлические сетки.

Для защиты предприятий, которые имеют класс повышенной опасности, следует выбирать комплексное решение в виде установки металлических сеток по всему периметру объекта, решетчатых экранов над особо опасными зонами, где может произойти возгорание, а также использовать один из бесконтактных способов защиты – системы РЭБ.

Таким образом, применяя изложенные ранее способы и методы защиты промышленных объектов от БПЛА, можно минимизировать последствия нанесения ущерба.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Филин Е.Д., Киричек Р.В. Методы обнаружения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов на основе анализа электромагнитного спектра // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 2. С. 87–93.
2. БПЛА: классификация, типы, сферы применения. [Электронный ресурс]. – URL: <https://3mx.ru/articles/bpla-konstruktsiya-tipy-sfery-primeneniya> (дата обращения: 05.03.2025).
3. Рябухин, А. К. Современные технические решения оснований автомобильных дорог / А.К. Рябухин, А.Ю. Маршалка, М.В. Чумак // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 178–180. – EDN HUCTMX.
4. Маций С.И. Актуальные проблемы совершенствования нормативной базы в области инженерной защиты / С.И. Маций, В.Г. Федоровский, А.К. Рябухин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2019. – № 4. – С. 25–29. – EDN RFRFXA.
5. Защита от БПЛА территорий и промышленных объектов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pro-geostroy.ru/uslugi/zashchita-ot-bpla> (дата обращения: 05.03.2025).
6. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. 08.08.2024).

УДК 614.0.06

М.И. Коленкова, М.Т. Пелех
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕЖСИСТЕМНЫЕ АВАРИИ: АНАЛИЗ АВАРИЙ КОТЕЛЬНЫХ В РОССИИ

Цель: провести анализ межсистемных аварий в России, связанных с котельными и инфраструктурой, выявить их основные причины и последствия.

Межсистемные аварии чаще всего возникают на стыке различных инфраструктурных систем, например, таких как: энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), транспорт. В условиях растущей урбанизации, они представляют собой одну из наиболее сложных проблем для современных городов [1]. В России такие аварии часто усугубляются климатическими условиями и износом оборудования. Для анализа межсистемных аварий были определены следующие критерии:

- территориальный признак – аварии, произошедшие в России;
- современность, так как аварии должны быть отобраны за последние 5–10 лет;
- причина аварии, то есть, что именно послужило инициирующим событием;
- межсистемный сбой;
- события, последовавшие после сбоя;
- выводы и меры, которые были предприняты [2].

Все результаты анализа представлены в таблице 1.

По итогам анализа были выявлены следующие причины:

- износ инфраструктуры: коррозия труб, просадка фундаментов, устаревшее оборудование;
- отсутствие объединенных систем водоподготовки и автоматики безопасности;
- климатические факторы: экстремальные температуры, паводки, обледенение;
- отсутствие резервирования: недостаток дублирующих систем энергоснабжения, систем водоподготовки, пожаротушения;
- человеческий фактор: нарушения при ремонте, недостаточный контроль за состоянием оборудования [3].

Таблица 1 – Анализ межсистемных аварий в России, связанных с котельными

№	Место происшествия	Причина аварии	Межсистемный сбой	Последствия	Выводы/Меры
1	Москва, ТЭЦ-22, 2016	Перегрузка энергосистемы → отключение трансформаторов → остановка насосов	Перегрев котлов	Аварийная остановка ТЭЦ, отключение горячей воды в нескольких районах	Недостаточная координация между энергетиками и службами ЖКХ, переход на резервную систему
2	Новосибирск, 2018	Прорыв теплотрассы → затопление подземной кабельной сети	Отключение электричества в котельных	Остановка 12 котельных, 50 тыс. человек остались без отопления в -30°C	Перекладка тепловых и электрических сетей с разделением инфраструктурных зон
3	Пермь, 2019	Сбой системы водоснабжения → использование неочищенной воды в котлах	Коррозия труб → разрыв парогенератора	Выброс пара, ожоги у 3 работников, остановка подачи тепла в детские сады	Необходимость интеграции систем водоподготовки и автоматики безопасности
4	Норильск, ТЭЦ-3, 2020	Разрушение резервуара с дизельным топливом из-за коррозии и просадки фундамента	Утечка топлива → загрязнение почвы и рек → отказ системы экологического мониторинга	Крупнейший разлив нефтепродуктов в Арктике, ущерб экологии – 148 млрд рублей	Недостаточная интеграция систем промышленной безопасности и экологического контроля
5	Владивосток, ТЭЦ, 2020	Короткое замыкание в электросети → возгорание кабельных трасс	Отказ системы пожаротушения (нехватка воды из-за аварии на водоканале)	Частичное разрушение ТЭЦ, перебои с электроснабжением порта	Создание резервных водохранилищ для систем пожаротушения
6	Красногорск, больница, 2021	Отключение электроэнергии из-за аварии на подстанции → остановка котельной	Сбой системы отопления и вентиляции	Эвакуация пациентов реанимации, угроза жизни из-за переохлаждения	Установка резервных генераторов и переход на автономные системы жизнеобеспечения
7	Шахты, 2022	Утечка газа из-за коррозии трубопровода и нарушений при ремонте	Отказ газовой системы → взрыв → разрушение электросетей и систем связи	5 погибших, 15 пострадавших, отключение отопления в части города	Отсутствие резервирования газовых магистралей и автоматических блокировок
8	Якутск, 2023	Экстремальные морозы (-55°C) → обрыв ЛЭП → остановка котельных	Разморозка систем отопления жилых домов	Разрушение 200 м теплотрасс, эвакуация жителей	Внедрение морозоустойчивых материалов и дублирующих линий энергоснабжения

Меры необходимые для предотвращения подобных ситуаций: систему для 1 случая – недостаточная координация между энергетиками и службами ЖКХ, переход на резервную систему; для 2 случая – перекладка тепловых и электрических сетей с разделением

инфраструктурных зон; для 3 случая – необходимость интеграции систем водоподготовки и автоматики безопасности; для 4 случая – необходимость интеграции систем промышленной безопасности и экологического контроля; для 5 случая – создание резервных водохранилищ для систем пожаротушения; для 6 случая – установка резервных генераторов и переход на автономные системы жизнеобеспечения; для 7 случая – создание резервирования газовых магистралей и автоматических блокировок; для 8 случая – внедрение морозоустойчивых материалов и дублирующих линий энергоснабжения [4, 5].

Таким образом, можно сделать вывод, что межсистемные аварии в России, связанные с котельными, представляют собой угрозу для безопасности и устойчивости городского хозяйства и инфраструктуры города. Существует необходимость в принятии мер по предотвращению подобных ситуаций, а также в своевременном реагировании на вызовы, предшествующие авариям. Итоги, полученные в ходе анализа, могут способствовать предотвращению последующих возможных аварий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лесных В.В. Методические аспекты анализа риска межсистемных аварий : монография / В.В. Лесных, Т.Б. Тимофеева. – Москва; Вологда: ИнфраИнженерия, 2024. – 140 с
2. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.08.2024) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/
3. Юшкевич Д.П. Анализ аварий и основных причин возникновения аварийных ситуаций в котельной // Вестник магистратуры. 2017. №7 (70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-avariy-i-osnovnyh-prichin-vozniknoveniya-avariynyh-situatsiy-v-kotelnoy> (дата обращения: 07.03.2025).
4. Калутин М.Н. Автоматизированная система управления безопасностью в котельной // Фундаментальные исследования. – 2014. № 8-5. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34714> (дата обращения: 07.03.2025). С. 1043–1047;
5. Емельянова В.А., Соколова Е.В. Исследование риска аварий на объекте теплоснабжения и разработка комплекса мероприятий по повышению безопасности его функционирования // Проблемы анализа риска. Т. 17. 2020. № 3. С. 44–55

УДК 614.8

И.Н. Кондинский, Н.А. Чумаков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ДЕЛОВЫЕ КАЧЕСТВА РАБОТНИКОВ КАК ФАКТОР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Исследования в области профессионально важных качеств работников, задействованных в экстремальных и потенциально опасных ситуациях, показывают, что успешное принятие решений в ЧС зависит не только от технической подготовки, но и от личностных характеристик и когнитивных способностей сотрудников.

Цель работы – основываясь на сравнительном анализе данных по чрезвычайным ситуациям и анализа научной литературы, дать оценку влияния некоторых профессиональных качеств на оперативность принятия решений руководителей и сотрудников спасательных организаций при ликвидации чрезвычайных ситуаций. В работе рассмотрены наиболее важные из них:

- стрессоустойчивость;
- когнитивные функции;
- способность к командной работе;
- навыки анализа рисков и выбора оптимальной стратегии реагирования.

Стрессоустойчивость, самоконтроль и способность к быстрой адаптации к экстремальным условиям являются важными факторами, обеспечивающими эффективность принятия решений при ЧС [1]. Работники, обладающие этими качествами, лучше справляются с паникой, сохраняют способность к логическому анализу и следуют протоколам безопасности даже в условиях повышенного давления. Это подтверждается исследованиями личностных качеств специалистов опасных профессий, где выявлено, что склонность к риску, рациональное мышление и работа в команде определяют успешность действий при чрезвычайных обстоятельствах [2]. Важную роль играет уверенность в своих действиях, поскольку нерешительность или чрезмерная осторожность могут привести к задержкам в реагировании [3]. При этом личностно-профессиональная надежность складывается не только из индивидуальных психологических характеристик, но и из опыта работы в стрессовых условиях, что подчеркивает необходимость регулярных тренировок и симуляций ЧС [4].

Помимо стрессоустойчивости, большое значение имеют когнитивные функции, такие как внимание, память, быстрота мышления и способность к анализу ситуации [5]. Работники, способные быстро перерабатывать информацию и оценивать риски, принимают более обоснованные решения, что особенно важно на химическом производстве, где малейшая ошибка может привести к серьезным последствиям. Исследования показывают, что работники пожарно-спасательных формирований, регулярно проходящие тренировки по быстрому анализу и принятию решений в условиях дефицита времени, демонстрируют более высокую эффективность в критических ситуациях [6]. Этот опыт можно адаптировать для подготовки персонала химических предприятий.

Способность к командной работе и коммуникации также играет ключевую роль. Исследования специалистов в области пожарной безопасности показывают, что работники, обладающие гибкостью мышления и навыками взаимодействия, лучше координируют свои действия и избегают хаоса при ликвидации ЧС [7]. В этом контексте особенно важно учитывать человеческий фактор в профилактике профессиональных рисков, поскольку именно ошибки персонала являются причиной большинства аварий.

Эффективное принятие решений невозможно без навыков анализа рисков и выбора оптимальной стратегии реагирования. Теория принятия решений показывает, что персонал, обладающий четкими алгоритмами действий, быстрее оценивает ситуацию и действует более эффективно. Это подтверждается исследованиями в области управления рисками техногенных катастроф, где отмечается, что сочетание технической подготовки и развития профессионально важных качеств снижает вероятность аварий.

Таким образом, эффективность принятия решений в ЧС определяется сочетанием рассмотренных профессиональных качеств, существенно влияющих на оперативность принятия решений руководителей и сотрудников спасательных организаций при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Развитие этих качеств возможно при целенаправленной системной подготовке, включающей, кроме фундаментального теоретического обучения, практические занятия в форме регулярных тренировок и психологическую подготовку сотрудников на основе моделирования реальных аварийных ситуаций.

Выводы:

1. Материалы проведенного анализа дают подход к оценке работников, включающий тестирование стрессоустойчивости и когнитивных функций для прогнозирования эффективности их действий в ЧС.

2. Дальнейшие исследования могут быть направлены на создание системы оценки профессиональных качеств работников для прогнозирования их эффективности в аварийных условиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тищенко А.А. Профессионально важные качества спасателя, их роль в обеспечении успешной деятельности при ликвидации ЧС [Электронный ресурс]. – URL: <https://infourok.ru/professionalno->

- vazhnie-kachestva-spasatelya-ih-rol-v-obespechenii-ushpeshnoy-deyatelnosti-pri-likvidacii-chs-337868.html (дата обращения: 01.03.2025).
2. Лебедева И.О. Личностные качества специалистов опасных профессий: теоретический обзор // Молодой ученый. – 2021. – № 17 (359). – С. 342–344. – URL: <https://moluch.ru/archive/359/80229/> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Лыжин А.И., Юсупов Д.К. Профессионально важные качества и компетенции, обеспечивающие безопасность профессиональной деятельности // Профессиональное образование и рынок труда. – 2020. – № 3. – С. 20–28. – DOI: 10.24411/2307-4264-2020-10303.
4. Савинков С. Н. Личностно-профессиональная надежность в структуре профессиональных качеств специалиста МЧС России // Прикладная психология и педагогика. – 2020. – № 1. – С. 148–160. – DOI: <https://doi.org/10.12737/2500-0543-2020-148-160> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Гермацкая Е.И. Психологические аспекты профессионально важных качеств пожарных-спасателей // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-aspekty-professionalno-vazhnyh-kachestv-pozharnyh-spasateley> (дата обращения: 01.03.2025).
6. Осипов А.В. Профессионально важные качества сотрудников пожарно-спасательных формирований на разных этапах профессионального становления [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/professionalno-vazhnye-kachestva-sotrudnikov-pozharno-spasatelnykh-formirovaniy-na-raznykh-etapakh-professionalnogo-stanovleniya> (дата обращения: 01.03.2025).
7. Бочкарева Л.П., Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Гарькин И.Н., Тertyчная С.В. Профессионально важные качества будущих специалистов в области пожарной безопасности и возможности их формирования в вузе // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30298> (дата обращения: 02.03.2025).

УДК 614.8

А.А. Лазарева, В.В. Цаплин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СЦЕНАРИИ ВОЗМОЖНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ

Целью работы является потребность проанализировать содержание возможных причины возникновения и сценариев чрезвычайных ситуаций на судостроительном заводе с учётом террористической угрозы для выработки подходов к их локализации и ликвидации.

Чрезвычайные ситуации (ЧС) представляют собой неблагоприятные ситуации, возникающие в результате различных факторов, которые могут существенно угрожать жизни и здоровью людей, а также наносить ущерб окружающей среде и объектам хозяйственной деятельности [1]. Понимание сути этих явлений имеет значение для разработки эффективных механизмов реагирования, особенно в контексте организации взаимодействия между органами и силами, привлекаемыми к ликвидации ЧС.

Руководство заводов по строительству судов, которые относятся к объектам с повышенным уровнем риска, должны уделять особое внимание разработке четко структурированных планов и методик, направленных на минимизацию ущерба в случае возникновения различных аварийных ситуаций. Важнейшими составляющими этого процесса являются всесторонняя оценка имеющихся ресурсов, тщательное прогнозирование и анализ потенциальных чрезвычайных ситуаций, а также моделирование развития событий по наиболее неблагоприятному сценарию, что позволяет заранее предусмотреть и подготовиться к возможным трудностям [2, 3].

В исследовании рассматриваются некоторые из возможных чрезвычайных ситуаций и сценарии их развития на примере реальных производственных процессов Выборгского судостроительного завода. ПАО «Выборгский судостроительный завод» – одно из крупнейших судостроительных предприятий, расположенных в Северо-Западном регионе

России играет важную роль в экономике региона и страны в целом. В связи с возросшими требованиями к безопасности и эффективному управлению рисками по причинам реально существующей террористической угрозы, изучение возможных причин и последствий чрезвычайных ситуаций на данном предприятии становится актуальной задачей, в том числе и для судостроительной отрасли РФ в целом [4].

Сегодня нельзя не учитывать особые требования к изучению возможных причин и последствий чрезвычайных ситуаций на ОПО, создаваемых диверсионно-террористическими актами, связанными с несанкционированным проникновением на территорию банд-формирований, и с атаками беспилотных летательных аппаратов.

Для определения и детального изучения наиболее неблагоприятных сценариев развития чрезвычайной ситуации, необходимо, исходя из содержания производственных и технологических процессов, рассмотреть и представить в соответствии с требованиями НПА их возможные варианты [5, 6].

Основными источниками возникновения ЧС на опасных производственных объектах (далее ОПО) завода могут быть:

- опасные производственные объекты в сети газопотребления;
- опасные производственные объекты на площадке кислородной станции;
- опасные производственные объекты хранения нефтепродуктов;
- риск возникновения пожара на складских, административных и производственных объектах предприятия.

Перечень и содержание возможных групп сценариев обозначенных ЧС на опасных производственных объектах отображены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – 1-я группа: ОПО в сети газопотребления предприятия

№ сценария	Описание сценария	Последствия реализации сценария
C1.1	Внешнее механическое воздействие (в том числе террористический акт) на сети газопотребления предприятия	Повреждение здания газовой котельной; повреждение внутреннего газопровода и газового оборудования котельной, приводящей к утечке газа, образованию и взрыву газозвдушной смеси, и поражению персонала ударной волной
C1.2	Нарушение правил розжига в топке котла высокого давления в газовой котельной (как правило – это человеческий фактор)	Взрыв газозвдушной смеси с последующим разрушением корпуса котла, дальнейшим пожаром и; разрушение оборудования; термическое поражение персонала

Все вышеозначенные сценарии чрезвычайных ситуаций на ПАО «Выборгский судостроительный завод» существенно усугубляются угрозами реализации возможных террористических актов, предполагающими использование беспилотных средств не только против ОПО но и для других производственных объектов [7]. Эти ЧС могут содержать следующие процессы: Возникновение пожара в здании блока складов и в следствии распространение огня и токсичных продуктов горения вверх внутри и снаружи здания, соответственно последует повышение температуры воздуха в помещениях, образование задымления. Кроме того, современное существенное изменение природных и климатических условий следует рассматривать как реальную угрозу производственной деятельности предприятия вследствие массового распространения опасных заболеваний. Для территории города Выборга, где находится и проживает персонал ПАО «Выборгский судостроительный завод», наиболее характерными опасными инфекционными заболеваниями является корь и коронавирусная инфекция. Здесь также, ввиду особой важности для жизнедеятельности города Выборг ПАО «Выборгский судостроительный завод» как градообразующего предприятия, возможны террористические атаки с применением биологических средств распространения инфекций.

Таблица 2 – 2-я группа: ОПО на площадке кислородной станции

№ сценария	Описание сценария	Последствия реализации сценария
C2.1	Внешнее (непреднамеренное или преднамеренное, в том числе террористический акт) механическое воздействие или нарушение температурного режима хранения жидкого кислорода в изотермическом резервуаре	Резкое повышение температуры, адиабатическое расширение, приводящее к – взрыву криогенной массы; разрушению изотермического резервуара хранения жидкого кислорода, разливу жидкого кислорода и образованию взрывопожарной смеси жидкого кислорода с органическими веществами; взрыву смеси и пожару. Итогом этого сценария будет воздействие воздушной ударной волны и термическое воздействие на оборудование, строительные конструкции и поражение персонала
C2.2	Разрушение внутрицехового трубопровода газообразного кислорода (непреднамеренное или преднамеренное, в том числе террористический акт)	Распространение газообразного кислорода в помещении производственного блока; образованию взрывопожарной смеси вследствие взаимодействия кислорода с органическими веществами. Далее взрыв, пожар и итоговый результат это воздействие ударной волны, термическое воздействие на технологическое оборудование, строительные конструкции здания, поражение персонала

Таблица 3 – 3-я группа: ОПО на объектах хранения нефтепродуктов

№ сценария	Описание сценария	Последствия реализации сценария
C3.1	Внешнее (непреднамеренное или преднамеренное, в том числе террористический акт) механическое разрушение (разгерметизация) резервуара хранения запаса дизельного топлива для газовой котельной	Образование облака топливовоздушной смеси, его возгорание с образованием воздушной ударной волны, взрыв, как итог поражение персонала и технологического оборудования барическим воздействием
C3.2	Разрушение внутрицехового трубопровода газообразного кислорода (непреднамеренное или преднамеренное, в том числе террористический акт)	Распространение газообразного кислорода в помещении производственного блока; образованию взрывопожарной смеси вследствие взаимодействия кислорода с органическими веществами. Далее взрыв, пожар и итоговый результат это воздействие ударной волны, термическое воздействие на технологическое оборудование, строительные конструкции здания, поражение персонала

Проведённый в статье, на примере Выборгского судостроительного завода, подробный анализ основных источников возникновения ЧС и содержания сценариев их развития позволяет определить основу для деятельности органов управления предприятия во взаимодействии с органами организации управления ГО города, с местными и региональными структурами МЧС РФ в целях выработки мер по локализации и ликвидации возможных последствий ЧС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. 08.08.2024).
2. Оценка рисков в судостроении // Журнал Современные страховые технологии. URL: <https://consult-cct.ru/ocenka-riskov-v-sudostroenii?ysclid=m7wzaf5jk7520434288> (дата обращения: 03.03.2025).
3. Матвеев В.Н. Организация и ведение аварийно-спасательных работ; изд-во ОмГТУ, 2015. – 184 с.
4. Выборгский судостроительный завод // Выборгский судостроительный завод – официальный сайт. URL: <http://vyborgshipyard.ru/ru/articles/o-vyborgskom-sudostroitelnom-zavode> (дата обращения: 03.03.2025).
5. Ефремов С.В. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / С.В. Ефремов, В.В. Цаплин. – СПб.: Изд-во госархитектурно-строительного университета, 2010. – 264 с.
6. Об утверждении рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах. Приказ РОСТЕХНАДЗОРА от 26 декабря 2012 г. N 781.
7. Риски от беспилотных технологий: угроза атак с применением БПЛА возрастает [Электронный ресурс] – URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis/Drone-attacks#part2 (дата публикации: 07.06.2023 г.).

УДК 621.45

А.Г. Мамедова, И.В. Климова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РАКЕТНЫМ ТОПЛИВОМ

Цель: Анализ влияния компонентов ракетного топлива на окружающую среду и поиск возможных решений по минимизации негативных последствий.

Задачи: рассмотреть основные экологические последствия использования ракетного топлива, проанализировать недавние случаи загрязнения окружающей среды, предложить возможные решения для минимизации негативных эффектов.

Космическая отрасль стремительно развивается, и с каждым годом количество запусков ракет увеличивается. Космическая индустрия переживает бурный рост благодаря развитию частных компаний, таких как SpaceX, Blue Origin и Rocket Lab, а также увеличению государственных программ по освоению космоса. Только в 2024 г. было произведено более 263 [1] орбитальных запуска. С ростом частоты запусков усиливается и их влияние на окружающую среду. Однако этот прогресс сопровождается экологическими проблемами, связанными с использованием ракетного топлива. Запуски ракет приводят к выбросу в атмосферу различных химических соединений, загрязнению почвы и водоемов, а также накоплению космического мусора.

Основные компоненты ракетного топлива, такие как керосин, жидкий кислород, твердые и гидразиновые топлива, оказывают негативное влияние на окружающую среду. Одни из них приводят к образованию парниковых газов, другие – к выпадению токсичных осадков. В случае аварий воздействие на экологию может быть еще более значительным, так как несгоревшие остатки топлива попадают в атмосферу или оседают на поверхности Земли.

Ракетное топливо подразделяется на три основных типа: жидкое, твердое и гибридное. Каждый из них содержит химические компоненты, оказывающие негативное влияние на окружающую среду.

Жидкое топливо является самым распространенным. Одним из наиболее используемых его видов является смесь керосина и жидкого кислорода. Такой вид жидкого топлива применяется в ракетах Falcon 9, «Союз» и Electron. При сгорании топливо выделяет углекислый газ и водяной пар, что способствует парниковому эффекту, а в случае аварий несгоревший керосин может загрязнять почву и воду. Более экологичным вариантом

считается жидкий водород в сочетании с жидким кислородом. Основным продуктом его сгорания является водяной пар, однако производство водорода требует значительных энергетических затрат, что увеличивает углеродный след. Наибольшую опасность представляют гидразиновые топлива, такие как гидразин, монометилгидразин и азотный тетраоксид, используемые в ракетах «Протон-М» и двигателях коррекции спутников. Эти вещества чрезвычайно токсичны, канцерогенны и способны вызывать сильное загрязнение почвы и воды, а их испарения вредны для человека и экосистем [2].

Твердотопливные двигатели применяются в военной отрасли, космических шаттлах и некоторых коммерческих носителях. Они содержат перхлорат аммония в качестве окислителя и алюминиевое топливо. При сгорании такие двигатели выделяют хлористые соединения, разрушающие озоновый слой, а оксид алюминия, содержащийся в выбросах, может оседать в атмосфере и влиять на климатические процессы [3].

Гибридные двигатели, сочетающие жидкие и твердые компоненты (например, резиновое топливо с жидким кислородом), используются реже, но считаются более безопасными и экологичными. Их выбросы зависят от состава топлива, но в целом уровень загрязнения ниже, чем у жидких и твердых топлив.

Данные о неудачных запусках и их последствиях приведены в таблице ниже [4, 5].

Несмотря на то, что комбинация жидкого метана с жидким кислородом является самой экологичной по сравнению с традиционными видами ракетного топлива, она всё же не является полностью безвредной для окружающей среды. Процесс сгорания метана приводит к образованию углекислого газа, пусть и в меньшем количестве, чем при использовании керосина. Кроме того, при производстве и транспортировке метана возможны утечки этого газа, который является мощным парниковым веществом. Нужно минимизировать образование вредных примесей, используя, к примеру, водородное топливо, где жидкий водород будет сжигаться в комбинации с жидким кислородом, образуя в качестве продукта реакции только водяной пар.

Однако у использования водородного топлива есть свои сложности: его хранение требует экстремально низких температур (-253°C), а процесс производства часто требует значительных энергетических затрат.

Таблица 1 – Неудачные космические запуски

Страна	Дата	Причины	Ракетное топливо	Последствия
США	18 ноября 2023 г.	Неудачное повторное включение двигателей первой ступени Super Heavy после отделения от Starship, что привело к отклонению от траектории и взрыву на высоте 90 км	Жидкий метан и жидкий кислород	Взрыв, выброс веществ в верхние слои атмосферы. Конкретные данные не сообщались
США	3 марта 2021 г.	Взрыв прототипа Starship SN10 при посадке из-за проблем с посадочными опорами и утечки метана	Жидкий метан и жидкий кислород	Взрыв, разброс обломков вокруг площадки и потенциальное загрязнение местной экосистемы, включая особо охраняемые земли в округе Бока-Чика, где обитает множество диких животных
США	16 января 2025 г.	Взрыв мегаракеты Starship компании SpaceX во время испытательного полёта	Жидкий метан и жидкий кислород	Взрыв, выброс значительного количества вредных веществ в верхние слои атмосферы, включая оксиды азота и металлические частицы

Тем не менее, если водород будет получен с использованием возобновляемых источников энергии (например, методом электролиза воды с помощью солнечной или ветровой энергии или паровой конверсии метана), он станет практически идеальным топливом для ракет [5, 6].

Также создание и использование многоразовых ракет, таких как Falcon 9 от SpaceX, значительно сокращает количество космического мусора и снижает потребность в производстве новых ракет. Работы над системами управляемого возврата отработанных ступеней важны, так как с их полным контролем появляется возможность того, чтобы они не оставались на орбите или не создавали угрозу неконтролируемого падения. Управляя местом приземления ракеты, можно минимизировать ущерб окружающей среде. Именно поэтому в настоящее время происходит такое большое количество попыток запусков от SpaceX – довести систему использования многоразовых ракет до автоматизма и тем самым свести экологический ущерб до минимума.

Таким образом, метан, конечно, уже является шагом в сторону экологичности, исследования должны продолжаться, чтобы в будущем могли появиться ещё более чистые и эффективные способы выхода в космос.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Krebs G.D. Orbital Launches of 2024. Gunter's Space Page. URL: https://space.skyrocket.de/doc_chr/lau2024.htm (дата обращения: 1.03.2025)
2. Осико С.М. Экологические проблемы ракетно-космической деятельности: влияние ракетного топлива на состояние окружающей среды в районах падения отработавших ступеней / С.М. Осико. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 23 (313). – С. 482–485. – URL: <https://moluch.ru/archive/313/71318/> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Pultarova T. The environmental impact of rocket launches: The 'dirty' and the 'green' // Space.com, October 28, 2021. URL: <https://www.space.com/rocket-launches-environmental-impact> (дата обращения: 01.03.2025)
4. SpaceX. Раздел Launches // Официальный сайт компании SpaceX. URL: <https://www.spacex.com/launches/> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Марьясов С.С., Раменский Б.А., Рейфшнейдер Д.П., Черненко В.В. Преимущества и недостатки использования водородного топлива в жидкостных ракетных двигателях // Промышленные биотехнологии. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-i-nedostatki-ispolzovaniya-vodorodnogo-topliva-v-zhidkostnyh-raketnyh-dvigatelyah> (дата обращения: 01.03.2025).
6. Водородное топливо: что это и как работает // Petrol Plus. URL: <https://www.petroplus.ru/article/vodorodnoe-toplivo/> (дата обращения: 01.03.2025).

УДК 614.8.013

А.Ю. Кузнецова, С.Н. Писарев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА РОССИИ ПО ОБЩИМ ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

Целью работы является разработка контрольно-обучающего курса по общим вопросам безопасности для подготовки специалистов к работе в Арктической зоне Российской Федерации. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 о Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации до 2035 г., на данной территории будет происходить стремительное развитие региона в социальной и экономической сфере, в вопросах военной безопасности, а также защиты и охраны государственной границы России [1]. Активное развитие Арктической зоны приводит к уменьшению территорий, пригодных для обитания диких животных, что вынуждает их

покидать привычные места своего обитания и искать пропитание вблизи населенных пунктов [2]. Суровый климат, неблагоприятные условия жизни, которые присущи Арктическому региону, сказываются как на физическом здоровье человека, так и на его психологическом состоянии.

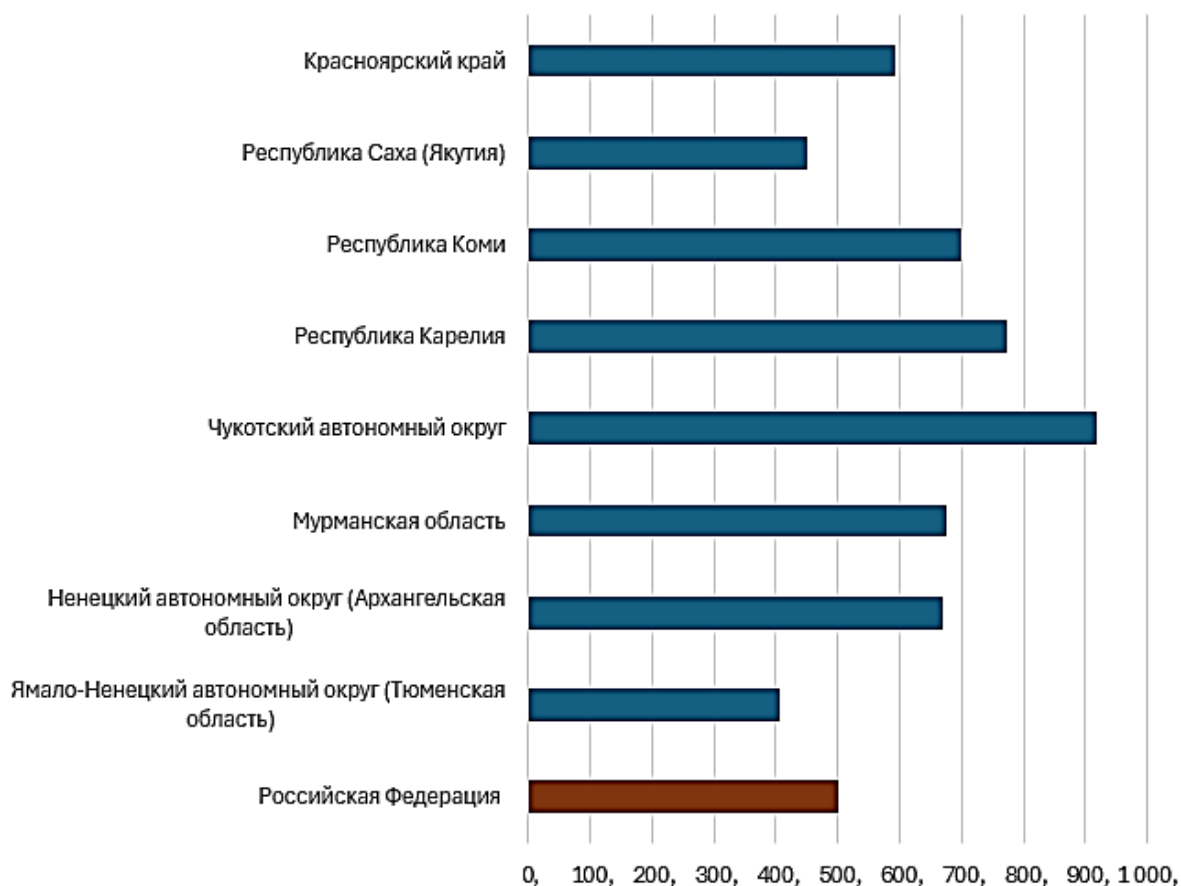


Рис. 3. Смертность населения трудоспособного возраста (на 100 тыс. населения человек, значение показателя за 2023 г.)

Согласно данным единой межведомственной информационно-статистической системы на рисунке 1, коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте превышал среднероссийские значения в 2023 г. в подавляющем большинстве регионов российской арктической зоны [3]. Наибольший масштаб этой проблемы характерен для Чукотского автономного округа, Республики Карелия и Республики Коми.

Арктическая зона характеризуется суровой и быстро меняющейся погодой, недостатком естественного солнечного света зимой и продолжительным дневным светом летом, сложным рельефом, опасной дикой природы и удаленностью от населенных пунктов [4]. Для того чтобы минимизировать угрозы и ущерб сотрудникам необходимо проводить комплексное обучение и проверку знаний по общим вопросам безопасности, актуальным для Арктической зоны.

Организация Объединенных Наций (ООН) имеет большой опыт в сфере вопросов безопасности. ООН является одной из первых организаций, которые начали страховать сотрудников, уделяя особое внимание безопасности и защите каждого работника. В этих целях в ООН были разработаны и внедрены практико-ориентированные контрольно-обучающие курсы по общим вопросам безопасности. Организация Объединенных Наций закладывает крупные финансирования на обеспечение страхования жизни и здоровья своих сотрудников, следовательно, ООН заинтересована в приеме на работу сотрудника, который при возможном попадании в чрезвычайную ситуацию, способен правильно оценить обстановку, принять

верное решение, реализовав которое, он спасет свою жизнь и жизнь коллег. Так, в 2005 появился контрольно-обучающий курс «Основные меры безопасности в полевых условиях» (Basic Security in the Field), разработанный Департаментом Организации Объединенных Наций по безопасности (UNDSS). В дальнейшем появился новый курс «Повышенные меры безопасности в полевых условиях» (Advanced Security in the Field) [5].

Последней и самой актуальной версией курсов является BSAFE [6]. Контрольное тестирование курса BSAFE помогает определить уровень знаний сотрудника. Все сотрудники ООН обязаны пройти этот контрольно-обучающий курс и предоставить сертификат об успешном прохождении в гражданский отдел кадров. Такая проверка сотрудников ООН в последующем организуется каждые три года.

Опыт ООН в виде контрольно-обучающего курса BSAFE можно адаптировать под реалии Арктической зоны [7]. Для того, чтобы контрольно-обучающий курс был максимально эффективным и хорошо усвоенным сотрудниками, рекомендуется создавать его, учитывая принципы педагогического дизайна, как области науки, находящийся на стыке педагогики, психологии, социологии и эргономики. Курс будет состоять из двух блоков: обучающего и контрольного. В обучающем блоке будут рассмотрены четыре модуля об опасностях Арктического региона, рисках и правилах безопасной жизнедеятельности с элементами контроля знаний по каждой пройденной теме. Далее будет создан банк вопросов для входного тестирования, которое будет находиться в контрольном блоке курса. Модули будут посвящены:

- Модуль один – климатическим особенностям региона;
- Модуль два – особенностям рельефа Арктического региона, ориентированию и передвижению по нему;
- Модуль третий – дикой природе Арктики;
- Модуль четыре – проверке знания первой помощи.

Для снижения рисков травматизма предлагается рассмотреть опыт ООН в сфере обучения и контроля знаний своего персонала. Контрольно-обучающий курс поможет обучать и готовить специалистов к особенностям Арктического региона, а тестирование позволит контролировать уровень их подготовки и знаний. Внедрение такого курса позволит не только снизить риски для здоровья и жизни сотрудников, но и поспособствует совершенствованию (привитию) культуры безопасности среди специалистов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. N 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».
2. Wærø, I., Rosness, R., Kilskar, S.K. Human performance and safety in Arctic environments. // SINTEF-report no.;2018:00541 – 2018.
3. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС), [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/59267?ysclid=lioitbhcpw415069823> (дата обращения 18.02.2025).
4. Anttonen H., Pekkarinen A., Niskanen J. Safety at Work in Cold Environments and Prevention of Cold Stress // Industrial Health – 2009. – №47. – С. 254–261.
5. Safety and Security in the United Nations, [Электронный ресурс]. – URL: https://www.unjui.org/sites/www.unjui.org/files/jiu_document_files/products/en/reports-notes/JIU%20Products/JIU_REP_2016_9_English.pdf (дата обращения 10.02.2025).
6. Курс BSAFE, [Электронный ресурс]. – URL: <https://training.dss.un.org/thematicarea/category?id=6> (дата обращения 10.02.2025).
7. Писарев С.Н., Шкляр В.А. О необходимости применения опыта ООН для подготовки специалистов МЧС России к участию в операциях гуманитарного характера // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2021.

РОЛЬ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ АЭС

В условиях радиационной угрозы своевременная и организованная эвакуация населения из города является неотъемлемым фактором минимизации последствий аварий. Однако даже при наличии четко разработанных маршрутов и средств эвакуации человеческий фактор остается определяющим. Паника, стресс и нехватка информации могут значительно затруднить процесс эвакуации. В статье рассматривалось значение психологической подготовки населения в повышении эффективности эвакуационных мероприятий.

Для борьбы с распространением паники следует разобраться с аспектами, из-за которых она возникает. В данном случае страх перед неизвестностью и за своих близких, непонимание последовательности действий, внезапность чрезвычайной ситуации (далее ЧС) влечет за собой ответственность со стороны спасателей и властей перед гражданами. Важно не допускать распространение паники, поскольку распространение волнений способствует образованию толпы, которую крайне сложно контролировать и координировать [1]. Как итог пути эвакуации могут быть заблокированы, время может увеличиться в несколько раз, уровень накопленной дозы радиации растет, потребуется больше должностных лиц, для проведения эвакуации, что непосредственно повлияет продолжительность ликвидации аварии [2].

Наиболее распространенным способом борьбы со страхом это своевременная подготовка населения к действиям в случае аварии на атомной станции. Для этого следует проводить учения, информировать население о действиях на случай эвакуации, говорить о способах борьбы с радиацией, рассказывать о технологиях, используемых на атомных станциях, противодействующих распространению радиации в случае чрезвычайной ситуации. Существует зависимость между уровнем информированности и восприятию угрозы. Из-за специфики аварии, поскольку радиационное излучение невооруженным глазом не увидеть и можно ощутить только на последствиях, то населению будет сложнее ориентироваться куда необходимо двигаться в случае опасности [3]. Первая мысль, которая возникает это уехать как можно дальше, она отчасти верна, но не стоит забывать про пропускную способность автодорог, расчет плана по эвакуации и вместимость каждого убежища. Информирование и учения помогут заложить верный план и маршрут следования населения и равномерно распределить потоки движения, дать базовые знания как обезопасить себя, для чего, какой и сколько необходимо принять йода, а также объяснить как в случае отсутствия специальных средств измерения определить наличие радиации [4]. Например, с помощью камеры мобильного устройства можно увидеть ионизирующее излучение. Которое будет выглядеть как белый шум или белые точки, в зависимости от уровня радиации.

Проведение регулярных учений помогает снизить уровень стресса среди населения. Для того, чтобы базовая информация из кратковременной памяти перешла в долгосрочную и лучше запомнилась. Знания необходимо обновлять, так как с годами город может развиваться, ситуация на дорогах меняться, строятся новые убежища, возможно используются новые технологии, которые противодействуют распространению радиоактивного облака за территорию грязной зоны, либо новые способы информирования и оповещения.

На данный момент остается актуальным вопрос использования мобильных приложений для доведения и ознакомления населения [5]. Поскольку для большей половины населения телефон является основным источником информации и первым делом будет искать помощи именно в нем. Однако в ЧС возможны и перебои со связью, и перегрузка системы, и полное

кратковременное ее отключение. Поэтому необходимо использовать все возможные средства оповещения, к которым относятся мобильные устройства, телевидение, радио, система громкоговорителей (стационарные и мобильные). Важно перед образованием паники успеть объяснить людям порядок действий и создать уверенность того, что они не одни, о них заботятся и подготовили маршруты эвакуации, точки сбора, а спасатели подготовлены к такому развитию событий имеют необходимую квалификацию.

Таким образом необходимо создать стратегию по психологической подготовки населения, которая может включать в себя такие аспекты, как:

- обучающие программы, тренинги;
- информационная поддержка и доступность ресурсов;
- развитие стрессоустойчивости у населения;
- работа с уязвимыми группами населения;
- использование современных технологий.

Тренинги должны быть обязательны для учащихся в образовательных учреждениях и для работников предприятий. В первом случае работа с детьми важна, чтобы родители были уверены, что их дети находятся в безопасности и будут эвакуированы. Проведение психологических тренингов помогает смоделировать поведение в стрессовой ситуации и найти наименее стрессоустойчивых личностей, с которыми необходимо провести дополнительную работу. Учения должны быть регулярны для закрепления информации.

Создание централизованных платформа с инструкциями по эвакуации для каждого микрорайона, разработка специального приложения с алгоритмами последовательности действий в случае ЧС, организация горячий линий психологической поддержки. Все эти средства благоприятно скажутся на подготовке населения и поддержании высокого уровня подготовки в случае эвакуации.

Нужно внедрять методики саморегулирования и управления эмоциями в условиях ЧС, пропагандировать навыки первой психологической помощи и обучать основам коллективного взаимодействия и взаимопомощи в процессе эвакуации.

Особое внимание стоит уделить поддержке специальных групп населения, таких как: пожилые люди, дети и граждане с ограниченными возможностями. Стоит заранее продумать условия для их эвакуации и предусмотреть в убежищах необходимое оборудование. А также следует обратить внимание на поддержку семей с детьми и малообеспеченные слои населения, чтобы при потребности оказать адресную помощь.

Использование современных технологий поможет при проведении тренировок, например внедрение виртуальной реальности и симуляций для моделирования эвакуационных сценариев. Искусственный интеллект можно использовать для прогнозирования поведения людей в ЧС. Помимо этого, можно создать интерактивные карты с указанием безопасных маршрутов эвакуации для каждого микрорайона.

Психологическая подготовка населения является неотъемлемой частью системы обеспечения безопасности в условиях радиационной угрозы. Развитие эффективных методов обучения, информационной поддержки и взаимодействия социальных структур позволит значительно повысить эффективность эвакуации, минимизировать негативные последствия и сохранить жизни и здоровье людей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кутьков В.А. Основные положения рекомендаций МАГАТЭ по критериям защиты населения и работников в случае радиационной аварии // Радиация и риск (Бюллетень НРЭР). 2006. №3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-polozheniya-rekomendatsiy-magate-po-kriteriyam-zaschity-naseleniya-i-rabotnikov-v-sluchae-radiatsionnoy-avarii> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Chen X., Wang Y. The Role of Public Training and Psychological Preparedness in Nuclear Emergency Evacuation // Safety Science. – 2019. – Vol. 117. – P. 143–153 (дата обращения: 01.03.2025).

3. Щербакова О.И., Клячин В.М. Проблема безопасности АЭС // Обозреватель – Observer. 2014. №2 (289). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-bezopasnosti-aes> (дата обращения: 01.03.2025).
4. Кимура Х., Накамура Ю. Психологическая адаптация населения к радиационным авариям: уроки Фукусимы // Journal of Disaster Research. – 2021. – Vol. 16(5). – P. 751–765 (дата обращения: 01.03.2025).
5. Коннова Л.А. Радиологическая культура населения и спасателей как условие минимизации последствий радиоактивного загрязнения территорий // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2009. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/radiologicheskaya-kultura-naseleniya-i-spasateley-kak-uslovie-minimizatsii-posledstviy-radioaktivnogo-zagryazneniya-territoriy> (дата обращения: 01.03.2025).

УДК: 351.863.1

А.В. Прохорова, О.Л. Узун
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

УЯЗВИМОСТИ И НАИБОЛЕЕ СЛАБЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ УДАРАХ СОВРЕМЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ

В современных условиях, когда нарастает геополитическая нестабильность защита важных объектов экономики становится приоритетной задачей. Высокотехнологичное оружие нового уровня представляет большую угрозу для разных сфер жизнедеятельности, особенно атакам средствами поражения подвергнуты промышленные предприятия, теплоэлектростанции, очистные сооружения и другие критически важные объекты [1]. В связи с этим руководству предприятий важно анализировать возможные угрозы и их последствия, а также разрабатывать и внедрять защитные мероприятия для предотвращения серьёзных аварий.

По состоянию на 2023 г. в России начитывается около 30 крупных нефтеперерабатывающих предприятий и ещё около 80 мини-НПЗ и любое из них может быть подвержено атаке [2]. В связи со сложной ситуацией в мире на некоторые НПЗ со стороны противника были совершены атаки дронами.

Чаще всего нападения происходят на предприятия, находящихся на приграничных территориях (Белгородская, Курская, Брянская и Ростовская области, а также Краснодарский край), но в 2024 году БПЛА стали атаковать и более удалённые от границы территории. Так 16 марта 2024 года сразу 2 летательных аппарата атаковали Сызранский НПЗ, где в последствии произошло возгорание установки по переработке нефтепродуктов. За 3 дня до этого атака дронами привела к пожару на двух установках первичной переработки нефти, на которые приходится 70% мощности Рязанского НПЗ [3]. 12 марта целью противника стал завод «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез», находящийся в Кстово. В результате атаки пострадали ректификационная колонна и установка каталитического крекинга, которые после пожара восстановлению не подлежат [4].

Карта с крупными нефтеперерабатывающими заводами, на которые были совершены атаки массовыми средствами поражения представлены на рисунке 1.

На территории каждого предприятия расположено много опасного оборудования и разных производственных зданий, которые могут представлять опасность. Поэтому руководство каждого предприятия должно осознавать всю опасность и в первую очередь защищать объекты на территории, которые при разрушении могут привести к серьёзным последствиям.

Емкостное оборудование представляет из себя наибольшую опасность при аварии на нефтеперерабатывающих станциях так как в резервуарах, расположенных на территории таких объектов хранится большое количество легковоспламеняющихся жидкостей (максимальный объём стационарных резервуаров может достигать 20000 м³) [5]. Из-за своих размеров такое оборудование представляет из себя лёгкую цель, резервуары очень просто заметить издали и направить на них оружие поражения с минимальной вероятностью

промаха. При разрушении резервуара последствия могут быть катастрофическими: пожар, взрыв, загрязнение окружающей среды.

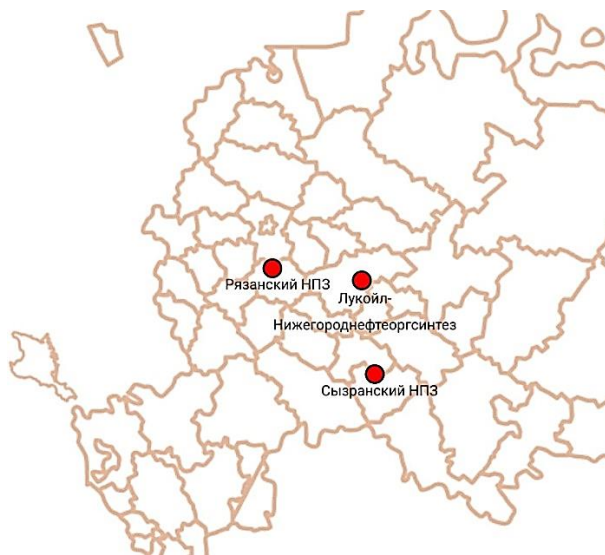


Рис. 4. Нефтеперерабатывающие заводы, на которые были совершены атаки современными средствами поражения

Теплоэлектроцентрали не менее важны для работы любого предприятия. Без электроэнергии и тепла, которые они вырабатывают ни один завод не сможет функционировать. Они питают все процессы, необходимые для функционирования объекта экономики. Поэтому при серьёзных повреждениях производство встанет и будет не в состоянии выполнять свои функции.

Так же, как и на нефтеперерабатывающих станциях на химических объектах находятся резервуары, содержащие в себе большое количество химических веществ и прямое попадание снаряда неминуемо вызовет разгерметизацию, что впоследствии может привести к выбросам опасных веществ, а также пожару и взрыву.

Помимо резервуаров на химически опасных объектах расположены реакторы, разрушение которых также может повлечь за собой взрыв, что приведёт к загрязнению окружающей среды токсичными веществами, на ликвидацию которых могут уйти десятилетия.

В данной работе был проведён анализ двух предприятий разной направленности и вынесены предложения по усовершенствованию системы защиты и предотвращения аварий, вызванных современными средствами поражения. Для примера были рассмотрены нефтеперерабатывающие производства, а также химические объекты. Оба этих типа предприятий представляют собой важные экономические, а также стратегические объекты. Нефтеперерабатывающая промышленность является одной из основ промышленности любой страны. От неё зависит функционирование множества других отраслей, таких как транспорт, производство энергии, сельское хозяйство, строительная промышленность и другие [6]. Химическая промышленность в свою очередь тесно связана с чёрной и цветной металлургией, лесной промышленностью, стекольной промышленностью и так далее [7].

В связи со всем вышеперечисленным можно прийти к выводу, что рассмотренные в статье объекты экономики очень важны для поддержания уровня жизни в стране, и от них

зависят многие другие отрасли. Поэтому защита данных направлений промышленности в сложных для России условиях является одной из первостепенных задач.

Для того что бы уменьшить вероятность аварий, а также ущерб, вызванный средствами поражения руководству предприятий, стоит усилить наружную защиту объекта. Для уже эксплуатирующихся производств это можно сделать с помощью создания вокруг предприятия защитных сооружений в виде металлических сеток, которые будут задерживать снаряд вследствие чего он не достигнет цели, а если при столкновении с сетью произойдёт взрыв, то цель может не пострадать, так как сработает защита расстоянием.

Другим способом защиты является защита сооружений путём укрепления оборудования более крепкими материалами, которые при столкновении возьмут весь удар на себя и резервуар не пострадает.

Для создания новых объектов хранения нефтепродуктов на этапе строительства стоит рассмотреть вариант постройки цистерн с легковоспламеняющимися жидкостями под землёй. Таким образом данная конструкция позволит почти полностью минимизировать ущерб и последствия от атак средствами поражения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Риски от беспилотных технологий: угроза атак с применением БПЛА возрастает [Электронный ресурс] – URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis/Drone-attacks#part2 (дата публикации: 07.06.2023 г.)
2. НПЗ России: основные заводы и предприятия [Электронный ресурс] – URL: <https://smart-lab.ru/blog/976103.php> (дата публикации: 08.01.2024 г.)
3. Две установки на заводе в Рязани получили повреждения [Электронный ресурс] – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6563571> (дата публикации: 13.03.2024 г.)
4. Атаки беспилотников на НПЗ РФ с картой. НПЗ каких компаний пострадали? [Электронный ресурс] – URL: <https://smart-lab.ru/blog/998055.php> (дата публикации: 16.03.2024 г.)
5. Аналитический обзор опасных свойств нефтепродуктов на нефтяных терминалах России [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-opasnyh-svoystv-nefteproduktov-na-neftyanyh-terminalah-rossii/viewer> (дата обращения: 27.02.2025 г.)
6. Роль нефтеперерабатывающего промышленного комплекса в устойчивом развитии экономики [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-neftepererabatyvayushchego-promyshlennogo-kompleksa-v-ustoychivom-razvitii-ekonomiki/viewer> (дата обращения: 28.02.2025 г.)
7. Связи химической промышленности с другими отраслями народного хозяйства [Электронный ресурс] – URL: <https://studfile.net/preview/9751114/page:5/> (дата обращения: 03.03.2025 г.)

УДК 623.746.-519

К.В. Соколова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ОТ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

Цель работы: оптимизация системы безопасности объектов нефтегазового сектора от атак беспилотными летательными аппаратами.

Всего с начала 2024 г. российские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) и нефтебазы подвергались атакам беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) не менее 60 раз по мнению специалиста департамента стратегических исследований Total Research Николая Вавилова. Reuters насчитал 13 атак на российскую нефтяную инфраструктуру в июне – августе.

Нефтегазовая промышленность является ключевой отраслью не только российской экономики, но и общемировой. Террористические акты на предприятиях приводят к

проблемам на рынке энергоресурсов, а также подрывают национальную безопасность и сеют панику и недоверие среди населения.

В соответствии с федеральным законом от 21 июля 2011 г. N 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» все объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) подлежат категорированию для обеспечения антитеррористической безопасности. Специальные подразделения и организации таких предприятий вправе пресекать функционирование беспилотных воздушных, подводных и надводных судов и аппаратов, беспилотных транспортных средств и иных автоматизированных беспилотных комплексов, в том числе посредством подавления или преобразования сигналов дистанционного управления беспилотными аппаратами, воздействия на пульта управления беспилотных аппаратов, а также повреждения или уничтожения беспилотных аппаратов [1].

В рамках борьбы с БПЛА в первую очередь стоит организовать поиск дронов в открытом воздушном пространстве, а также каналов связи.

Радиолокационные системы обнаружения БПЛА (РЛС) используют высокочастотные радиоволны для обнаружения и отслеживания БПЛА. Они работают на основе эффекта отражения радиоволн от поверхности объекта, позволяя определить его местоположение, скорость и направление движения. Такие системы могут быть стационарными или мобильными.

Наиболее известные отечественные РЛС – это «СМЕРЧ» и «ЕНОТ». Система «СМЕРЧ» может обнаруживать малоразмерные БПЛА на дистанции до 2,1 км и работает на частоте 8–12 ГГц. Комплекс «ЕНОТ», разработанный НПП «Элвис», эффективен на удалении до 3 км [2].

Обеспечить безопасность объекта нефтегазовой промышленности можно с помощью метода радиоэлектронного подавления (РЭП). Его принцип действия основан на нарушении функционирования навигационных систем БПЛА, командных радиолиний управления и радиолиний передачи данных бортовых средств полезной нагрузки [3].

Данный способ является перспективным, так как в результате работы системы РЭП расходуется только возобновляемый ресурс – электроэнергия. Более того такие средства характеризуются «площадным» эффектом, позволяющим нейтрализовать несколько БПЛА со схожими принципами навигации и оборудованием.

Однако многие дроны сейчас могут перемещаться в режиме «радиомолчания», что не дает системам РЭП их обнаруживать. Более того большинство современных систем требуют создания специальных баз данных соответствующих сигналов БПЛА, делая их эффективными только против ограниченного количества целей. Таким образом сейчас средства РЭП могут использоваться только в совокупности с другими средствами подавления.

Усовершенствовать систему защиты НПЗ возможно с помощью средств огневого поражения. Отечественные зенитно-ракетные комплексы противовоздушной обороны (ЗРК ПВО) показывают значительные успехи, позволяя нейтрализовать БПЛА даже в режиме «радиомолчания». Однако полигонные испытания указывают на малую дальность обнаружения малоразмерных дронов и низкую эффективность захвата цели [4].

Нивелировать данные недостатки возможно с помощью применения уже рассмотренных ранее систем РЛС и РЭП, увеличив дальность обнаружения и соответственно повысив эффективность ЗРК.

Проанализировав ряд нападений БПЛА на объекты нефтеперерабатывающего комплекса (см. табл. 1), можно сделать вывод об особой опасности попадания уже сбитых беспилотников или их обломков на территорию.

Данную проблему возможно решить благодаря установке специальных защитных сетей. Сетка, входящая в КФЗО «АНТОНОВА» была специально разработана для гашения кинетического удара БПЛА. При ударе дрона о сетку происходит натяжение несущих тросов и происходит последовательное срабатывание кинетических гасителей энергии. Это не

позволяет осуществить точечный прорыв сетки, а распределяет энергию удара на площадь комплекса [5].

Более того предлагается двойная защита благодаря разнесу сеток в глубину до 5 метров. Данное инженерное решение обеспечивает не только увеличение взрывозащищенности, но и целостность объекта защиты при точечной роевой атаке.

Таблица 1 – Анализ случаев нападения БПЛА на объекты нефтеперерабатывающего комплекса

Дата происшествия	Объект нападения	Последствия нападения
25.01.2024	«РН-Туапсинский НПЗ», Туапсе, Краснодарский край	Три беспилотника атаковали завод, но были сбиты. Обломки одного из них попали на вакуумную установки, инициировав пожар площадью 200 м ² .
03.02.2024	«ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», Волгоград	Два беспилотника были сбиты системой ПВО, один из них упал на территорию нефтебазы, вызвав возгорание.
13.03.2024	Завод «Киришинефтеоргсинтез» («КИНЕФ»), Кириши Ленинградской области	Беспилотник был сбит на подлете к заводу.
13.03.2024	Новошахтинский НПЗ, Ростовская область	Беспилотники были нейтрализованы системами РЭБ. Падение обломков на завод вызвало пожар.
17.03.2024	Славянский НПЗ, Славянск-на-Кубани, Краснодарский край	Беспилотники были нейтрализованы, но падение одного из них инициировало пожар.
18.05.2024	Славянский НПЗ, Славянск-на-Кубани, Краснодарский край	На территорию упали шесть беспилотников.
11.02.2025	Саратовский НПЗ, Саратовский район	После падения одного из атаковавших беспилотников на территории завода начался пожар.

Выводы: каждая рассмотренная система противодействия атакам БПЛА имеет свои недостатки. Однако эшелонированная система защита, включающая в себя средства РЛС, РЭП и ЗРК, может в наибольшей степени обеспечить безопасность НПЗ. Более того, специальные сетки, разнесенные в глубину, позволяют обезопасить объект от уже сбитых дронов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон РФ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса».
2. Везарко Д.А., Чечельницкий А.С., Коптев В.А., Халматов Б.М. Анализ радиолокационных систем обнаружения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №3-2 (90).
3. Макаренко С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи // Системы управления, связи и безопасности. 2020.
4. Макаренко С.И., Тимошенко А.В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. Огневое поражение и физический перехват // Системы управления, связи и безопасности. 2020.
5. Комплекс физической защиты объектов КФЗО «Антонова»: [сайт]. – URL: <https://kfzo.ru> (дата обращения: 18.02.2025). – Текст : электронный.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ ОБУЧЕНИЯ РХБЗ НЕРАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ В США, СССР И СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Цель работы: выявить сильные и слабые стороны, а также возможности адаптации лучших практик программ обучения по радиационной, химической, биологической защите (РХБЗ) неработающего населения в США, СССР и России для повышения эффективности защиты населения от возникающих угроз в современном мире.

В условиях нестабильной геополитической обстановки и растущей угрозы техногенных катастроф вопросы обеспечения РХБЗ населения приобретают особую значимость. Подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях, связанных с РХБ-угрозами, является ключевым элементом системы гражданской обороны (ГО). Ключевыми задачами РХБЗ являются своевременное выявление рисков и быстрое реагирование, требующие комплексного подхода к сложившейся ситуации. Разработка программ РХБЗ для неработающего населения актуальна из-за растущих угроз катастроф, терактов и военных действий [1].

Впервые необходимость в защите тыла от авиационных атак и химического оружия возникла в годы Первой мировой войны, что привело к созданию первых средств противовоздушной обороны и противогазов. Советское руководство продолжило укреплять противовоздушную и противохимическую оборону, привлекая население к самозащите и ликвидации последствий атак. Это стало фундаментом для развития отечественной системы гражданской обороны, которая особенно активно развивалась в советский период [2].

В СССР развитие гражданской обороны (ГО) и подготовка населения по РХБЗ были обусловлены угрозой ядерной войны и применением химического и биологического оружия в период холодной войны. Советская система ГО отличалась высокой централизацией, обязательным участием населения и значительными затратами. Подготовка неработающего населения была массовой и включала обучение в школах, на предприятиях и в военных формированиях. Программа подготовки включала в себя 11 тем на 28 часов [3].

В свою очередь в США нет как таковой обязательной подготовки по программам РХБЗ. В стране разработан базовый курс Computer Emergency Readiness Team (CERT), который включает в себя подготовку к чрезвычайным ситуациям. Соответственно, любой человек, который хочет получить знания, сможет пройти этот курс. Точная продолжительность и содержание курса могут незначительно отличаться в разных штатах и муниципалитетах, но в целом 20–24 часа являются стандартной продолжительностью базового курса CERT.

В США обучение населения вне сферы РХБЗ является индивидуальным и децентрализованным, с упором на самопомощь. Используются информационные кампании и общественные организации, а акцент смещается с защиты от ядерного удара на готовность к различным угрозам. Основная проблема – неравномерность подготовки в разных штатах. Однако в стране хорошо развиты информационные технологии: у американцев есть сайт fema.gov, где в свободном доступе изложен материал по РХБЗ. Поэтому каждый человек может ознакомиться с теорией в любое время. Также разработано приложение fema, которое можно установить на телефон и всегда иметь информацию под рукой [4].

Современное российское законодательство в области РХБ защиты представляет собой комплексную систему нормативно-правовых актов, регулирующих различные аспекты этой сферы. Основные законы: ФЗ №3 «О радиационной безопасности населения», ФЗ №170 «Об использовании атомной энергии», ФЗ №76 «Об уничтожении химического оружия», ФЗ №184

«О техническом регулировании», а также многочисленные постановления Правительства РФ и ведомственные нормативные акты. Сильными сторонами законодательства являются комплексный подход, регулирование атомной энергетики и опыт реагирования на чрезвычайные ситуации. Однако проблемой является то, что основной упор по подготовке по программам РХБЗ делается на работающее население, остальным людям предоставляется общая теория. В качестве примера, отведенное время для занятий с работающим населением составляет 19 часов, а программ, направленных исключительно на неработающее население, не разработано. На рис. 1 изображена диаграмма количества часов для подготовки по программам РХБЗ в разных странах.



Рис. 1. Диаграмма количества часов для подготовки по программам РХБЗ в разных странах

По данным комитета по труду и занятости населения, число неработающего населения составляет 1,5% от трудоспособного населения города. Исходя из диаграммы на рис. 2 видно, сколько людей могут быть не охвачены и могут пострадать в случае возникновения чрезвычайной ситуации [5].



Рис. 2. Диаграмма трудоспособности населения в Санкт-Петербурге

В России, унаследовавшей советскую систему ГО, обучение стало необязательным. Программа пытается адаптироваться к современным угрозам, но финансирование и интеграция с образованием недостаточны, а практическим навыкам уделяется мало внимания. Возрождение системы обучения ГО для неработающего населения возможно. Для этого необходимо разработать и внедрить адаптированные программы обучения для различных категорий неработающего населения (пенсионеры, домохозяйки, школьники, студенты), обеспечить доступность обучения, ввести обязательное изучение основ безопасности жизнедеятельности (ОБЖ) в школах и вузах, а также сделать упор на регулярные учения и тренировки по отработке действий в случае РХБ-угроз.

ЛИТЕРАТУРА:

1. МЧС России / Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // [Электронный ресурс]. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/zashchita-naseleniya-i-territoriy-ot-chrezvychaynyh-situaciy> (дата обращения: 03.03.2025).
2. Зайцев А.Н. История создания и развития гражданской обороны СССР до Великой Отечественной войны // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2010. №1 (1). URL: cyberleninka.ru/article/n/istoriya-sozdaniya-i-razvitiya-grazhdanskoy-oborony-sssr-do-velikoy-otechestvennoy-voyny (дата обращения: 04.03.2025).
3. Нормы «Готов к ПВХО» первой ступени / Управление ПВХО ЦС Осоавиахима СССР ; [отв. за вып. В.П. Брынцев]. – Томск : Красное знамя, 1941. – 18 с.
4. The Federal Emergency Management Agency / Emergency Management // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fema.gov/emergency-managers/national-preparedness/training> (дата обращения: 03.03.2025).
5. Комитет по труду и занятости населения / Основные показатели рынка труда и сферы занятости Санкт-Петербурга в январе 2025 года // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/kom_zan/statistic/ (дата обращения: 03.03.2025)

ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Современное общество сталкивается с множеством вызовов, среди которых особое место занимают техногенные катастрофы, в том числе радиационные чрезвычайные ситуации (ЧС). Эти чрезвычайные ситуации могут иметь катастрофические последствия для жизни и здоровья населения, окружающей среды, что делает их предметом пристального внимания со стороны ученых, специалистов в области техносферной безопасности и государственных структур [1]. Эффективная эвакуация населения городов-спутников атомных электростанций (АЭС) в условиях радиационной аварии представляет собой сложную задачу, требующую комплексного подхода, применения современных логистических решений и оперативных, скоординированных действий, а также транспортное обеспечение. Основными проблемами являются перегруженность транспортных артерий, ограниченный ресурс эвакуационных транспортных средств, а также необходимость учитывать направление распространения радиоактивного облака [2].

Целью работы являлся анализ транспортных ограничений при эвакуации населения в условиях радиационной ЧС и разработка логистических решений для их минимизации.

Из анализа аварии на АЭС в Фукусиме-1 можно выделить успешный опыт эвакуации населения с зараженной территории, вместе с тем продемонстрировал значительные сложности, связанные с транспортными ограничениями при эвакуации населения [3]. В результате мощного землетрясения и последовавшего за ним цунами инфраструктура региона была частично разрушена, что значительно осложнило эвакуационные мероприятия. Многие транспортные магистрали оказались непроходимыми из-за завалов и затоплений, что замедлило эвакуацию населения. Из-за повреждений инфраструктуры и перебоев с поставками топлива возникла его нехватка, что ограничило передвижение частного и общественного транспорта. Поскольку зона радиоактивного заражения быстро расширялась, необходимо было оперативно корректировать маршруты эвакуации, избегая попадания людей в опасные районы. Недостаток информации и слабая координация привели к массовым скоплениям людей на основных дорогах, что дополнительно замедлило эвакуацию.

Практика эвакуации после аварии на АЭС Фукусима-1 продемонстрировала важность эффективной маршрутизации и использования всех доступных видов транспортных средств, таких как: наземный, авиационный, морской и железнодорожный транспорт. В первые часы после аварии возникли значительные заторы на дорогах, что замедлило эвакуацию, как итог создало угрозу дополнительного облучения людей и накопление дозы радиации, негативно влияющей на организм человека, вплоть до необратимых последствий [4].

Власти приняли меры по организации поэтапной эвакуации, начиная с наиболее уязвимых групп, таких как пациенты больниц и пожилые люди. Одновременно были активизированы альтернативные транспортные маршруты, включая железнодорожное сообщение, которое частично оставалось функционирующим, и морские паромы, использовавшиеся для перевозки людей в менее пострадавшие регионы, а также применение сил и средств авиации, для эвакуации населения из труднодоступных мест [5].

Дополнительно были развернуты временные центры приема эвакуированных, обеспеченные средствами мониторинга радиационного фона, медицинским обслуживанием и

продовольствием. Этот опыт подтвердил значимость предварительного планирования, быстрой адаптации маршрутов эвакуации и использования разнообразных транспортных средств минимизации риска для жизни и здоровья населения.

Аспекты, влияющие на транспортно-логистические ограничения, можно определить как:

- пропускная способность дорог;
- дефицит транспорта и возможность использования альтернативного транспорта;
- неэффективность маршрутизации;
- инфраструктурные ограничения;
- выделение резервных сил и транспортных средств;
- переход на аварийное ручное управление логистическими процессами;
- психологический фактор, паническое настроение среди населения.

В условиях массовой эвакуации населения дороги быстро перегружаются, особенно в городах-спутниках, где количество выездов ограничено. Это может привести к серьезным задержкам в движении, что увеличивает риск получения повышенной дозы облучения. Дополнительные трудности создают узкие дороги, мосты с ограниченной грузоподъемностью и недостаточно развитая дорожная сеть, особенно в районах со сложным рельефом [6]. В таких условиях эвакуация населения из опасной зоны значительно замедляется.

Отдельную проблему составляет нехватка общественного и специализированного транспорта, что особенно осложняет эвакуацию маломобильных граждан. Поэтому важно заранее продумать оптимальное распределение транспортных ресурсов с учетом численности и мобильности населения. В зависимости от расположения атомной станции следует предусмотреть альтернативные способы эвакуации, которые помогут снизить нагрузку на автомобильные дороги.

Еще один важный аспект – оперативная корректировка маршрутов с учетом погодных условий и текущей дорожной ситуации. Если этого не делать, эвакуация может затянуться, что подвергает людей дополнительной опасности. Использование цифровых платформ для мониторинга транспортных потоков и состояния дорог может значительно повысить эффективность эвакуации. Однако, учитывая специфику радиационной ЧС и высокую вероятность перебоев связи и электроснабжения, необходимо предусмотреть возможность быстрого перехода на ручное управление процессами.

Наличие резервных сил и транспортных средств позволит оперативно реагировать на изменения обстановки и минимизировать потери среди населения, персонала и спасательных служб. Немаловажно также учитывать фактор паники, которая может привести к хаотичному передвижению людей, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий и усложнению управления эвакуационными потоками. Для снижения риска необходимо заранее проводить учения, тренировки и разъяснительную работу среди населения.

Эффективная эвакуация в условиях радиационной ЧС требует комплексного подхода. Основная задача планирования – обеспечить максимально безопасное и быстрое перемещение населения из зоны поражения. Для этого необходимо учитывать не только транспортные возможности региона, но и распространение радиоактивного облака, особенности местности и погодные условия. Только так можно минимизировать риски и провести эвакуацию с наименьшими потерями. Современные логистические решения в области эвакуации населения строятся на комплексном подходе и включают несколько ключевых аспектов:

- применение программных комплексов для прогнозирования загрузки дорог и оптимизации маршрутов, что позволяет заранее учитывать возможные узкие места, которые нельзя расширить, либо избежать;
- учет гидрометеорологических данных;
- поэтапная зональная эвакуация, при которой население выводится из опасной зоны частями. Такой подход снижает нагрузку на основные выезды из города и предотвращает транспортные заторы;

– разнообразие транспортных средств – помимо автомобильного транспорта, следует активно использовать водные, авиационные и железнодорожные маршруты. Это особенно важно в ситуациях, когда дорожная инфраструктура перегружена или повреждена.

Применение транспортного моделирования позволяет учитывать плотность населения, потенциальные места скопления людей и текущее состояние транспортной инфраструктуры. Это дает возможность заранее выявлять узкие места, прогнозировать возможные заторы и корректировать маршруты эвакуации в зависимости от складывающейся обстановки.

Интеграция данных мониторинга окружающей среды и гидрометеорологических условий, позволяет в реальном времени корректировать движение эвакуируемых групп, снижая вероятность их попадания в зону радиоактивного загрязнения. Спутниковые снимки и данные с беспилотных летательных аппаратов помогают оперативно оценивать ситуацию и вносить необходимые изменения в эвакуационные мероприятия.

Важным элементом эффективной эвакуации является система экстренного оповещения населения. Использование мобильных приложений и СМС-уведомлений позволит своевременно информировать граждан о текущей ситуации и необходимых действиях, тем самым предотвращая панику и хаос в ходе эвакуационных мероприятий.

Для эффективной эвакуации необходимо заранее разработать сценарии распределения потоков людей по маршрутам с учетом их местоположения. Важную роль играет система информирования, которая должна четко объяснять порядок действий в чрезвычайной ситуации. Также предусматривать резервное информирование в случае перебоев в связи с помощью громкоговорителей, расположенных на автомобилях. В случаях заторов на автодорогах или их разрушения могут использоваться альтернативные виды транспорта: временные переправы, военные и сельскохозяйственные аэродромы, понтонные мосты, что значительно расширяет возможности эвакуации.

Проведенный анализ показывает, что эффективность эвакуации при радиационной ЧС во многом зависит от тщательного планирования и организации транспортных потоков. Современные технологии, такие как цифровые системы управления, моделирование эвакуационных процессов и анализ данных мониторинга, способны существенно повысить оперативность и координацию действий всех сил и структур, задействованных в эвакуации населения.

Для повышения готовности к возможным чрезвычайным ситуациям важно регулярно проводить учения для населения и персонала, отвечающего за ликвидацию последствий аварий. Также необходимо модернизировать транспортную инфраструктуру и внедрять единую цифровую систему управления эвакуацией и оповещения населения с резервными источниками питания. Дополнительное внимание следует уделить обучению граждан, чтобы снизить риск паники и обеспечить их осведомленность о порядке действий при возникновении радиационной угрозы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 42.7.01-2021. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Эвакуация населения.
2. МЧС России. Методические рекомендации по действиям исполнительных органов субъектов РФ и органов местного самоуправления при эвакуации маломобильных граждан, в том числе при радиационных авариях [Электронный ресурс]. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7521?ysclid=m7ar0p2ed5278858809>
3. Tanaka, K. Lessons from the Fukushima Nuclear Disaster. *Environmental Science & Technology*, 47(17), 2013. 9020–9026.
4. IAEA Report. The Fukushima Daiichi Accident: Report by the Director General. International Atomic Energy Agency. 2015.
5. Yamashita S. Community Response to Nuclear Emergencies. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 10(4), 587–593. 2016.
6. Smith J., & Brown K. Emergency Evacuation Logistics in Nuclear Disasters. *Journal of Disaster Management*, 15(2), 45–58. 2020.

РАНЖИРОВАНИЕ ПРИОРИТЕТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ХОДЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Атомная энергетика является одной из крупных отраслей промышленности, которая развивается с каждым годом. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) уделяет повышенное внимание обеспечению всех видов безопасности на всех этапах жизненного цикла ядерных и радиационно-опасных объектов [1]. Особое внимание уделяется этапу строительства атомных электростанций (АЭС), так как от качества строительства зависит как долго и безопасно сможет функционировать АЭС. В ходе этого этапа основные приоритеты нацелены на обучение персонала безопасным приемам выполнения работ, системам мониторинга, контроль качества материалов, выполнения самих строительных работ и т.п. [2]. В настоящее время Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» принимает активное участие в строительстве атомных электростанций в Египте, Турции и Венгрии и т.д. Эта отрасль включает в себя большое количество аспектов, связанных не только с процессом внедрения технологий, но и с соблюдением безопасности населения и защитой окружающей среды от возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих в ходе строительства [3].

Цель исследования заключается в избрании и ранжировании приоритетов комплексной безопасности на площадке строительства атомной электростанции.

Актуальность исследования обуславливается тем, что строительная площадка будущей АЭС является местом повышенной опасности и требует особых мер по защите, мониторингу и реагированию, так как опасности, которые могут возникнуть могут привести к чрезвычайным ситуациям. Для решения этой проблемы необходимо провести ряд процедур, одной из которых является определение потенциальных причин, угроз и рисков возникновения чрезвычайных ситуаций [4].

Необходимо учитывать, что для строительства АЭС должны привлекаться квалифицированные и сертифицированные кадры с соответствующим образованием, а также применяются особые требования к качеству самого строительства (марки бетона, арматуры, специальные смеси и т.п.). Например, в 2023 г. при строительстве АЭС во Франции были выявлены сотрудники с сомнительными сертификатами в области сварочных работ, что привело к выполнению сварочных швов с дефектами.

Причины возникновения чрезвычайных ситуаций могут быть связаны с рядом факторов [5]. Например, нарушения требований охраны труда могут привести к различным травмам или даже летальному исходу для работников, а нарушения правил дорожного движения на строительной площадке зачастую приводят к происшествиям с участием спецтехники и технологических машин. Социальные причины, такие как конфликты, на религиозной и национальной почве могут спровоцировать массовые волнения и беспорядки на строительной площадке, а иногда и террористические акты в близлежащих населенных пунктах. Нарушения требований экологической безопасности приводят к различным инцидентам, таким как выбросы вредных веществ в водную среду, атмосферу и почву, например, частиц кремния, тяжелых металлов и нефтепродуктов, что в свою очередь способно вызвать чрезвычайную ситуацию техногенного характера.

Нарушение технологических процессов в ходе строительства, несоблюдение правил безопасности повышают вероятность взрывов, пожаров, разливов нефтепродуктов или химических веществ.

Помимо вышеперечисленных причин, сами чрезвычайные ситуации способны вызвать перебои обеспечения строительной площадки электроэнергией, приводящие к нарушению технологического процесса и выходу из строя или уничтожению дорогостоящего оборудования.

В общем случае наиболее вероятными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций при строительстве АЭС могут быть:

- пожары;
- взрывы;
- обрушения строений;
- серьезные травмы;
- крупные разливы топлива, нефти или химических веществ;
- воздействие химических веществ, токсичных материалов или газов;
- экологические последствия;
- террористические угрозы и сами теракты в рабочих городках и на объекте;
- дорожно-транспортные происшествия;
- массовые волнения и беспорядки на строительной площадке.
- травмы, летальный исход работника или группы работников при производстве работ;
- нарушения энергоснабжения;
- радиоактивное заражение местности при нарушении технологии загрузки ядерного топлива [6];
- и др.

При анализе приоритетов безопасности в системе комплексной защиты от чрезвычайных ситуаций на строительной площадке АЭС, может быть применен приоритетный порядок комплексной защиты «ЛОИР» в указанной очередности:

- Люди.
- Окружающая среда (природная составляющая).
- Имущество.
- Репутация [7].

Таким образом, при планировании мероприятий комплексной системы защиты на строительных площадках АЭС целесообразно использовать предлагаемый приоритетный порядок, который будет способствовать защите персонала, задействованного при строительстве и жителей близлежащих населенных пунктов, окружающей среды, имущества и сохранению репутации организации, проводящей работы по строительству АЭС.

В ходе исследования были определены основные потенциальные причины возникновения чрезвычайных ситуаций в ходе строительства АЭС и рекомендован порядок ранжирования приоритетов при создании и функционировании системы комплексной защиты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Международное агентство по атомной энергии. Общие требования безопасности. Часть 7: Управление безопасностью ядерных установок. Вена: МАГАТЭ, 2016. 45 с. (IAEA Safety Standards Series; GSR Part 7).
2. Международное агентство по атомной энергии. Safety Assessment for Facilities and Activities: Safety Guide. Vienna: IAEA, 2013. 55 p. (IAEA Safety Standards Series; SG-1.1).
3. Свиридова Т.А. Планирование и организация физической безопасности как составной части комплексной безопасности предприятия на примере АЭС / Т.А. Свиридова, Е.К. Фаустова // Управление строительством. – 2017. – № 1(9). – С. 134–142.
4. Писарев С.Н. О необходимости применения опыта ООН для подготовки специалистов МЧС России к участию в операциях гуманитарного характера / С.Н. Писарев, В.А. Шклярник // Научно-

аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2021. – № 1. – С. 166–171.

5. Сущенко А.Е. О тенденциях в сфере безопасности современных атомных электростанций / А.Е. Сущенко // Безопасность в строительстве : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 312–317.

6. Подшивалов И.А. Анализ безопасности на атомных электростанциях / И.А. Подшивалов // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : Материалы XI Всероссийской (с международным участием) НТК молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2024. – С. 239–241.

7. Куксин И. А. Коммуникативные приоритеты СМИ при освещении чрезвычайных ситуаций / И.А. Куксин // Век информации. – 2016. – № 2. – С. 98–101.

УДК 004.056

А.И. Шершнева¹, И.Ю. Шершнев²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПОДХОДА

Цель работы – разработка предложений по применению естественно-научного подхода при проектировании информационно-управляющей системы обеспечения информационной безопасности.

С учетом быстрого развития информационных технологий и увеличения числа киберугроз, обеспечение информационной безопасности стало одной из приоритетных задач для организаций всех уровней. Проблема обеспечения информационной безопасности используемых в работе систем становится всё более актуальной в условиях современной обстановки на международной арене. Руководителям различных ведомств Российской Федерации ставится задача обеспечить безопасность имеющихся данных, разработать систему безопасности, позволяющую исключить утечки информации об объектах национальной безопасности [1]. Разработка информационно-управляющих систем, способных гарантированно обеспечить требуемый уровень информационной безопасности, требует применения является приоритетной задачей. Естественно-научный подход, основанный на законе сохранения целостности, может служить основой для создания таких систем.

Закон сохранения целостности объекта проявляется во взаимной трансформации свойств объекта и свойств его действия при фиксированном предназначении [2]. В данном случае объектом является информационно-управляющая система. Целевая деятельность заключается в обеспечении информационной безопасности организации (ведомства). Успешное выполнение предназначения означает, что защищаемые данные обрабатываются, хранятся и передаются сотрудниками организации без утечек данных третьим лицам. При неудовлетворительной работе защитной и обеспечивающей подсистем происходит срыв целевой деятельности.

В основе любой деятельности лежит решение [3]. Лицо, принимающее решение, основываясь на полученной информации об имеющихся угрозах, а также о наличии ресурсов для нейтрализации угрозы, вырабатывает команду по устранению проблемы с целью обеспечения дальнейшего выполнения целевой задачи. В рамках обеспечения информационной безопасности невозможно обойтись без информационно-управляющей системы, потому что постоянный мониторинг окружающей обстановки на предмет появления

различных угроз сложно обеспечить, имея только человеческие ресурсы и не внедряя технические.

Основные угрозы информационной безопасности можно классифицировать на несколько категорий, каждая из которых представляет собой потенциальные риски для конфиденциальности, целостности и доступности информации [4]. Можно выделить следующие основные категории угроз:

1. Несанкционированный доступ: получение доступа к данным и различным информационным системам путем взлома аккаунтов или эксплуатацией уязвимостей систем;
2. Нарушение целостности информации: изменение данных (удаление, шифрование) вручную или с помощью вредоносного программного обеспечения с целью их полной или частичной утери;
3. Ограничение доступности информации: применение DDoS-атаки (Distributed Denial of Service) или физическое разрушение систем с целью блокирования доступа в имеющимся данным;
4. Нарушение конфиденциальности данных: утечка данных (как внешняя, так и внутренняя) или сбор и анализ метаданных с целью получения персональных данных, информации ограниченного доступа и секретной информации;
5. Социальные угрозы: манипулирование людьми с использованием психологического воздействия, а также применение фишинга для получения конфиденциальных данных путем обмана.

Данные угрозы проявляются с определенной периодичностью, а частота проявления по категориям зависит от специфики работы организации и уровня защищенности используемых в работе систем. Схематично можно представить концепцию поддержания функционирования информационно-управляющей системы обеспечения информационной безопасности следующим образом (рис. 1).



Рис 1. Концепция поддержания функционирования информационно-управляющей системы обеспечения информационной безопасности

Среднее время проявления угрозы составляет $\Delta t_{пп}$. Целевой процесс осуществляется с частотой ζ^+ (или с периодичностью $T_3 = 1/\zeta^+$), а срыв происходит с частотой ζ^- . Среднее время идентификации угрозы и её нейтрализации соответственно составляет $\Delta t_{ип}$ и $\Delta t_{нп}$. Таким образом, можно представить математическую модель решения (1), вырабатываемого в процессе работы информационно-управляющей системы обеспечения информационной безопасности:

$$P = F(\Delta t_{пп}, \Delta t_{ип}, \Delta t_{нп}, T_3, \zeta^-). \quad (1)$$

В данной модели P будет являться показателем уровня обеспечения информационной безопасности.

Применение естественно-научного подхода в разработке информационно-управляющих систем обеспечения информационной безопасности позволяет значительно повысить их эффективность. Представленная модель решения является основой для создания надежных систем, способных противостоять современным киберугрозам. В дальнейшем необходимо продолжать исследование и разработку новых методов, учитывающих динамику изменений в области информационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информационная безопасность в системе МЧС России / Беседина С. В., Жилин А. Л. // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2011. – №. 1 (2). – С. 98–100.
2. Development of a model for the management of environmental safety of the region, taking into account of the GIS capacity / Burlov V., Andreev A., Gomazov F. // MATEC Web of Conferences. – 2018. – С. 02038.
3. Information technologies and synthesis of the management process model in the enterprise / Andreev A.V., Burlov V.G., Grachev M.I. // International Science and Technology Conference «EastConf». – 2019. – С. 8725428.
4. Основные угрозы информационной безопасности / Утарбеков Ш. Г. // Вестник Челябинского государственного университета. Серия: Право. – 2021. – Т. 6. – №. 4. – С. 49–51.

УДК 665.725

А.А. Гаврин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СЦЕНАРИИ РАЗЛИВА СПГ ПРИ МОРСКОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

Разлив сжиженного природного газа на водную поверхность следует рассматривать как вероятное событие, которое может произойти при эксплуатации танкеров-газовозов. Существуют различные сценарии, при которых сжиженный газ может быть разлит и вступить во взаимодействие с водой, на этапе транспортировки [1]. Такой вид разлива может случиться при следующих ситуациях:

- аварийная ситуация при подготовке сжиженного природного газа к транспортировке в портовом терминале (например, на этапе загрузки или выгрузки);
- аварийная ситуация при непосредственной эксплуатации танкеров-газовозов.

Во время транспортировки сжиженного природного газа разлив могут реализоваться следующие сценарии:

- столкновение танкера-газовоза с другим судном или судами (пробитие двойного корпуса танкера-газовоза);
- столкновение с каким-либо препятствием [2].

Вследствие чего могут образоваться пробоины на внешнем корпусе танкера или в его грузовых ёмкостях (танках). Существуют три варианта сценариев истечения сжиженного природного газа из таких пробоин:

- истечение на уровне поверхности воды (пробоина на уровне ватерлинии)
- истечение в толщу воды (пробоина ниже уровня ватерлинии);
- истечение над водой [3].

Пробоина на уровне ватерлинии танкера-газовоза, при которой будет происходить истечение сжиженного природного газа, образуется в случае повреждения двойного корпуса судна. При проведении анализа риска исходят из того, что истечение сжиженного природного газа происходит в свободное пространство и в однофазном состоянии.

При таком подходе удельная массовая интенсивность истечения G , кг/м²·с, определяется уравнением Бернулли:

$$G = b \sqrt{2\rho_{\text{ж}}[g\rho_{\text{ж}}h_{\text{ж}}(\tau) - (P_* - P_{\text{п}}(\tau))]}, \quad (1)$$

где b – коэффициент расхода; g – ускорение силы тяжести; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости; P_* – противодействие (при истечении в атмосферу $P_* = P_a$); $P_{\text{п}}(\tau)$ – регулируемое давление паровой фазы; $h_{\text{ж}}(\tau)$ – переменный уровень жидкости.

В штатном варианте ёмкость оснащена вакуумным клапаном и возможностью поддерживать необходимое избыточное давление в паровом пространстве по мере опорожнения, то есть снижения уровня жидкости. Предполагается, что размеры пробойны во внешнем корпусе заведомо больше, чем в грузовой ёмкости, и межстенное пространство быстро заполняется водой, так что попадание сжиженного природного газа в это пространство минимально, и он практически весь выливается (условно горизонтально, т.е. без смещения) на воду.

В случае образования пробойны на уровне выше ватерлинии истечение сжиженного природного газа не будет сплошным. Струя жидкости в воздухе будет распадаться на совокупность отдельных капель разного диаметра под действием сдвиговых напряжений и поверхностного натяжения. Принято считать, что распределение капель логнормальное по диаметру самих капель, $\tilde{d}$, но при таком распределении капли преимущественно мелких размеров. При истечении сжиженного природного газа с механическим дроблением струи более характерным является средний Заутеровский диаметр, d_{32} . Представляющий собой деление общего объёма капель на общую площадь их поверхности.

$$d_{32} = \frac{(\int_0^\infty r^3 dr)}{\int_0^\infty r^2 dr}. \quad (2)$$

Пробойны ниже ватерлинии могут образоваться в следующих случаях:

- посадка судна на мель;
- столкновение с судном, у которого выступает под водой носовая часть (бульба).

Соответственно, возможны два исхода образования пробойн при внешнем динамическом воздействии:

- повреждается только наружный корпус;
- повреждается наружный корпус и грузовая ёмкость, содержащая сжиженный газ.

При повреждении только наружного корпуса, поток воды будет поступать в межкорпусное пространство, воздух в котором будет сжиматься. Расположение пробойны определяет зависимость равновесия гидростатических давлений сжатого воздуха и уровня воды. Следовательно, заполнение межкорпусного пространства будет протекать в два этапа:

- сжатие заполняющего воздуха до установления промежуточного гидростатического равновесия за счёт быстро поступающей в пространство воды;
- постепенный выход оставшегося воздуха в атмосферу с соответствующим заполнением этого пространства водой до перекрытия самой пробойны и установления нового равновесия давлений [4, 5].

Когда повреждается и внешний корпус, и грузовая ёмкость со сжиженным природным газом, в межкорпусное пространство будет изначально поступать вода и сжиженный газ. К такому результату приводит большой напор сжиженного газа (с учётом давления парового пространства). Последующее интенсивное испарение сжиженного природного газа при смешивании с водой давление начнёт возрастать в межкорпусном пространстве. При этом глубина, на которой образовывается пробойна слабо влияет на поток сжиженного природного газа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Епихин А.И. Основные причины аварийности танкеров-газовозов / А.И. Епихин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2016. – № 4. – С. 7–12.
2. Vanem E., Antão P., Østvik I., Del Castillo de Comas F. Analysing the risk of LNG carrier operations. Reliability Engineering & System Safety, Volume 93, Issue 9, 2008, Page 1328-1344, ISSN 0951-8320 doi.org: 10.1016/j.ress.2007.07.007;
3. Cabioc'h F., De Castelet D., Penelon T., Pagnon S., Peuch A., Bon-nardot F., Duhart J., Drevet D., Cerutti C., Estiez C., Dernas M., & Hermand J.C. Accidents on vessels transporting liquid gases and responder's concerns: the Galerne Project. Proceedings of the 32 AMOP technical seminar on environmental contamination and response Volume 1, (p. 940). 2009. Canada: Environment Canada.
4. Woodward J.L., Pitblado R.V. LNG risk-based safety modeling and consequence analysis. AIChE. Нью-Джерси, Канада: Wiley, 2010. 374 с.
5. Сафонов В.С. Проблемы обеспечения безопасности объектов сжиженного природного газа. Часть III: Характерные сценарии и возможные последствия аварий на танкерах для транспортировки сжиженного природного газа и подводных газопроводах. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2023. – 272 с. ISBN 978-5-9687-0949-3.

УДК 614.8

Д.А. Тишков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СОСЕДНИХ РЕЗЕРВУАРОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗЛЕТА ОСКОЛКОВ ПРИ ВЗРЫВЕ ВНУТРИ НАЗЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА

В ходе разработки программного комплекса по расчету показателей риска аварии для нефтебазы возникла необходимость учета осколков, возникающих в сценариях аварий в результате взрыва наземного резервуара [1]. По причине отсутствия методических рекомендаций, которые бы учитывали влияние разлетающихся осколков при взрыве наземного резервуара на возможность развития аварии по принципу «Домино», было принято решение о разработке методики, которая бы позволяла учесть возможное поражение соседних резервуаров разлетающимися осколками.

Цель работы – разработка методики по расчету вероятности поражения соседних резервуаров разлетающимися осколками оболочки, возникающими при взрыве внутри наземного резервуара.

Методика исследований. В ходе работы был проведен анализ методических рекомендаций Ростехнадзора по расчету разлета осколков при разрушении резервуаров с жидкостью. Анализ показал, что данная методика применяется в первую очередь при расчете разгерметизаций по механизму «BLEVE», а значит требует доработки для обеспечения расчета при взрыве газовой фазы в наземном резервуаре.

Результаты и их обсуждение. В качестве основного документа, на который происходило ориентирование при формировании методики, было выбрано приложение 8 методических рекомендаций по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах «Методика расчета разлета осколков при разрушении резервуаров с жидкостью» [2]. Согласно данной методике, угол вылета фрагментов оболочки резервуара носит вероятностный характер, а начальная скорость разлета осколков для наземного цилиндрического резервуара определяется по формуле (1):

$$U_0 = 1,71 \left(\frac{\rho_{об}}{M_{об}} E_{эф} \cdot 10^{-5} \right)^{0,564}. \quad (1)$$

Для расчета данной формулы необходимо определить массу оболочки резервуара $M_{об}$, кг, и эффективную энергию взрыва $E_{эф}$, Дж.

Учитывая, что при расчете «Дерева событий» для взрыва наземного резервуара (сценарий А₃), вероятность того, что жидкость останется внутри резервуара и не поступит за его пределы составляет 0,75, то можно предположить, что в результате такого взрыва происходит разрушение верхней части резервуара [3]. Поэтому в данной методике в качестве показателя $M_{об}$ предлагается использовать массу крыши резервуара, расчет которой проводится по формуле (2):

$$M_{об} = \pi \frac{D_p^2}{4} h, \quad (2)$$

где D_p – внутренний диаметр резервуара, м, определяемый согласно таблице 1 ГОСТ 31385–2023 [4]; h – толщина крыши резервуара, определяемая по таблице 3 ГОСТ 31385–2023.

Количество осколков, на которые разделяется данная масса, так же, как и в методике [2], принимается равным 10.

Для определения величины эффективной энергии $E_{эф}$, вместо формулы для взрыва по механизму «BLEVE», представленной в методике, было принято решение о применении формулы по расчету эффективного энергозапаса горючей смеси, согласно приложению 3 методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [5]. Итоговая формула представлена под номером (3):

$$E_{эф} = k M_T E_{уд}, \quad (3)$$

где k – доля энергии, которая расходуется на разлет осколков. Так как при расчете эффективной энергии, согласно приказу Ростехнадзора № 69 [2], долю энергии, которая расходуется на разлет осколков, допускается принимать равной 0,5, то и в данной методике величине коэффициента k задается то же значение; M_T – масса горючего вещества, кг; $E_{уд}$ – удельная теплота сгорания горючего вещества, Дж/кг.

M_T определяется по формуле (4):

$$M_T = \rho_{гв} V_{рвс} (1 - k_{рвс}), \quad (4)$$

где $\rho_{гв}$ – плотность горючего вещества, кг/м³; $V_{рвс}$ – объем резервуара, м³; $k_{рвс}$ – степень заполненности резервуара.

Согласно методике расчета разлета осколков при разрушении резервуаров с жидкостью [2], после определения начальной скорости разлета осколков дальнейшие расчеты проводятся по приложению № 8 к Руководству по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта», поэтому и расчеты по составленной методике дальше проводятся согласно ему, но со следующими изменениями [6]:

1. При расчете вероятности поражения человека по формулам 7–8 методики [6], вместо человека в качестве объекта поражения принимается резервуар, моделируемый цилиндром с радиусом r и высотой l ;

2. При расчете площади среднего миделя осколка используется формула (5):

$$S_{ср} = \left(\frac{M_{фр}}{\rho_{об}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (5)$$

где $M_{фр}$ – средняя масса фрагмента, кг, которая определяется, как $\frac{M_{об}}{10}$, исходя из принятого числа осколков, составляющего 10; $\rho_{об}$ – плотность материала резервуара, для стали $\rho_{об} = 7800$ кг/м³;

3. Так как в методике по расчету разлета осколков при разрушении резервуаров с жидкостью не указан диапазон значений угла вылета осколков [2], то данный диапазон принимается из методики по расчету разлета осколков при разрушении газопроводов и сосудов с газом под давлением [6] и принимает значения от 5° до 85°;

4. Попадание любого осколка в резервуар приводит к разгерметизации и переходу к сценарию А₁ методики оценки риска аварий на опасных производственных объектах, утвержденной приказом Ростехнадзора от 28 ноября 2022 г. № 414 [3].

Выводы. В результате работы была сформирована методика расчета вероятности поражения резервуара от разлетающихся фрагментов оболочки, возникших в результате взрыва соседнего резервуара. Данная методика позволяет определить величину вероятности поражения соседних резервуаров в результате возникновения поражающих факторов сценария взрыва на наземном резервуаре и сценарии последующего развития аварии.

Данная методика будет интегрирована в программный комплекс по расчету рисков аварий для нефтебазы с целью повышения точности результатов ее работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.12.2022 № 478 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов».
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.02.2023 № 69 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах».
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2022 № 414 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности».
4. ГОСТ 31385-2023. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные. Общие технические условия.
5. Приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
6. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.12.2022 № 454 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа».

УДК 614.8

А.П. Бызов, Д.Г. Турубаров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА ОПАСНОГО ВЕЩЕСТВА, УЧАСТВУЮЩЕГО В АВАРИИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: разработать методику оценки количества опасного вещества, участвующего в аварии с учетом откачки опасного вещества в аварийные резервуары посредством насосного агрегата.

На данный момент существует следующая методика по оценке истечения опасного вещества из различных типов оборудования, – Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [1]. Нахождение количества опасного вещества, участвующего в аварии, необходимо для оценки величин поражающих факторов и расчёта величин потенциального территориального риска [2].

Решение об откачке жидкости в аварийные резервуары принимается в соответствии с разработанным на опасный производственный объект «Планом мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий», который определяет сценарии аварий, при которых откачка может являться необходимым действием [3].

Однако в случае приказа МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 не учитывается возможность откачки опасного вещества из поврежденного резервуара посредством насосного аппарата.

Приведём в формуле (1) выражение учитывающие откачки:

$$\int_0^t G(t') dt' + Qt = m, \quad (1)$$

где G – массовый расход жидкости через отверстие во времени, кг/с; t – время истечения жидкости из резервуара, с; Q – производительность насоса, кг/с; m – масса опасного вещества над отверстием истечения, кг.

В соответствии с методикой [1], формулы для переменных имеют вид (1):

$$G(t) = G_0 - \frac{\rho g \mu^2 A_{hol}^2}{A_R} t, \quad (2)$$

где G_0 – массовый расход в начальный момент времени, кг/с, определяемый по формуле (3):

$$G_0 = \mu \rho A_{hol} \sqrt{2g(h_0 - h_{hol})}, \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/с³; g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²); μ – коэффициент истечения; A_{hol} – площадь отверстия, м²; h_{hol} – высота расположения отверстия, м; A_R – площадь сечения резервуара, м²; h_0 – начальная высота столба жидкости в резервуаре, м.

При этом значение m , кг определяется по формуле (4):

$$m = \rho(h_0 - h_{hol})A_R. \quad (4)$$

Итоговое выражение после математических преобразований принимает вид, приведенный в формуле (5):

$$\mu \rho A_{hol} \sqrt{2g(h_0 - h_{hol})} t + \frac{\rho g \mu^2 A_{hol}^2}{2A_R} t^2 + Qt - \rho(h_0 - h_{hol})A_R = 0. \quad (5)$$

В данном случае масса расхода включает в себя сумму расходов через отверстия и насосный агрегат. Чтобы получить массу истечения через отверстие m' , кг необходимо математическими методами определить положительный корень выражения (5) – t_0 , с, и подставить его в формулу (6):

$$m' = \mu \rho A_{hol} \sqrt{2g(h_0 - h_{hol})} t_0 + \frac{\rho g \mu^2 A_{hol}^2}{2A_R} t_0^2. \quad (6)$$

Также в случае сосудов, работающих под давлением, методика МЧС России предусматривает следующее определение мгновенного массового расхода G_0 (кг/с):

$$G_0 = \mu \rho A_{hol} \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho} + 2g(h_0 - h_{hol})}, \quad (7)$$

где ΔP – избыточное давление в сосуде, Па.

Тогда итоговое выражение принимает вид:

$$\mu \rho A_{hol} \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho} + 2g(h_0 - h_{hol})} t + \frac{\rho g \mu^2 A_{hol}^2}{2A_R} t^2 + Qt - \rho(h_0 - h_{hol})A_R = 0. \quad (8)$$

И соответственно масса истечения через отверстие m' (кг) в случае сосудов, работающих под давлением, определяется по формуле (9):

$$m' = \mu \rho A_{hol} \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho} + 2g(h_0 - h_{hol})} t_0 + \frac{\rho g \mu^2 A_{hol}^2}{2A_R} t_0^2. \quad (9)$$

Также отдельно стоит отметить отсутствия расчётных формул в рассматриваемой методике для расчёта коэффициента истечения μ (при отсутствии данных предлагается принимать его равным 0,8). В этом случае приведем метод расчёта из монографии В.В.

Яковлева [4]. Предлагается использовать зависимость значений коэффициента истечения μ от вязкости жидкости представленной в таблице 1.

Таблица 1 – зависимость значений коэффициента истечения μ от вязкости жидкости

Кинематический коэффициент вязкости, C_t	0,01–0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0
Коэффициент расхода μ	0,61	0,51	0,41	0,36	0,33	0,3	0,26

При выполнении прогнозных или оценочных расчетов предлагается воспользоваться аппроксимацией:

$$\mu = 1,6705 \cdot 10^7 \cdot \nu^2 - 5,13 \cdot 10^3 \cdot \nu + 0,6228, \quad (10)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

По результатам дополнений, представленных выше, к методике Приказа МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» были получены расчётные формулы, позволяющие определить количество опасного вещества, учитывающие откачку при обнаружении аварии. Полученные формулы «расширяют» методику, указанную в Приказе, однако при этом не были учтены следующие факторы: изменение давления в следствие истечения из сосуда, работающего под давлением, и истечение в аварийные резервуары посредством самотека, что допускается по СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ МЧС России «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» от 26 июня 2024 г. № 533.
2. Приказ Ростехнадзора «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» от 3 ноября 2022г. №387.
3. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» от 15 сентября 2020 года № 1437.
4. Яковлев В.В. Риск в природно-технической среде [Электронный ресурс]: [монография] / В.В. Яковлев; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.). – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – Текстовый файл. – <URL:<http://elibrary.spbstu.ru/dl/2/6214.pdf>>. с. 286 (Дата обращения: 19.02.2025)
5. Приказ МЧС России «Об утверждении свода правил «Склады нефти и нефтепродуктов. требования пожарной безопасности» от 26 декабря 2013 г. № 837.

УДК 614.8

С.Н. Писарев, Д.Н. Шаров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ОТ АТАК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Современный мир ставит перед обществом множество сложных вызовов, среди которых особую тревогу вызывают террористические угрозы с применением передовых технологий. Это приводит к тому, что многие объекты экономики оказываются недостаточно подготовленными к эффективному противодействию таким рискам. Такие события могут нести за собой значительное количество негативных последствий для людей, инфраструктуры и окружающей среды. Эффективные защитные мероприятия в условиях террористического акта на таких взрывоопасных объектах как автозаправочные станции (АЗС) являются важной

задачей обеспечения безопасности персонала, требующей системного подхода, четкого плана действий и использования современных технологий. Основной проблемой является слабая защищенность АЗС от последствий атак беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Работа выполнена на основе анализа зарубежных публикаций. *Целью исследования* является совершенствование мероприятий по защите персонала АЗС от атак БПЛА с применением организационно-технических решений, отвечающих вызовам современности.

Атаки БПЛА на объекты экономики, связанные с хранением и транспортировкой легковоспламеняющихся жидкостей, могут носить катастрофические последствия. При ударах БПЛА по таким объектам вероятны масштабные взрывы и возгорания, которые не только разрушают инфраструктуру, но и представляют прямую угрозу для жизни людей. Те, кто находится вблизи эпицентра, рискуют получить тяжелые ожоги, травмы от ударной волны или осколков, что не редко приводит к летальному исходу [1]. Отсутствие четких инструкций по эвакуации и недостаточная подготовка персонала к чрезвычайным ситуациям значительно повышают риски на АЗС.

В современных условиях АЗС оснащены рядом защитных механизмов и мероприятий, направленных на предотвращение аварийных ситуаций. Среди них – автоматические системы пожаротушения, сигнализации, аварийного отключения оборудования, а также регулярное обучение сотрудников. Эти меры успешно справляются с типичными рисками, такими как, утечки горючего или технические сбои, а также небольшие возгорания. Однако они не учитывают появление новых угроз, например атак с использованием БПЛА. В случае атак БПЛА, существующие средства безопасности могут оказаться неэффективными, т.к. обнаружение угрозы, ее нейтрализация и обеспечение защиты персонала АЗС оказываются трудно реализуемыми. В результате персонал сталкивается с серьезной опасностью, включая взрывы или масштабные пожары, без возможности быстро покинуть зону поражения или получить необходимую помощь.

Исходя из вышеизложенного, на основании анализа материалов зарубежных авторов, предлагается ряд вариантов защитных мер, которые могут способствовать совершенствованию системы безопасности персонала АЗС.

Первостепенную задачу обнаружения угрозы, а также информирования персонала АЗС возможно решать с помощью акустических датчиков обнаружения БПЛА, принцип действия которых основан на улавливании звуковых волн от двигателей и пропеллеров БПЛА [2]. При обнаружении звука, превышающего заданный порог, система автоматически активирует сигнализацию. Акустические системы могут работать в реальном масштабе времени, обеспечивая реагирование на потенциальные угрозы. Кроме того, они могут быть интегрированы с другими системами безопасности, такими как видеонаблюдение, создания комплексного подхода к охране объектов. Таким образом, акустическое обнаружение является эффективным инструментом для мониторинга воздушного пространства и повышения безопасности персонала на объектах с высокой степенью риска.

Модульные укрытия обеспечивают защиту персонала АЗС, работающего на открытой территории, и устанавливаются таким образом чтобы персонал АЗС мог оперативно укрыться при сигнале тревоги. Эти сооружения могут противостоять воздействию ударной волны и осколкам, защищая группы из 5–10 человек. Убежища создаются из прочных стальных либо современных композитных материалов и оборудованы необходимыми системами вентиляции и коммуникационными средствами.

Полузаглубленные укрытия создаются для защиты персонала и посетителей АЗС от ударной волны, осколков и других опасных факторов, возникающих при взрыве. Они оборудуются в зонах, где требуется быстрое укрытие, но нет возможности построить полностью заглубленные бункеры [4]. Полузаглубленные укрытия сочетают в себе преимущества наземных и подземных сооружений, обеспечивая высокий уровень защиты при относительной простоте конструкции. Примером таких укрытий могут служить конструкции, частично заглубленные в

землю на 1–1,5 м, с дополнительным усилением стен. Вход в укрытие находится на уровне земли, что позволяет людям быстро спуститься внутрь. Крыша укрытия укрепляется стальными листами или бетонными плитами для защиты от осколков и обломков.

Защитные зоны создаются для защиты персонала внутри здания от ударной волны, осколков стекла и других опасных факторов. Они могут быть организованы в различных частях здания, таких как подсобные помещения или специально укрепленные зоны [3]. Усиление стен и потолков, применение защитных пленок или бронированных стекол предотвращают травмирование персонала и посетителей АЗС. Таким образом, защитные зоны внутри здания АЗС играют важную роль в обеспечении безопасности персонала. Основная задача таких зон – предоставить безопасное место для укрытия до устранения угрозы. Поэтому данные зоны оснащены системами вентиляции, освещения и связи, что позволяет персоналу и посетителям оставаться в безопасности до устранения угрозы.

Все работники АЗС должны регулярно повышать свои профессиональные навыки и участвовать в учениях и тренировках по эвакуации и использованию убежищ. На открытых площадках АЗС должны быть установлены направляющие таблички, которые указывают путь к убежищам. Убежища необходимо содержать и поддерживать в готовности к немедленному использованию по прямому назначению и осуществлять контроль за функционированием их систем вентиляции, освещения и связи.

Регулярное обучение персонала, интеграция систем обнаружения, оповещения и использование защитных конструкций, а также их техническое обслуживание являются ключевыми элементами повышения безопасности на АЗС. Внедрение предлагаемых мер позволяет снизить риски для жизни и здоровья людей и повысить общую устойчивость АЗС к внешним угрозам, таким как атаки БПЛА. Это важный шаг к созданию безопасной среды для работы персонала и обслуживания клиентов АЗС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Tanaka H. Emergency Response Systems for Fuel Storage Facilities. *Journal of Disaster Prevention*, 22(1), 45-60. 2017.
2. Защитные сооружения гражданской обороны: назначение и виды [Электронный ресурс]. URL: <https://en.stavto.ru/articles/zashchitnye-sooruzheniya-grazhdanskoy-oborony-naznachenie-i-vidy/>
3. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Explained: Types, Uses [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infodeskbd.com/unmanned-aerial-vehicles-uavs-explained-types-uses-and-technologies/>, 45(6), 234-250.
4. IAEA. Protective Measures for Critical Infrastructure: Best Practices and Case Studies. International Atomic Energy Agency. 2018.
5. Smith A. Modern Approaches to Civil Defense Structures. Shelter, the Greatest Need [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oism.org/nwss/s73p916.htm>. *Journal of Safety Engineering*, 12(3), 2020. 78-92.
6. Johnson L., & Williams R. Drone Threats and Countermeasures: A Comprehensive Review. *International Journal of Security Studies*, 8(4), 2019. 112-130.
7. <https://www.infodeskbd.com/unmanned-aerial-vehicles-uavs-explained-types-uses-and-technologies/>, 45(6), 234-250.

УДК 331.1:368

Н.Д. Клопов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Реализации опасных факторов риска в результате аварий на опасных производственных объектах сопутствует несколько составляющих ущерба: гуманитарная; экологическая; материальная [1].

В социально-экономических исследованиях довольно широко применяется термин «стоимость среднестатистической человеческой жизни» (ССЖ) [2].

Гуманитарный ущерб связан с понятием ССЖ, однако на данный момент нет единой методологии, согласно которой можно было бы рассчитать это значение.

В связи с этим актуальность темы оценки ССЖ становится особенно высокой. Эта величина необходима для расчета совокупного ущерба от аварии, обоснования экономической целесообразности мер по обеспечению безопасности, а также позволяет рассчитать гуманитарные выплаты пострадавшим в результате аварий.

Цель работы – провести сравнительный анализ существующих методов оценки стоимости среднестатистической жизни человека.

Задачи работы:

1. Провести обзор и систематизацию существующих методов оценки стоимости жизни, представленных в отечественной и зарубежной литературе.
2. Проанализировать преимущества и ограничения каждого подхода.
3. Провести сравнительный анализ методов оценки ССЖ.
4. Разработать таблицу сравнения характеристик методов оценки ССЖ.

Основными методами исследования в данной работе являются метод системного обзора литературы, а также сравнительный анализ, для сопоставления характеристик различных методологических подходов, выявления их преимуществ и недостатков.

Основными методами оценки стоимости жизни, применяемые в современной мировой практике, основаны главным образом на оценке человеческого капитала и на оценке готовности платить [3].

Методы человеческого капитала (Human Capital Approach) основаны на предположении, что ценность жизни человека можно выразить через его способность генерировать экономическую выгоду в течение своей трудовой деятельности.

Метод оценки человеческого капитала можно условно разделить на два основных подхода:

- затратный;
- доходный [3].

Затратный подход оценивает человеческий капитал исходя из совокупных затрат, понесённых на его формирование.

Доходный подход оценивает человеческий капитал исходя из совокупного дохода человека, который он мог бы заработать за всю жизнь [4].

Методы оценки готовности платить (Willingness to Pay – WTP) являются субъективными методами оценки стоимости человеческой жизни. Они основываются на идее, что стоимость жизни можно оценить через сумму, которую человек готов заплатить для снижения риска преждевременной смерти или ухудшения состояния здоровья.

Готовность платить за избежание риска смерти можно измерить с использованием:

- методов заявленных предпочтений (stated preference – SP);
- методов выявленных предпочтений (revealed preference – RP).

Метод SP заключается в опросе респондентов напрямую (личное собеседование, анкетирование). Респондентов просят назвать сумму, которую они готовы заплатить за снижение уровня риска на некоторое значение.

Метод RP основан на анализе поведения людей в условиях рыночных отношений. Одной из техник метода RP является анализ заработной платы. Более высокая зарплата в рискованных профессиях рассматривается как компенсация за повышенный риск смерти или травмы, что позволяет оценить стоимость жизни через премию за риск.

Метод моделирования выбора (Choice modelling) является одним из SP-методов оценки заявленных предпочтений. Метод получил серьезное теоретическое обоснование, в том числе в работах нобелевского лауреата Daniel L. McFadden [5].

Суть метода заключается в том, что респондентам предлагается ряд гипотетических сценариев, где каждый сценарий включает несколько альтернатив. Каждая альтернатива описывается набором атрибутов (например, стоимость, риск, уровень безопасности, качество и т.д.), причём каждый атрибут может принимать разные значения. Участники выбирают одну из представленных альтернатив, отражая таким образом свои предпочтения. Это позволяет проводить комплексную оценку многомерных измерений в параметрах решений и связанных с ними вариантов стратегии обеспечения безопасности [3].

Метод оценки ССЖ на основе теории полезности основывается на предположении, что экономическая ценность человека для общества можно измерить через его способность генерировать доход или создавать добавленную стоимость, отражённую в среднем ВВП на душу населения. При преждевременной смерти утрачивается не только сама жизнь, но и будущее «экономическое благо», которое этот человек мог бы принести. Поскольку будущие доходы необходимо привести к настоящей стоимости, применяется метод дисконтирования.

Стоит также отметить, что в исследованиях, посвященных данной теме, встречается и демографический подход к оценке стоимости жизни, где стоимости жизни определяется через баланс накопленных и потребленных благ на протяжении жизни человека. Такой метод позволяет оценить рентабельность поколений и «стоимость» утраты потенциального вклада в воспроизводство будущих поколений.

Ниже представлена таблица 1 сравнения характеристик рассмотренных методов оценки стоимости жизни человека.

Таблица 1 – Сравнение характеристик методов оценки стоимости жизни человека

Метод	Преимущества	Недостатки
Человеческого капитала (затратный)	Объективное использование фактических данных о расходах на образование, здравоохранение и обучение	Не учитывает нематериальные факторы. Сложность полного отражения всех инвестиций в человека
Человеческого капитала (доходный)	Универсальность. Оценка перспектив. Учет времени и особенностей человеческого капитала.	Сложность расчетов, данные для расчетов прогнозные, что делает оценку вероятностной и субъективной
Метод полезности	Интеграция экономических показателей с учетом будущей экономической выгоды, применение дисконтирования	Игнорирование нематериальных и социальных аспектов, сложности с интерпретацией результатов
Демографический метод	Оценка вклада поколения в экономику	Требует обширных демографических и экономических данных
Методы готовности платить (WTP)		
Заявленных предпочтений (SP)	Учитывает субъективные факторы (человеческие страхи, предпочтения, уровень благосостояния)	Зависит от качества опросов (респонденты могут давать завышенные или заниженные оценки). Требует сложного статистического анализа
Выявленных предпочтений (RP)	Учитывает рыночное поведение людей. Демонстрирует высокую объективность благодаря использованию фактических данных	Игнорирует людей, которые не могут участвовать в рыночных отношениях. Не всегда можно выделить конкретные нематериальные блага
Моделирования выбора	Позволяет одновременно учитывать влияние множества характеристик. Можно применять при оценке нерыночных благ, где прямые рыночные оценки отсутствуют	Сложность конструкции эксперимента. Проблемы с интерпретацией и моделированием (большой объем данных)

Проведенный сравнительный анализ существующих методов оценки стоимости среднестатистической жизни показывает, что каждый из подходов обладает как значительными преимуществами, так и определенными ограничениями.

Объективные методы, основанные на анализе инвестиций в человеческий капитал или будущих доходов, обеспечивают статистическую надежность, однако не всегда позволяют учесть субъективную ценность жизни. В свою очередь, методы, основанные на готовности платить более гибкие и ориентированы на реальные предпочтения, но страдают от гипотетичности и возможного смещения данных.

На основании этих результатов можно сделать вывод, что в дальнейших исследованиях необходима разработка интегрированной методики, способной объединить количественные и качественные показатели оценки человеческой жизни, что особенно актуально для обеспечения безопасности на опасных производственных объектах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Колесников Е.Ю., Филиппидис В. Проблемы риск-ориентированного подхода // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18. № 6. С. 84–92.
2. Зубец А.Н., Новиков А.В. Численная оценка стоимости жизни человека в России и в мире // Финансы: теория и практика. 2018.
3. Иващенко И.Н., Иващенко К.И. Стоимостная оценка социального ущерба, вызванного аварией, и безопасность сооружений. Проблемы анализа риска. 2016;13(1):12–22.
4. Нифантова Р.В., Шипицына Светлана Евгеньевна Современные методические подходы в оценке стоимости человеческой жизни // Экономика региона. 2012. №3.
5. McFadden D.L. The new science of pleasure. Working Paper 18687. NBER working paper series. National Bureau of economic research. Cambridge, MA 02138. January 2013. P. 39.

УДК 614.8

А.Д. Шевляков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время наблюдается прогресс в молочной отрасли, это заметно по количеству открывающихся молочных заводов и комбинатов каждый год по всей территории России, а также по положительной тенденции производства молочных продуктов в 2022 году. Производство составило 106,5 % по сравнению с предыдущим годом. Вместе с открытием современных молочных комбинатов возникает и необходимость в контроле за состоянием условий труда рабочих во избежание негативных последствий [1]. Вместе с открытием современных молочных комбинатов возникает и необходимость в контроле за уровнем промышленной безопасности во избежание негативных последствий на сотрудников предприятия, инфраструктуру и окружающую среду [2]. Была выявлена проблема – использование на предприятии аммиачной холодильной установки (АХУ), являющейся опасным производственным объектом (ОПО) IV класса опасности.

Целью данного исследования является определение показателя индивидуального риска для сотрудников данного ОПО в случае аварии с участием аммиачной холодильной установки.

Для достижения поставленной цели были реализованы следующие задачи:

- анализ причин аварийности на ОПО молочной промышленности;
- анализ оборудования на исследуемом ОПО;
- расчет показателя индивидуального риска для сотрудников.

Для более глубокого изучения поставленной проблемы был проведен обзор литературы. В качестве критериев отбора литературы были выбраны следующие понятия: промышленная безопасность, опасный производственный объект, специфика молочного комбината, хранение и использование в производстве аммиака, безопасность на производстве, аварийность на молочном комбинате, несчастные случаи на молочном комбинате, разгерметизация резервуара, индивидуальный риск, социальный риск, вредные и опасные производственные факторы. Во время изучения современной литературы были выделены следующие критерии анализа:

1. Причины возникновения аварий на ОПО молочной промышленности.
2. Возможные последствия от аварий для людей и сооружений.
3. Способы повышения уровня промышленной безопасности на ОПО.

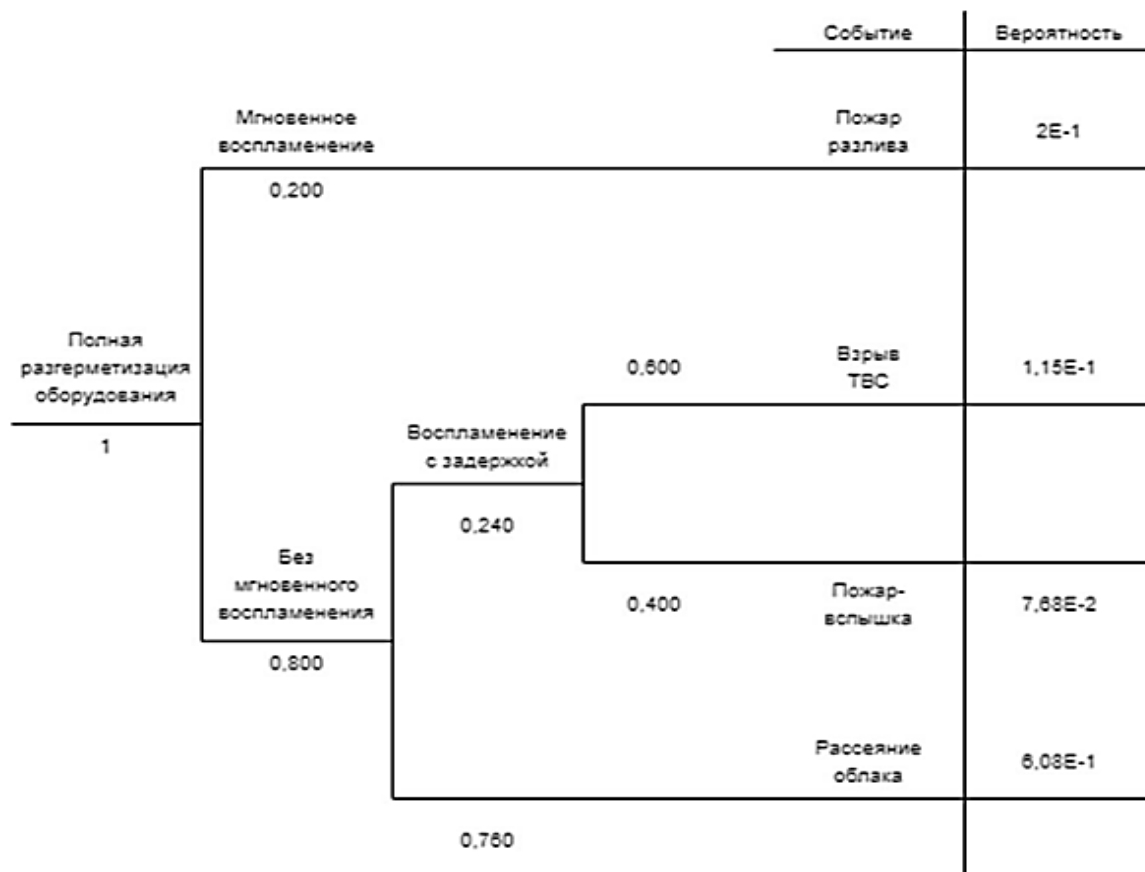


Рис. 1. Дерево событий при полной разгерметизации оборудования с ЛВЖ

В свою очередь причины возникновения аварий на молокозаводе могут быть совершенно разные. Стоит отметить, что авария – это разрушение сооружений и/или технических устройств, используемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и/или выброс веществ в окружающую среду [3]. В результате анализа крупнейших аварий на ОПО молочной промышленности были выделены основные причины возникновения аварий:

- несоблюдение технологического режима производства;
- нарушение техники безопасности при использовании оборудования и инструментов;
- нарушение техники безопасности при работе с опасными веществами;
- недостаточное обучение и подготовка персонала;
- нарушение правил хранения опасных веществ и материалов;
- износ и повреждение оборудования;

- неблагоприятные климатические условия, такие как сильный ветер, дождь или снегопад;
- нарушение правил пожарной безопасности;
- недостаточная оснащённость производственных помещений системами автоматического пожаротушения и эвакуации;
- неправильное хранение и использование газовых баллонов, цистерн с опасными веществами.

Для определения вероятности реализации сценариев аварии с полной разгерметизацией оборудования с аммиаком было построено соответствующее дерево событий (рис. 1) [4].

Для расчета потенциального риска $R_{\text{пот}}$ была использована следующая формула (1):

$$R_{\text{пот}}(x, y) = \sum_{i=1}^I Q_{\text{г.с}} \cdot Q_i \cdot \left\{ 1 - \prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)} \left[1 - (1 - v_{\text{защ}}^{ij}) \cdot P_{\text{гиб}}^{ij}(x, y) \right] \right\} \quad (1)$$

где: I – число учитываемых сценариев развития аварии; $Q_{\text{г.с}}$ – ожидаемая частота, год⁻¹, возникновения на складе ЛВЖ головного события аварии в течение года (таблица 17 [5]); Q_i – условная вероятность реализации i -го сценария развития аварии; $v_{\text{защ}}^{ij}$ – коэффициент защищенности человека, находящегося в точке территории с координатами (x, y) ; $P_{\text{гиб}}^{ij}(x, y)$ – условная вероятность гибели незащищенного человека в точке территории с координатами (x, y) от j -го поражающего фактора при реализации i -го сценария аварии [5].

По результатам расчетов было закономерно получено, что потенциальный риск гибели людей наибольший в помещении, где размещена аммиачная холодильная установка:

$$R_{\text{пот}} = 4,1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Также была определена величина индивидуального риска для сотрудников ОПО, взаимодействующих с АХУ, по формуле (2):

$$R_{\text{инд.к}}^{\Psi} = R_{\text{пот.к}} \cdot q^{\Psi}, \quad (2)$$

где q^{Ψ} – вероятность присутствия отдельного представителя категории персонала или населения в определенной месте.

По результатам расчетов было выявлено, что показатель индивидуального риска для операторов АХУ составил:

$$R_{\text{инд}} = 3,28 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Согласно ФЗ № 123 от 22.07.2008 величина индивидуального риска в зданиях, сооружениях и на территориях производственных объектов не должна превышать 10^{-6} год^{-1} [6]. Полученные значения на данном ОПО превышают допустимые нормы, в связи с этим в предстоящих исследованиях будут предложены комплексные меры по минимизации рассчитанных показателей.

Таким образом, был проведен анализ опасности на ОПО молочной промышленности – проанализированы причины возникновения аварий на ОПО, рассчитан потенциальный риск гибели сотрудников и индивидуальный риск оператора аммиачной холодильной установки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Акимов Р.А., Абасова З.У. Состояние и перспективы развития пищевой промышленности в России // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2022. – №3 (61).
2. Пенькова Н.В., Корольков А.Ф. Производство молока в России в период пандемии COVID-19 // Московский экономический журнал. – 2021. – №12.
3. ГОСТ Р 22.0.05-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133493?section=text> (дата обращения: 10.02.2025)

4. Приказ МЧС России от 26.06.2024 N 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_485176/ (дата обращения: 10.02.2025)
5. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 03.11.2022 г. № 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_433652/ (дата обращения: 10.02.2025)
6. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380/ (дата обращения: 10.02.2025)

УДК 614.87

И.А. Кольчурин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КУЛЬТУР МАСЛЕНИЧНОГО ВИДА

Цель работы: исследование воздействия маслоэкстракционного производства на составляющие окружающей среды. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить предприятия пищевой промышленности и их воздействие на окружающую среду;
- рассмотреть предприятие как источник загрязнения природной среды;
- определить категорию опасности предприятия.

Методы научного исследования, применяемые в данной работе: анализ, синтез, формализация, изучение литературы, абстрагирование, описание, измерение.

Пищевая отрасль масложировой промышленности является важной для России областью, рассчитанной на переработку сырья.

За 2022 г. согласно статистике Росстата, было произведено 6 млн т нерафинированного подсолнечного масла и его фракций. По удельному экспорту готовой продукции данная промышленная экономика занимает 2-е место в агропромышленном комплексе государства [1].

Основным сырьем для переработки в масложировой промышленности служат семена масличных культур. К масличным относятся такие технические культуры, чьи части содержат достаточное количество жировых масел для переработки.

Производство масла экстракционным способом осуществляется промышленными предприятиями, воздействующими на окружающую среду. Сферы их деятельности: атмосфера, почвенные образования, воды общего пользования. Среди последствий деятельности любого из них можно выделить: выбросы вредных веществ в воздух, образование пыли и загрязняющих продуктов в атмосфере, сброс загрязняющих веществ в сточные воды и водоемы, а также захоронение отходов на специальных полигонах. Очень высокий уровень загрязняющих и накапливающих веществ оказывает деструктивное влияние на экологию вокруг производств и здоровье человека.

Актуальность темы подтверждается вышеизложенными тезисами.

Антропогенные воздействия предприятия характеризуются действиями, которые связаны с осуществлением интересов человека в таких сферах, как: экономика, военное дело, рекреация, культурные процессы, промышленные аспекты и другие области, приводящими к

изменениям в природной среде как физического, так и химического или биологического характера.

Маслоэкстракционный завод (МЭЗ) выступает в качестве значительного загрязнителя окружающей среды и атмосферы. Негативное влияние оказывается по нескольким направлениям:

- выбросы загрязняющих веществ;
- выбросы и накопление пыли;
- выделение неприятных запахов;
- выброс и образование парниковых газов.

При переработке семян выделяются летучие органические вещества, которые могут включать растворители, используемые для экстракции масла [2]. Эти вещества негативно влияют на качество воздуха и здоровье местного населения. Также, в результате сжигания топлива в котлах и других теплогенерирующих установках, в окружающий воздух выбрасываются оксиды углерода.

При деятельности МЭЗ могут образовываться частицы пыли, что приводит к ухудшению качества воздуха вокруг предприятия. Пыль может содержать мельчайшие твердые частицы, которые представляют опасность для органов дыхания работников и населения, проживающего в непосредственной близости [3].

Во время процесса экстракции и обработки сырья выделяются органические соединения и продукты остаточной деятельности, что вызывает стойкие неприятные запахи. Данный факт создает дискомфорт для работников завода и местных жителей.

В процессе работы предприятия могут происходить выбросы парниковых газов, что является одним из факторов изменения климата.

Деятельность маслоэкстракционного завода может оказывать значительное воздействие на гидросферу отрицательного характера. Основные аспекты данного влияния включают в себя:

- загрязнение вод путем сброса производственных стоков;
- применение химикатов при переработке сырья;
- ухудшение качества сточных вод;
- вероятное загрязнение при авариях или утечках;
- увеличение нагрузки биологического характера;
- влияние на водные экосистемы;
- влияние на здоровье человека.

В процессе деятельности и переработки сырья образуется значительное количество объемов сточных вод. При условии недостаточной очистки, они могут содержать токсичные вещества, загрязняющие вещества, масла, жиры и химикаты, что приводит к негативному влиянию на качество водоемов. Для такого процесса, как экстракция масла, используются различные растворители и химические реагенты (например, гексан). При неправильном обращении с данными веществами они вероятно могут попасть в водные источники, нанося определенный ущерб. Сточные воды содержат повышенные концентрации органических соединений и твердых частиц. Данный аспект загрязняет воды, а также ухудшает физико-химические характеристики воды, такие как: водородный показатель, цвет, мутность, и другие. Работа предприятия оказывает отрицательное воздействие на почву, что в свою очередь негативно сказывается на экосистемах и сельском хозяйстве. Основные аспекты этого воздействия включают:

- загрязнение почвы отходами производства;
- утечки химических веществ в ходе переработки;
- неправильное хранение и утилизация отходов;

- постепенное накопление токсичных веществ;
- снижение качества почвы;
- вероятный факт эрозии почвы.

В ходе хозяйственной деятельности возможно образование отходов 1-5 классов опасности. Первый класс опасности включает отходы ртутных ламп люминесцентных. Второй – аккумуляторы, готовые изделия, потерявшие потребительские свойства. Третий – продукты нефтяного характера, которые образуются в результате обслуживания техники. Четвертый класс опасности включает в себя различные типы отходов, которые возникают в процессе основного производства и в результате потребления. Пятый – имеет наиболее разнообразный характер веществ. Если эти отходы не утилизируются должным образом, они могут накапливаться в окружающей среде, вызывая загрязнение почвы.

Попадание в почву, при вероятном прорыве химикатов, используемых на производстве, может вызвать серьезные изменения в ее химическом составе.

Если отходы производства хранятся или утилизируются некорректным образом, то возможное вымывание их в почву во время осадков увеличивает риск загрязнения. Токсичные вещества, находящиеся в почве, могут накапливаться на протяжении длительного времени, оказывая негативное влияние [4].

Негативное воздействие работы предприятия имеет также и экономические последствия. Загрязнение экосистем может затруднять ведение сельского хозяйства и снижать способность региона для ведения бизнеса и туризма.

Таблица 1 – Количество и класс опасности выброса предприятия

№	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	α	Суммарный выброс вещества, т/год	М/ПДК
1	Дижелезо триоксид	0,04	3	1,0	0,015145	12,002412
2	Марганец и его соединения	0,01	2	1,3	0,001549	4,91033
3	Никель оксида	0,001	2	1,3	0,00004	1,268
4	Хром (Хром шестивалентный)	0,0015	1	1,7	0,000052	1,09893
5	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2	3	1,0	50,416751	7991,055
6	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,4	3	1,0	8,187989	648,89128
7	Серная кислота	0,3	2	1,3	0,000499	0,052727
8	Углерод (сажа)	0,15	3	1,0	41,988175	8873,501
9	Сера диоксид – Ангидрид сернистый	0,5	3	1,0	73,677253	4671,13784
10	Дигидросульфид (Сероводород)	0,008	2	1,3	0,000005	0,0198125
11	Углерод оксид	5,0	4	0,9	581,129122	3684,35864
12	Фториды газообразные	0,02	2	1,3	0,000447	0,708495
13	Фториды плохо растворимые	0,2	2	1,3	0,000116	0,018386
14	Диметилбензол (ксилол)	0,2	3	1,0	0,367875	58,3081875
15	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	0,0	1	1,7	0,000076	-
16	Этановая кислота (Уксусная кислота)	0,2	3	1,0	0,000998	0,158183
17	Бензин нефтяной	5,0	4	0,9	0,029176	0,18497584
18	Углеводороды предельные C12-C19	1,0	4	0,9	0,001547	0,0490399
19	Мазутная зола теплостанций	0,002	2	1,3	0,001055	16,72175
20	Пыль неорганическая: 70–20% SiO ₂	0,3	3	1,0	0,013359	1,477601
21	Пыль шелухи	0,2	3	1,0	9,758449	1546,71416

Для оценки степени воздействия предприятия на атмосферу местности, где оно находится, была рассчитана категория опасности предприятия (КОП).

Категория определяется по формуле 1:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n \text{КОВ}_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i} \quad (1)$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; категория опасности вещества (КОВ_i) – категория опасности i -го вещества, м/с; M_i – масса выбрасываемого i -го вещества, мг/с; предельно допустимая концентрация (ПДК_i) – среднесуточная ПДК i -го вещества; α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества.

Данные по количеству и классу опасности выброса предприятия и расчету значений М/ПДК представлены в таблице 1.

Далее по формуле 1 рассчитываем категорию опасности предприятия при условии, что в расчетах используются значения КОВ (М/ПДК) > 1 [5]:

$$\begin{aligned} \text{КОП} &= \text{КОВ}_1 + \text{КОВ}_2 + \text{КОВ}_5 + \text{КОВ}_6 + \text{КОВ}_8 + \text{КОВ}_9 + \text{КОВ}_{11} + \text{КОВ}_{14} + \text{КОВ}_{19} + \text{КОВ}_{20} = \\ &= 25994,23 = 2,6 \cdot 10^4. \end{aligned}$$

Выводы. Исследуемое предприятие в процессе своей деятельности оказывает антропогенное влияние, которое выражается в следующих направлениях:

- воздействие на атмосферу;
- появление неприятных запахов;
- воздействие на гидросферу;
- воздействие на почву;
- появление отходов производства;
- влияние на экосистему;
- социально-экономическое воздействие.

Наиболее значимое воздействие проявляется в воздействии на атмосферу и окружающую среду.

Далее приведены основные мероприятия по снижению данного воздействия:

- установка или модернизация сооружений очищающего типа (системы очистки газов, фильтры, скрубберы и электрофильтры);
- оптимизация технологических процессов на предприятии;
- осуществление контроля и мониторинга уровня выбросов (системы автоматического мониторинга выбросов в реальном времени для своевременного реагирования);
- использование экологически чистых технологий производства (менее загрязняющие, рационально использующие ресурсы и обеспечивающие наиболее приемлемую обработку остаточных отходов).

Полученный результат расчета, при сравнении с граничными условиями деления предприятий на категории опасности, позволяет определить, что предприятие относится к 4 категории опасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Величко Т.В. Экономическая эффективность комплексного использования сырья пищевой промышленности с учетом экологического фактора [Текст]. – Москва, 1997. – 229 с.
2. Загрязнение окружающей среды // Большая Российская энциклопедия / Пред. науч.-ред. совета Ю. С. Осипов; отв. ред. С.Л. Кравец – М.: Науч. изд-во «Большая Российская Энциклопедия», Издание. 2017–С. 168–170.
3. Истомин А.В., Захаров В.А. Условия труда и заболеваемость работающих в производстве растительного масла // Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. – 2002.
4. Методическое пособие по применению «Критериев отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды», ФГУ «ЦЭКА», М., 2003
5. Методы оценки экологической безопасности: методическое пособие [Текст] / С.Н. Болотин. – Краснодар: КубГУ, 2013. – 36 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КЫРГЫЗСТАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ:
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

Киргизская Республика сейчас встречается с различными экологическими проблемами, которые негативно сказываются на здоровье населения, биоразнообразии и устойчивом развитии. Географическое расположение, особенности рельефа и экономическая деятельность страны играют существенную роль в формировании сложившейся экологической ситуации. В отличие от развитых стран, Киргизия располагает ограниченными ресурсами для решения экологических проблем, что усложняет задачу их преодоления и требует комплексного подхода с привлечением международного сотрудничества.

Настоящее исследование посвящено анализу основных экологических проблем Киргизии и оценке перспектив их решения. Будут рассмотрены причины возникновения этих проблем, их воздействие на окружающую среду и население, а также будет проведена оценка эффективности существующих и перспективных мер по их преодолению. Особое внимание будет уделено поиску баланса между экономическим развитием и охраной окружающей среды, что является ключевым фактором обеспечения устойчивого будущего страны. Анализ будет основан на данных научных исследований, статистических отчетов и официальной информации. В заключении будут сформулированы рекомендации по совершенствованию экологической политики и практических действий для решения наиболее актуальных экологических проблем Киргизии.

По состоянию на 2024 г. экологическая ситуация в Кыргызстане остается сложной и многоаспектной:

1. Загрязнение водоемов. Реки и озера страны подвержены загрязнению из-за сброса сточных вод, сельскохозяйственных отходов и промышленного загрязнения. Особенно это касается реки Нарын и озера Иссык-Куль [1]. Это угрожает как экосистемам, так и здоровью человека.

2. Увеличение пастбищ. Пастбища истощаются из-за чрезмерного выпаса скота. Это приводит к деградации земель, почвенной эрозии и уменьшению биологического разнообразия.

3. Вырубка лесов. Лесные массивы сокращаются из-за незаконной вырубки, строительства и использования древесины для отопления. Это способствует потере мест обитания для дикой фауны и ухудшению климатических условий.

4. Проблемы с отходами. Неправильное обращение с твердыми отходами и отсутствие эффективной системы их утилизации приводят к загрязнению окружающей среды и образованию свалок [2].

5. Проблемы с добычей полезных ископаемых. Добыча золота и других полезных ископаемых может негативно сказаться на экологии, вызывая загрязнение почвы и воды, а также нарушения ландшафта.

6. Изменение климата. Кыргызстан, как и многие другие страны, испытывает последствия изменения климата, такие как повышение температуры, изменения в режимах осадков и увеличение числа природных катастроф (наводнений, оползней).

7. Проблемы с воздухом. Загрязнение воздуха в городах, особенно в Бишкеке, связано с выбросами от автотранспорта, промышленных предприятий и бытовых источников. В зимний период проблема особенно обостряется из-за инверсии температуры.

8. Истощение природных ресурсов. Использование земли под сельское хозяйство также приводит истощению природных ресурсов.

Экологическая ситуация в Кыргызстане характеризуется комплексом взаимосвязанных проблем, обусловленных рядом факторов:

1. Географическое положение и климатические условия играют ключевую роль.

– Сложный горный рельеф страны затрудняет доступ к отдаленным регионам, что усложняет мониторинг состояния окружающей среды и проведение мероприятий по ее восстановлению. В горных районах наблюдается усиленная эрозия почв. Кроме того, таяние ледников, являющихся важным источником пресной воды, ускоряется под воздействием глобального потепления [3].

– Континентальность климата, характеризующаяся значительными суточными и сезонными амплитудами температур и неравномерным выпадением осадков, обостряет проявления засух и способствует процессу деградации почв.

– Селевые потоки и оползни, обусловленные геологическими особенностями и антропогенными факторами, наносят значительный ущерб окружающей среде и инфраструктуре.

2. Деятельность человека оказывает существенное влияние на окружающую среду, вызывая ряд экологических проблем [4, 5].

– Нерациональный характер использования природных ресурсов ведет к деградации экосистем. Перевыпас скота приводит к разрушению пастбищ и эрозии почв. Вырубка лесов без последующей посадки новых деревьев усугубляет эти проблемы, а также способствует потере биоразнообразия. Добыча полезных ископаемых часто сопровождается загрязнением окружающей среды.

– Загрязнение водных ресурсов промышленными и бытовыми стоками, а также сельскохозяйственными отходами (пестицидами и удобрениями) представляет серьезную угрозу для качества питьевой воды и биологического разнообразия водоемов. Отсутствие эффективных систем очистки воды усугубляет эту проблему.

– Загрязнение атмосферного воздуха в городах, вызванное выбросами транспорта и промышленных предприятий, негативно сказывается на здоровье населения. Недостаточный экологический контроль и устаревшие технологии на предприятиях ухудшают ситуацию.

– Неэффективная система обращения с отходами приводит к загрязнению почвы и водных ресурсов. Нерегулируемые свалки являются распространенной проблемой.

– Отсутствие современных технологий и инфраструктуры для обработки отходов, очистки воды и снижения загрязнения воздуха затрудняет решение экологических проблем.

– Слабый экологический контроль и неэффективное правоприменение способствуют нарушениям экологического законодательства и усугублению экологических проблем. Коррупция также играет негативную роль в этой сфере.

3. Социально-экономические факторы играют важную роль в усугублении экологических проблем.

– Низкий уровень жизни населения. В условиях бедности люди часто прибегают к нелегальной вырубке лесов, чрезмерному выпасу скота и другим действиям, наносящим ущерб окружающей среде.

– Высокие темпы роста населения. Быстрый рост населения увеличивает давление на природные ресурсы и существующую инфраструктуру.

– Недостаточное финансирование. Ограниченное финансирование программ, направленных на защиту окружающей среды, ограничивает возможности по эффективному решению экологических проблем.

Предлагаем некоторые пути решения экологических проблем в Кыргызстане:

– Устойчивое управление ресурсами. Внедрение методов устойчивого управления водными, земельными и лесными ресурсами включает в себя соблюдение норм и стандартов, защиту экосистем и рациональное использование природных ресурсов.

– Законодательство и регулирование. Ужесточение экологического законодательства. Создание и внедрение программ, которые будут контролировать загрязнение, управление отходами и использование природных ресурсов.

– Образование и просвещение. Проведение образовательных программ для населения о важности охраны окружающей среды, устойчивого потребления и бережного отношения к ресурсам. Это может способствовать формированию экологической культуры.

– Развитие возобновляемых источников энергии. Инвестирование в альтернативные источники энергии, такие как солнечная, ветровая и гидроэнергия, для минимизации воздействия на окружающую среду [6].

– Управление отходами. Разработка эффективных систем сбора, переработки и утилизации твердых бытовых отходов. Внедрение программы по уменьшению количества отходов и поощрение вторичной переработки [7].

– Улучшение инфраструктуры. Построение экологически чистой инфраструктуры, такой как системы водоснабжения и водоотведения, которое минимизирует загрязнение водоемов и почвы.

– Восстановление экосистем. Реализация проектов по восстановлению деградированных экосистем, включая леса, водоемы и пастбища, что поможет восстановить естественный баланс.

– Научные исследования и мониторинг. Поддержка научных исследований в области экологии для выявления проблем и разработки эффективных решений. Создание системы мониторинга состояния окружающей среды.

– Международное сотрудничество. Участие в международных экологических соглашениях и проектах, обмен опытом и технологиями с другими странами для решения глобальных экологических проблем.

– Ангажирование общества и НПО. Привлечение неправительственных организаций, местных сообществ и бизнеса к совместной работе над экологическими проектами и инициативами.

Для решения экологических проблем Кыргызстана важно внедрять новые технологии и подходы в управление природными ресурсами. Например, переход на органическое земледелие может существенно снизить уровень химических загрязнителей в водоемах. Это не только улучшит качество воды, но и повысит продовольственную безопасность, что является критически важным для страны, где сельское хозяйство играет ключевую роль в экономике. Кроме того, необходимо активизировать университеты и научно-исследовательские институты в работе над проектами по охране окружающей среды. Привлечение молодежи к экологическим инициативам поможет создать новое поколение активных граждан, готовых бороться за устойчивое развитие и защиту природы. Также важным шагом может стать сотрудничество с международными организациями, что обеспечит доступ к современным технологиям и финансированию. Наряду с этим повышение экологической грамотности населения должно стать частью образовательной политики. Экологические кампании и программы обучения должны охватывать все уровни – от детей до взрослых, что позволит создать общество, осознающее важность сохранения экосистем и биологического разнообразия.

Выводы. Кыргызстан стоит перед серьезными экологическими вызовами, которые требуют немедленного внимания и комплексного подхода к решению. Разрушение экосистем, загрязнение воздуха и воды, деградация земель – все эти факторы угрожают здоровью населения и устойчивости природных ресурсов страны. Однако важно понимать, что решение этих проблем возможно при условии объединения усилий государства, бизнеса и гражданского общества.

Государство должно усилить контроль за соблюдением природоохранного законодательства, а также стимулировать внедрение экологически чистых технологий в промышленности и сельском хозяйстве. В свою очередь, бизнес может внести значительный вклад через инвестиции в устойчивое развитие и внедрение принципов корпоративной социальной ответственности. Гражданское общество играет ключевую роль в повышении экологической грамотности населения и активном участии в защите окружающей среды. Только совместными усилиями мы сможем сохранить уникальные природные богатства Кыргызстана для будущих поколений и обеспечить устойчивое развитие страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдудалиев А.М. Состояние окружающей среды территории бассейна р. Нарын // Автореф. дис. канд. биол. наук. – Ош. – 2016. – 15 с.
2. Жолболдиев Б.Т. Радиоэкологическая оценка загрязнения территории бывшего уранового производства Каджи-Сай (Биосферная территория «Иссык-Куль» // Автореф. дис. канд. биол. наук. – Б. – 2016. – 8 с.
3. Экологические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов гор Тянь-Шаня. – Б. – 2002. – 24 с.
4. Мищенко Е.В., Мищенко В.Я. Экологические проблемы сахарных заводов и пути их решения // Современные проблемы обеспечения экологической безопасности: Сборник материалов Всероссийской очно-заочной научно-практической конференции с международным участием. – г. Орёл, 16 мая 2017 г. – Орёл: РИО ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2017. – С. 216–220.
5. Мищенко Е.В., Асонов Д.Г. Подходы к снижению экологического следа 3D-принтеров, использующих термопластичные полимеры // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе. Том 2.: сборник материалов Международной НПК. – Орел: Изд-во Орловский ГАУ, 2024. – С. 541–549.
6. Худокормов Н.Н., Кривоногов, Б.М., Мищенко, Е.В. Исследование влияния акустических колебаний на экономичность и экологичность использования газообразного и жидкого топлива в топках котлов и печей // Необратимые процессы в природе и технике: Труды Четвертой Всероссийской конференции. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФИАН, 2007. – С. 398–401.
7. Мищенко Е.В. Вибрационное экстрагирование – инновационная экологичная технология получения пектиновых веществ // Техногенная и природная безопасность: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции – Саратов, Амирит, 2017. – С. 289–293.

УДК 621.3+ 658.392.2:656.2

П.О. Ясянкина, И.Г. Русскова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ТРАНСПОРТЕ

Актуальность работы. В условиях современного мира человек всё больше пытается улучшить качество своей жизни, производя оптимизированные версии предметов своего ежедневного использования. Транспорт – такая же неотъемлемая часть повседневной жизни, которая требует совершенствования и поддержки со стороны Правительства [1]. Развитие электротранспорта влечёт увеличение мощностных характеристик, а как следствие, и увеличение электромагнитных полей. Метрополитен оснащается новыми вагонами «Балтиец», а на дорогах мы всё чаще встречаем электробусы «Сириус» и другие [2]. Ввод в эксплуатацию новых технологий требует не только пересмотра имеющихся норм, но и формирование принципиально новых правил, обеспечивающих безопасность для человека.

Краткий обзор. Рынок электротранспорта в России демонстрирует устойчивый рост, с годовым приростом количества электрических машин в среднем на 134,8% с 2015 по 2023 гг. [3]. Нормативно-правовая база ещё не адаптирована под новые изменения в данной структуре существования человека. Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) [4] провела исследования о влиянии низкочастотных электрических и магнитных полей на здоровье, отметив негативное воздействие на периферическую нервную и мышечную системы. Однако влияние на людей с имплантированными устройствами и детей остаётся недостаточно изученным, что делает эти группы населения особенно уязвимыми. Увеличение мощностных характеристик транспорта могут повлечь за собой угрозу для жизни и здоровья человека. Необходимо подкреплять новые разработки регулирующими нормативными актами.

Методы исследования. В работе освещаются существующие научные статьи в сфере обеспечения безопасности пользователей электротранспорта и его влияние на здоровье человека. Проведён обзор и сравнительный анализ научных публикаций на тему воздействия магнитных полей низких частот и соответствующих нормативно-правовых документов.

Цель работы заключалась в обосновании необходимости разработки нормативно-правовой базы для защиты здоровья населения от воздействия магнитных полей низких частот в современных электротранспортных системах.

Задачи, которые решались в ходе данного исследования:

1. Оценка уровней магнитных полей в электротранспорте;
2. Выявление потенциальных рисков для уязвимых групп населения;
3. Анализ существующих нормативных документов России;

Результаты работы. В ходе эксплуатации пассажирского электротранспорта [5] было выявлено увеличение уровня магнитной индукции в некоторых частях автомобилей и общественного транспорта. Стоит отметить, что в данной статье были освещены модели, мощность двигателей которых не является наибольшей среди всего Российского автопрома.

Основным документом, устанавливающим требования по охране труда на городском электрическом транспорте, является Приказ Минтруда России №875н [6]. Эти правила определяют государственные нормативные требования охраны труда при эксплуатации, ремонте и обслуживании городского общественного транспорта. В данном приказе предельно допустимые уровни не указаны, однако работодатели обязаны обеспечивать безопасность работников, в том числе ограничивать воздействие вредных факторов, таких как электромагнитные поля.

СанПиН 1.2.3685-21 [7] устанавливает предельно допустимые уровни воздействия электромагнитных полей в различных средах обитания. Однако, в документе отсутствуют конкретные нормы, регулирующие уровни магнитных полей для пассажиров электротранспорта. Для жилых помещений значение магнитной индукции постоянного магнитного поля составляет 5 мкТл. Также, документ устанавливает предельные уровни для синусоидального магнитного поля 50 Гц, которые поддаются расчётам. Ниже этой частоты никаких ограничений нет.

Нормативно-правовая база не учитывает накопительного эффекта от длительного воздействия магнитного поля на людей, которые пользуются электротранспортом на постоянной основе. Помимо обычных граждан, дети и люди с кардиостимуляторами и другими жизненно важными приборами подвержены гораздо большему влиянию всех негативных факторов. Ни в одном документе этот факт не учитывается. При входе в метро, люди с кардиостимуляторами должны быть внимательны, ведь прохождение через магнитную рамку может привести к неисправности их оборудования. Сотрудник метрополитена при необходимости должен самостоятельно провести человека через зону воздействия на него магнитного и электрического полей. Длительное нахождение человека в вагоне метро может привести к сбоям в работе аппаратуры и ухудшению здоровья. Это никак не отражено в настоящих Правилах и нормативных документах.

Стоя на платформе в метро и ожидая свой поезд, находясь в вагоне непосредственно рядом с кабиной машиниста, сидя в электромобиле – мы всё время подвергаемся воздействию электромагнитного поля. Стоит отметить, что воздействие этого поля на постоянных пользователей электромобилей будет существенно выше, нежели на тех людей, которые пользуются общественным электротранспортом.

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля и время нахождения рядом с их источниками должны быть зафиксированы на правовом уровне. Для профессий, связанных с эксплуатацией, ремонтом и другими работами в непосредственной близости к источнику магнитных полей в инструкциях по охране труда включают предельно допустимые уровни магнитного поля (например, при индукции 100 мкТл допустимое время пребывания 8 часов). Вследствие этого возникает необходимость их регламентирования и для пользователей общественного электротранспорта.

При обычных уровнях магнитных полей (характерных для повседневной жизни) нет доказательств наличия кумулятивного эффекта, способного влиять на здоровье человека. В 2025 году городские жители уже активно используют электротранспорт для того, чтобы передвигаться на нём ежедневно. С каждым годом это сфера становится прибыльнее и экологичнее, но не стоит забывать о её скрытой опасности для человеческого здоровья. Усовершенствованные электромобили обладают более мощными двигателями (порядка нескольких сотен киловатт), работающими на низких частотах при определённых режимах эксплуатации, что, в свою очередь, будет воздействовать на потребителя в непосредственной близости.

Количество людей, которые используют электротранспорт, повышается. Относительно общественного транспорта, то здесь возможно применение экранирующих материалов (для поглощения электромагнитных полей) либо индивидуальные средства защиты. Но эти меры будут давать необходимый результат только при наличии контроля за уровнем магнитного поля, а также организационных мер. При использовании электромобилей возможно применение экранирования или средств индивидуальной защиты. Но это всё лишь маскировка проблемы, а не решение её. Наиболее приоритетной задачей является модернизация нормативно-правовой базы и внедрение механизмов, регулирующих развитие электротранспорта в направлении, отвечающим требованиям безопасности.

Выводы. Существующая нормативно-правовая база определяет предельно допустимые уровни электромагнитного поля для всех сфер обитания человека, без конкретизации для общественного транспорта (метро, троллейбусы и т.д.). Однако, с появлением усовершенствованных моделей наземного и подземного транспорта, а также с распространением и массовым использованием электрическими автомобилями, возникает потребность разработки новых двигателей, которые обладают более высокой мощностью. Следовательно, необходимо провести измерение создаваемых электромагнитных полей усовершенствованных моделей транспорта с целью последующей регламентации их допустимого уровня воздействия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 23 августа 2021 г. № 2290-р (в ред. от 29.10.2022 № 3221-р) «О стратегии развития автомобильной промышленности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/all/136173/> (дата обращения: 01.03.2025)
2. Администрация Санкт-Петербурга. Заявление губернатора Санкт-Петербурга от 23 января 2024 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/267426/> (дата обращения: 02.03.2025)
3. Анализ российского рынка электромобилей [Электронный ресурс]. – URL: https://strategy.ru/media/uploads/2024/04/Анализ_российского_рынка_электромобилей.pdf (дата обращения: 01.03.2025)
4. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). (руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей до 300 ГГц). – Текст: электронный //: [сайт]. – URL: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPEMFgdRus.pdf> (дата обращения: 04.03.2025)
5. Малышев, В.П. Вопросы электромагнитной безопасности при эксплуатации электромобилей / В.П. Малышев, И.Г. Русскова, С.В. Недвецкая // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 12(264). – С. 23–27. – EDN MTLLYN.
6. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 18 ноября 2021 г. № 875н «Об утверждении классификатора профессий» [Электронный ресурс]. – URL: <https://mintrud.gov.ru> (дата обращения: 04.03.2025)
7. Роспотребнадзор. Санитарно-эпидемиологические требования к безопасности продуктов питания. СанПиН 1.2.3685-21 [Электронный ресурс]. – URL: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf (дата обращения: 04.03.2025)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧС
ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

С ростом промышленности пропорционально возрастает и количество ЧС техногенного характера. Это вполне закономерно, так как, с повышением производственных мощностей и внедрением новых, еще не проверенных временем технологий возрастает нагрузка и на системы обеспечения безопасности. Согласно данным Росстата, за последние 10 лет, промышленность в РФ выросла на 9%, что видно на графике ниже. При этом количество ЧС увеличилось на 13%. Следует обратить внимание что в связи с COVID, на 20–21 года приходится большая часть ЧС. Это указывает на несовершенства существующих подходов к биологической безопасности, но не относится напрямую к данной статье.

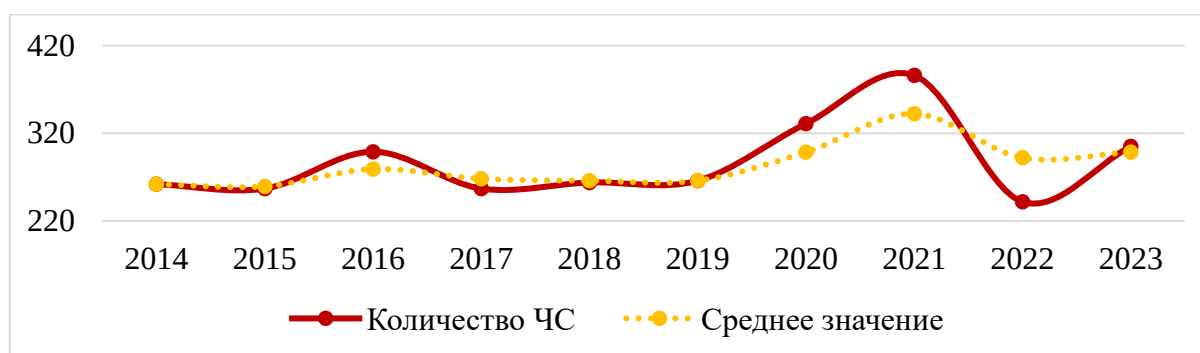


Рис. 1. Количество ЧС в РФ

Согласно данным Росстата 60% ЧС имеют техногенный характер, а значит, этот показатель возможно снизить путем усиления существующих систем техносферной безопасности.

Согласно статистике 80% ЧС техногенного характера происходят по вине человека: нарушение регламента, техники безопасности, некомпетентность работников, несогласованные действия при выполнении задач. Из этого следует, что в первую очередь необходимо снизить влияние человеческого фактора.

Современные информационные технологии позволяют существенно снизить влияние человека на критические процессы на производственных объектах, при этом увеличивают эффективность и производительность нынешних систем обеспечения безопасности, снижая стоимость обслуживания подобных систем. Наиболее новой и перспективной из них является внедрение методов ИИ.

Методы ИИ. Под методами ИИ понимаются подходы к обработке данных компьютерными мощностями, основанные на математических моделях естественных нейронных сетей. В общем случае всё сводится к построению различных комбинаций сеток из упрощенного представления естественного нейрона (рис. 2 и 3).

На сегодняшний день существует множество конфигураций нейронных сетей, каждая из которых наиболее эффективна в той или иной области применения (рис. 4).

Однослойные перцептроны. Наиболее простой вид нейронных сетей, применяется для выявления закономерностей изменения данных, а также может использоваться для классификации по признаку и поиска образов на изображении.

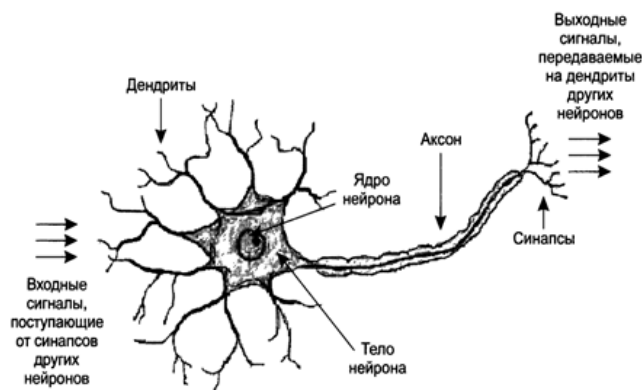


Рис. 2. Естественный нейрон

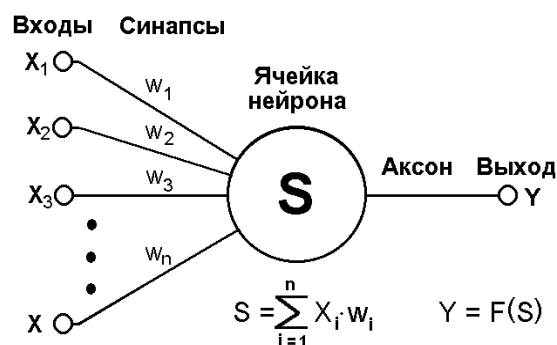


Рис. 3. Модель нейрона

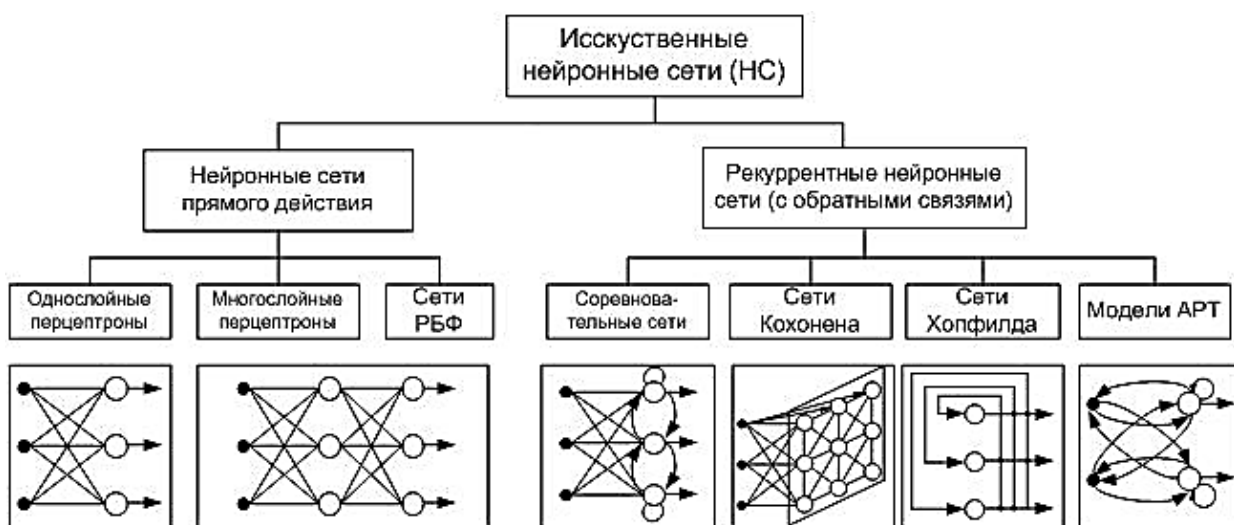


Рис. 4. Виды нейронных сетей

Многослойный перцептрон. Это усовершенствованная версия перцептрона, позволяет выполнять более сложные классификации, а также подходит для задач любой сложности при поиске приближенного числового значения.

Сети радиальных базисных функций. Используются для задач прогнозирования и интерполяции значений многомерных функций.

Соревновательные сети. Это комбинация нескольких нейронных сетей, где как минимум одна сеть – генеративная, такие сети используются для создания синтетических данных. Их можно использовать как для различных прогнозов, так и для восполнения недостатков данных в аналитических алгоритмах.

Сети Кохонена. Предназначены для создания самообучающихся систем, используются, когда изначально нет достаточного количества учебного материала для нейронной сети, и когда заранее неизвестно какие решения будут верные. Подходят для систем принятия решений, прогнозирования и классификации.

Сети Хопфилда. Однослойные сети с рекурсивными зависимостями, широко применяются в распознании образов, а также для улучшения и восстановления изображений.

Модели АРТ. Также известные как сверточные НС. Используются для генерации текста и изображений, на них строятся ИИ-помощники.

Возможности применения методов ИИ в техносферной безопасности. Существующие ИИ способны решать широкий спектр задач: точное распознавание образов, самостоятельная классификация входных факторов, вычисление близких решений для задач любой сложности,

генерация контента на основании предпочтений и многое другое. Это позволяет применять методы ИИ в любой сфере, включая техносферную безопасность.

Наблюдение за процессами. Совместно с системами видеонаблюдения ИИ способны анализировать ситуацию на рабочих местах и в средах, где присутствие человека небезопасно или невозможно. Используя модель Хопфилда или на базе простых перцептронов возможно применение для следующих задач:

1. Для распознавания личности работников и контроля допуска (что уже начинает активно распространяться);
2. Для проверки снаряжения работника, особо продвинутые системы смогут распознавать и правильность использования снаряжения (не завязанный шлем, неверно надетая страховка, к примеру)
3. Для определения препятствий и экстренной остановки (человека перед транспортом, в слепой зоне; неизвестных объектов в рабочей зоне оборудования, станков);
4. Для наблюдения за изменениями объектов (появление трещин в цистернах, выявление опасных скоплений вещества в жидкостях, распознавание дымов и газов).

Определение общего состояния системы. Совместно с сенсорами возможно делать выводы о состоянии оборудования и производственных цепей в целом. Применяя модели Кохонена и сетей РПФ, возможны следующие решения:

1. В реальном времени определять оптимальную нагрузку на систему вентиляции, на основании показаний датчиков температуры;
2. Прогнозировать состояние цепи трубопроводов на основании показаний датчиков давления в узлах, емкостях, цистернах;
3. Предупреждать выход из строя систем на основе показаний с датчиков оборудования, заблаговременно, до отказа.

Выводы. Применение методов ИИ, не зависимо от задачи, позволит снизить нагрузку на работника, что эквивалентно снижению влияния человеческого фактора. Кроме того, качество выполнения задач возрастет, а стоимость обслуживания систем обеспечения безопасности будет снижена. Есть еще одно преимущество, о котором стоит упомянуть: системы обеспечения техносферной безопасности, основанные на методах ИИ – легко масштабируются, без потери эффективности, а системы, основанные на самообучающихся алгоритмах, ещё и будут получать прирост в качестве решения поставленных задач – так, как данных для анализа станет больше. Конечно, даже самые продвинутые ИИ не способны во всем заменить человека, что определено не является недостатком; но, системы, основанные на ИИ, прекрасно справятся с задачами с большим количеством вводных, на что многие люди не способны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Савранский В.А., Тихонов П.С. Перспективные направления совершенствования системы мониторинга и прогнозирования ЧС, 2023 / URL: <https://moluch.ru/archive/453/99871/>
2. Ступина, М.В. Анализ статистических данных о чрезвычайных ситуациях, 2024. URL: <https://moluch.ru/archive/550/120990/>
3. Симонова К. Российская промышленность 2021: сильнейший рост за последние 10 лет, 2024. URL: <https://prom-siberia.ru/analytics/rossiyskaya-promyshlennost-2021-silneyshiy-rost-za-poslednie-10-let/>
4. Ковзель А.А. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций с применением нейросетевых технологий, 2021. URL: <https://scilead.ru/article/183-prognozirovanie-posledstvij-chrezvichajnykh-situatsiy-s-primeneniem-neyronnykh-setey>
5. Москвина Н.В. Применение ИИ в системе 112, 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-iskusstvennogo-intellekta-v-sisteme-112/viewer>
6. Виноградов О.В., Морозова О.А. Аспекты применения нейронных сетей для прогнозирования ЧС, 2021 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekty-primeneniya-neyronnykh-setey-dlya-prognozirovaniya-chrezvychaynykh-situatsiy/viewer>
7. МЧС РФ. Статистические данные о ЧС, 2024. URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2024-04-10/dc46867323bf3868fecf566e1e34e4d5.pdf>

УДК 621.642.02

Д.В. Акопов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цель работы – рассмотреть актуальные проблемы обеспечения промышленной безопасности на предприятии фармацевтической промышленности и предложить возможные пути решения.

Актуальность работы заключается в том, что обеспечение промышленной безопасности является целью государственной политики в области снижения риска аварий на опасных производственных объектах (далее – ОПО). Для анализа была выбрана промышленная отрасль, играющая важную роль в обеспечении потребностей государства, а именно – фармацевтическая промышленность.

В России постоянно увеличивается рост фармацевтических производств, данный вид экономической деятельности включает большое количество разнообразных вредных и опасных факторов производственной среды. Зачастую данные производства используют в качестве сырья и компонентов лекарственных препаратов химические соединения, являющиеся химически опасными веществами, и имеют сложные технологические процессы сопряженные с риском возникновения пожаров и аварий.

Каждый год на производствах лекарственных препаратов происходят несчастные случаи различной тяжести. В связи с этим, организация обеспечения промышленной безопасности на предприятии фармацевтической промышленности является важной и актуальной задачей, целью которой является как защита работников и окружающей среды от возможных последствий аварий и инцидентов производства, так и возможность бесперебойного функционирования технологического процесса по производству лекарственных препаратов, которые часто являются жизненно необходимыми для больных [4]. Организация промышленной безопасности предприятия такого типа заключается в обеспечении безаварийного функционирования опасного производственного объекта предприятия, а также защиты жизни и здоровья работников и окружающей среды от возможных последствий аварии.

Анализируемый объект – ОПО «Площадка системы газификации кислорода и аргона» производства лекарственных препаратов ООО «НИИ ГЕРОПРО». Функциональное назначение ОПО заключается в хранении, газификации и выдачи сырья на производственную площадку для создания лекарственного препарата. Проектом предусмотрена установка двух технологических линий: линия кислорода и линия аргона. На линии предусмотрена установка криогенного резервуара для хранения сжиженного сырья, криогенного насоса для нагнетания давления, атмосферного испарителя для газификации сжиженного сырья под температурой окружающей среды и газовых моноблоков под хранение сырья после газификации. Все оборудование высокого давления соединено трубопроводами высокого давления и закреплено непосредственно на площадке системы газификации и представлено на рис. 1.

Первоочередная задача – идентифицировать опасный производственный объект по признаку опасности. Согласно приложению 1 (п.2) и приложению 2 (п.5) Федерального закона Российской Федерации от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». По результатам идентификации опасному производственному объекту «Площадка

системы газификации кислорода и аргона «НИИ ГЕРОПРО» присвоен IV класс опасности, на котором применяется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 МПа [1].



Рис. 1. Площадка системы газификации

Далее необходимо определить оборудование, попадающее под действие Приказа Ростехнадзора от 15.12.2020 №536 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под давлением». Пункт 3 настоящих федеральных норм и правил (далее – ФНП) устанавливает требования промышленной безопасности к оборудованию, в отношении которых применяются данные правила. Исходя из положений данного ФНП, оборудованием работающем под избыточным давлением, являются два криогенных резервуара типа DPW650-499-1.44 для хранения сжиженных газов (кислород и аргон), атмосферные испарители для газификации сжиженных газов, баллонные сборки под хранение сжатых газов. Дальнейшая задача – определить необходимость постановки данного оборудования на учет в органах Ростехнадзора. Исходя из п. 223 не подлежат учету: аппараты воздухоразделительных установок внутри теплоизоляционного кожуха, сосуды, работающие со средой 2-й группы (по ТР ТС 032/2013), у которых значение рабочего давления и вместимости не превышает 1,0. Следовательно, учету в органах Ростехнадзора подлежит криогенный резервуар для хранения сжиженного кислорода, так как кислород относится к среде 1-1 группы и произведение его рабочего давления и вместимости не должно превышать 0,05, по результатам расчетов

произведение рабочего давления резервуара на его вместимость равно: $1,44 \cdot 0,5 = 0,72$. Следовательно необходимо поставить только резервуар для хранения сжиженного кислорода[2].

Основная проблема обеспечения промышленной безопасности заключается в том, что, анализируя положения ФНП № 536 становится ясно, что не является оборудованием, работающим под избыточным давлением, и под действие данных правил не попадает следующее оборудование: вакуумные насосы (как части машин, не представляющие собой самостоятельных сосудов). Исходя из этого, при регистрации опасного производственного объекта в органах Ростехнадзора появляется логическая ошибка, так как давление тех элементов оборудования, которые попадают под действие ФНП №536 не превышает 1,6 МПа, что позволяет присвоить IV класс опасности. Однако, если учесть, что вся система соединена, то общее давление при начале газификации по линиям кислорода и аргона становится 20 и 40 МПа соответственно, но из-за того, что оборудование соединено трубопроводами диаметром менее 100 мм, его невозможно классифицировать как один сосуд и приходится рассматривать отдельно, что приводит к тому, что при присвоении класса опасности данные единицы оборудования не учитываются и класс опасности занижается [5].

Следующий шаг по обеспечению промышленной безопасности – организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности согласно п.1 ст. 9 Федерального закона Российской Федерации от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Организация и осуществление производственного контроля производится на основании Постановления Правительства РФ от 18.12.2020 №2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности». При организации производственного контроля по положениям данного ППР можно столкнуться со следующей проблемой: при назначении лица, ответственного за осуществление производственного контроля предъявляется требование к наличию стажа не менее 3 лет на опасном производственном объекте отрасли, однако в ППР не приводится определение термина «отрасль», что может приводить к возникновению неточностей и неверному толкованию [3].

В заключении стоит отметить, что действующее законодательство в области промышленной безопасности требует доработок и уточнений. Следует принимать во внимание, что конкретные технические исполнения опасных производственных объектов могут выходить за рамки, обозначенные в нормативных правовых актах, из-за чего возможные ошибки при присвоении классов опасности приводят к недостаточному уровню как производственного контроля внутри самого предприятия, так и надзору со стороны профильных органов, создавая риски возникновения аварийных ситуаций, которые затруднительно выявить на том уровне обеспечения промышленной безопасности, который соответствует идентифицированному классу опасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Приказ от 15.12.2020 г. №536 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением».
3. Постановление правительства Российской Федерации от 18.12.2020 № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности».
4. Хоменко А.О. Промышленная безопасность. Электронный образовательный текстовый ресурс. – Екатеринбург.: УФУ, 2018. – 784 с.
5. Акименко О.Ю., Логвинов И.Н., Суслов В.В., Ершова Л.В., Волков В.Н., Тимофеев О.П. Проблемы и перспективы обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах. // Евразийский совет ученых, технические науки №10 (19), 2015. С. 79–80.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ СПРИНКЛЕРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ПУСКОМ ОТ ИОНИСТОРОВ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При проектировании автоматических установок пожаротушения на базе спринклерных оросителей с принудительным пуском от встроенных в сателлитные пожарные извещатели ионисторов для неотапливаемых помещений, температура в которых может опускаться до -30°C , необходимо учитывать мощность, которую могут выделить ионисторы для осуществления вскрытия колбы спринклерного оросителя [1, 2]. В данном исследовании приведено описание проведенного эксперимента по вскрытию колб спринклерных оросителей с принудительным пуском от ионисторов в условиях пониженных температур окружающей среды.

В эксперименте используется климатическая камера VIKING MP5-PRO, в которую помещается оборудование пожарной сигнализации программируемого комплекса технических средств «Олимп-И», извещатели пожарные тепловые сателлитные, спринклерные оросители с принудительным пуском «Аква-Гефест», рассчитанные на разные температуры вскрытия колбы оросителя: 57°C , 68°C и 93°C [3].

Методика проведения эксперимента:

- в климатическую камеру помещается все необходимое оборудование системы пожарной сигнализации программируемого комплекса технических средств «Олимп-И», включая три извещателя пожарных тепловых сателлитных, которые подключаются выводами «Нагревательный элемент» со спринклерными оросителями с принудительным пуском разных температур, а также дополнительный сторонний термометр для чистоты эксперимента;

- для предотвращения порчи климатической камеры и аппаратуры от осколков вскрывшегося оросителя, спринклерные оросители негерметично закрываются тонким пластиковым прозрачным коробом;

- для реализации управления пуском вскрытия колбы спринклерного оросителя, из камеры наружу через плотную резиновую заглушку проводится витая пара RS-485, подключаемая к автоматизированному рабочему месту, созданному на базе ПК с операционной системой Windows 10;

- климатическая камера закрывается, устанавливается необходимая температура, а также время, в течение которого будет проходить выдержка, после набора заданной температуры. Устанавливаемая выдержка в данном эксперименте – 3 часа;

- через 2 часа после того, как температура в климатической камере достигла заданного значения, с автоматизированного рабочего места подается команда извещателям пожарным тепловым сателлитным на пуск вскрытия колб спринклерных оросителей;

- фиксируется время, за которое будет вскрыта каждая колба. Процесс нагрева колбы длится 30 с либо до вскрытия колбы.

- по истечению нагрева, необходимо зафиксировать напряжение на ионисторах.

- после проведения опыта температура в климатической камере поднимается до комнатной температуры и выдерживается 1 час. Затем, климатическая камера открывается, спринклерные оросители со вскрытыми колбами заменяются на новые и опыт повторяется заданной температуре.

Результаты экспериментов отображены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты климатических испытаний

Тип колбы	Температура в камере, T °C	Время вскрытия, t , с	Напряжение после нагрева, $U_{ит}$, В
Ha 57 °C	-30	14,12	6,43
Ha 57 °C	-20	11,88	6,65
Ha 57 °C	-10	9,67	6,88
Ha 68 °C	-30	18,44	6,02
Ha 68 °C	-20	16,01	6,25
Ha 68 °C	-10	13,34	6,50
Ha 93 °C	-30	-	5,05
Ha 93 °C	-20	27,12	5,28
Ha 93 °C	-10	21,65	5,73

В момент начала нагрева колбы ионисторы полностью заряжены и обладают следующими параметрами: напряжение составляет $U_{и0} = 7,96$ В, емкость $C_{и} = 3,33$ Ф. Сопротивление колбы составляет $R_{и} = 20$ Ом.

Энергия ионисторов в любой момент времени вычисляется по следующей формуле:

$$W_{ит} = \frac{C_{и} U_{ит}^2}{2}.$$

Начальная энергия ионисторов в заряженном состоянии составляет:

$$W_{и0} = \frac{C_{и} U_{и0}^2}{2} = \frac{3,33 \cdot 7,96^2}{2} = 104,55 \text{ Дж.}$$

Энергия затраченная ионисторами на нагрев колбы:

$$W_{н} = W_{и0} - W_{ит}.$$

Результаты энергетических расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты энергетических расчетов

Тип колбы	T в камере, °C	Энергия ионисторов после окончания нагрева $W_{ит}$, Дж	Энергия затраченная ионисторами на нагрев колбы $W_{н}$, Дж
Ha 57 °C	-30	68,15	36,39
Ha 57 °C	-20	72,94	31,61
Ha 57 °C	-10	76,45	28,10
Ha 68 °C	-30	59,79	44,76
Ha 68 °C	-20	64,36	40,19
Ha 68 °C	-10	69,78	34,76
Ha 93 °C	-30	42,12	62,43
Ha 93 °C	-20	45,96	58,58
Ha 93 °C	-10	54,25	50,30

На рисунке 1 представлен график зависимости времени вскрытия колб оросителей от температуры окружающей среды для разных типов колб, где оранжевая линия – колба, рассчитанная на вскрытие при 57 °C, красная – 68 °C, а зеленая – 93 °C.

На рисунке 2 представлен график зависимости энергии, потраченной на вскрытие оросителя от температуры (рис. 2).

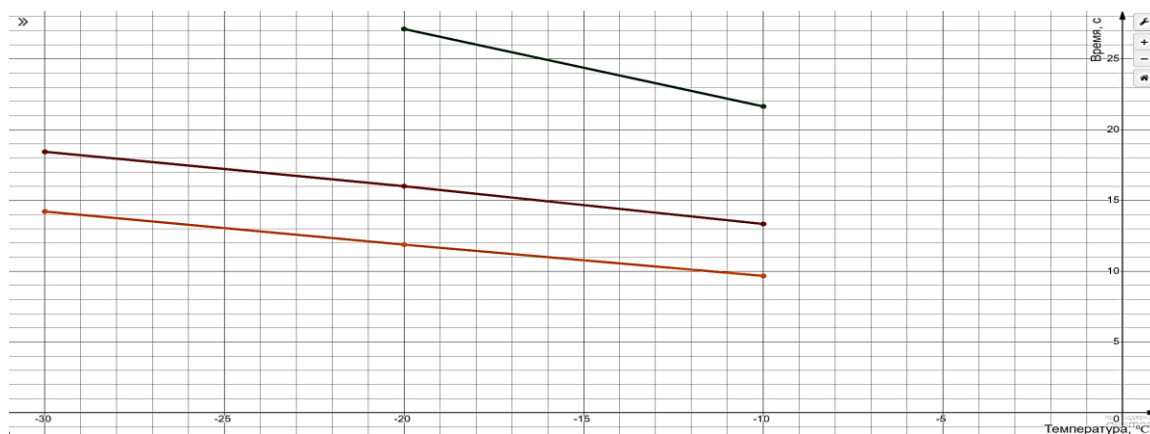


Рис. 1. Зависимость времени вскрытия оросителя от температуры

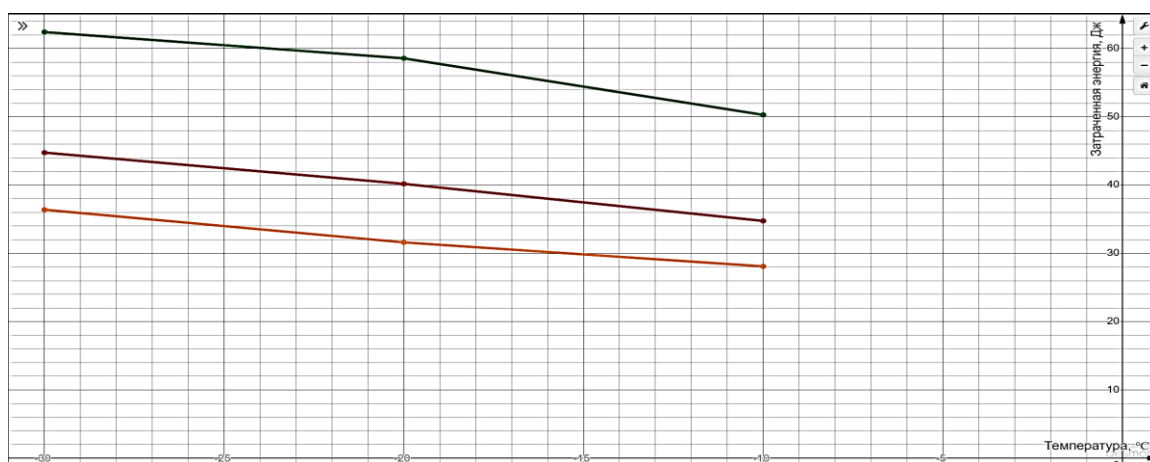


Рис. 2. Зависимость энергии, потраченной на вскрытие оросителя от температуры

Установлено, что при температуре окружающей среды ниже -30°C , колба спринклерного оросителя, рассчитанного на вскрытие при температуре 93°C не может быть вскрыта при принудительном пуске от ионисторов ввиду недостаточности энергии. Однако, следует учитывать тот фактор, что данные выводы справедливы только для объектов, где основным фактором пожара при возгорании будет являться дым [4]. На объектах, где основным фактором пожара будет являться температура, данные описанного эксперимента будут недействительными, из-за нагрева колбы оросителя от источника возгорания [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Методика расчета нагрева спринклерных оросителей на начальной стадии развития пожара / Д.Д. Абраков, А.А. Бородин, В.В. Булатов [и др.] // Техносферная безопасность. 2019. №3. С. 78–83.
2. Бородин А.А., Корнилов А.А., Булатова В.В. Результаты экспериментальной оценки инерционности спринклерных оросителей с температурой срабатывания 79°C с учетом динамики опасных факторов пожара // Техносферная безопасность. 2017. № 3.
3. ГОСТ Р 51043-2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний (принят постановлением Госстандарта РФ от 25 июля 2002 г. № 287-ст), 2002. 66 с.
4. Бородин А.А., Корнилов А.А. Математическое моделирование инерционности спринклерных оросителей с температурой срабатывания 79°C с учетом динамики опасных факторов пожара // Техносферная безопасность. 2017. № 3. URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.
5. ГОСТ 34698-2020. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний (принят межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 ноября 2020 г. N 135-П)), 2023. 149 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РЕЗЕРВУАРОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ И РЕМОНТУ

Вертикальные стальные резервуары (РВС) чаще всего организуются в парки для хранения нефтепродуктов. Неотъемлемой частью эксплуатации РВС является его техническое обслуживание и ремонт, что позволяет поддерживать резервуарные парки в рабочем состоянии. Для выявления и устранения дефектов различной природы резервуары необходимо зачищать от нефтепродуктов и их осадков, помимо этого в п 4.6 ГОСТ 1510-84 прописаны рекомендации о периодичности зачистки резервуара в зависимости от физико-химических свойств нефтепродуктов. Максимальный объем операции зачистки состоит из следующих этапов [1]:

- подготовительные работы;
- удаление остатка;
- дегазация;
- пропарка или промывка;
- промывка горячей водой;
- вентиляция и просушка дна;
- протирка ветошью.

Этап дегазации применяется для обеспечения взрывобезопасного состояния резервуара, которое может быть нарушено из-за образования в свободном объеме резервуара воздушной взрывоопасной смеси. Дегазация осуществляется естественной, принудительной вентиляцией или пропариванием резервуара. Результатом данного этапа является безопасное содержание паров нефтепродуктов в свободном объеме резервуара:

- не более $0,1 \text{ г/м}^3$ при выполнении любых видов работ, при пребывании без защитных средств, [2];
- не более $2,0 \text{ г/м}^3$ (5% НПВ) при выполнении любых видов работ с доступом работников в средства защиты органов дыхания [3];
- не более $8,0 \text{ г/м}^3$ (20% НПВ) – для резервуаров из-под светлых нефтепродуктов перед их осмотром, ремонтом (без применения огневых работ), окрашиванием, градуировкой с доступом работников внутрь резервуара (в защитных средствах), [4];
- не более $12,5 \text{ г/м}^3$ (50% НПВ) – при выполнении указанных работ без доступа работников внутрь резервуара [4].

Для обеспечения безопасных условий газовым анализатором проводится проверка воздушной среды внутри резервуара. Применяются такие приборы как ГХП-3М, АМ-5, ГВ-3, АНТ-2М, а также аналогичные промышленные газоанализаторы.

Предварительные измерения проводятся портативным газоанализатором, который можно опустить в ёмкость на пеньковой верёвке через световой люк на расстояние 0,8-1,2 метра от дна резервуара. Если речь идёт о наземном резервуаре, дополнительно предлагается закрепить газоанализатор на деревянной рейке и вводить через нижние люки на расстояние 3-3,5 м от горловины. В случае, если концентрация паров продукта не превышает предельно допустимые значения, в резервуар входит лаборант и делает контрольные замеры в застойных зонах [1]. Согласно СТО Газпром 18000.3-022-2022 [5], если в резервуаре планируется проведение газоопасных, огневых или ремонтных работ, необходимо выполнять замеры у днища на высоте не более 0,3 м, а также в рабочей зоне. Также отбираются пробы воздуха снаружи резервуара на высоте не более 0,5 м над газоотводными клапанами.

Учитывая вышесказанное можно сделать вывод о том, что при измерении концентрации паров нефтепродукта настоящими документами не регламентированы и не предусмотрены замеры воздушного пространства по периметру снаружи и в верхних периферийных слоях внутреннего объёма резервуара.

На рисунке 1 приведена примерная схема перемешивания паровоздушной смеси при вентиляции внутри резервуара. Из рисунка видно, что при вентиляции наиболее чётко выраженными застойными зонами являются верхний и нижний слои плоскости соударения струй воздуха.

При прекращении вентиляции значения концентрации паров нефтепродуктов в застойных зонах может значительно отличаться от значений, полученных в местах забора проб паровоздушной смеси прописанных в существующих документах. Данный фактор чреват тем, что воздушное пространство внутри резервуара не является статичным и находится в движении, которое может быть ускорено проведением внутри резервуара работ, сопровождаемых местной или общей вентиляцией. Перемещение паровоздушной смеси с концентрацией паров выше предельных значений из застойных зон в область зоны проведения работ может вызвать угрозу возникновения взрыва.

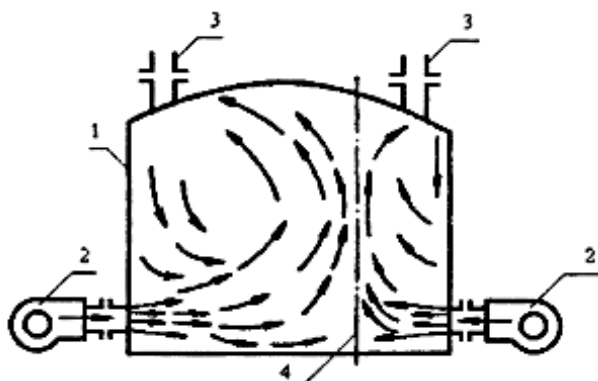


Рис. 1. Интенсивность перемешивания паровоздушной смеси при вентиляции резервуара:
1 – резервуар; 2 – вентилятор; 3 – газоотводная труба; 4 – плоскость соударения струй

Вывод о том, что возникновение взрывопожароопасной смеси возможно и после проведения газоанализа внутри резервуара свидетельствует о несовершенстве проведения вентиляции и забора проб. Таким образом исследование движения паров нефтепродуктов в свободном объёме резервуара позволит определить чёткую последовательность подготовки резервуара к ремонтным работам с минимизацией возможности возникновения горючей среды в воздушном пространстве резервуара.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов ОАО «НК «РОСНЕФТЬ» (28.01.2004).
2. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388).
3. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения. ВППБ 01-01-94 (утв. Приказом Минтопэнерго РФ от 13.06.1995 N 130).
4. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (ред. от 30.03.2023).
5. СТО Газпром 18000.3-022-2022. Единая система управления производственной безопасностью. Рабочая зона. Контроль воздуха. Порядок обеспечения производственной безопасности от 17.05.2022.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИСТОРА 10FX2,7V NANOFORCE. ЗАРЯД ИОНИСТОРА МАЛЫМ ТОКОМ

Резервные источники питания для систем пожарной сигнализации могут сталкиваться с несколькими основными проблемами. Во-первых, это может быть недостаточная автономность, что приводит к быстрому разряду аккумуляторов при длительных отключениях электроэнергии. Во-вторых, могут возникать трудности с совместимостью резервных источников и используемого оборудования, что может повлиять на их эффективность. Также возможны проблемы с регулярным техобслуживанием и тестированием, что приводит к ненадежной работе в критический момент. Поэтому для альтернативы возможно использовать ионисторы.

Ионисторы, или суперконденсаторы, представляют собой устройства, которые объединяют в себе качества аккумуляторов и конденсаторов, обеспечивая высокую плотность энергии и возможность быстрой зарядки и разрядки. Ионистор NanoForce, имеющий номинальную емкость 10 Фарад при напряжении 2,7 В, является ярким примером таких технологий, которые нашли применение в электронике, электромобилях, системах накопления энергии и других модернизированных областях.

Важной особенностью ионисторов является их способность выдерживать множество циклов зарядки и разрядки без потери емкости, что делает их идеальными кандидатами для применения в условиях, где требуется высокая надежность и долговечность. Однако процесс зарядки ионисторов малым током становится исследовательским вызовом, который, с одной стороны, позволяет минимизировать тепловые потери и увеличить срок службы устройства, а с другой – требует углубленного анализа поведения ионистора при таких условиях.

В данной статье было проведено подробное исследование ионистора 10Fx2,7V NanoForce с акцентом на его зарядку малым током. Рассмотрены основные параметры, влияющие на эффективность заряда, возможности регулирования этого процесса и его влияние на долговечность и производительность устройства. Кроме того, были проанализированы механизмы, лежащие в основе работы ионистора в процессе зарядки.

Методика проведения испытаний

1. Установить минимальный ток подзарядки ионистора, который компенсирует ток саморазряда, но не приводит к недопустимому перезаряду;
2. Установить максимальный уровень заряда ионистора, при котором не происходит выход ионистора из строя или существенной потери энергоёмкости;
3. Для определения потерь энергоёмкости при переразряде разряжать ионистор токами разной величины: 1,5–3,5 мА, 80–160 мА и 200–400 мА. Иначе говоря, ионистор следует разряжать резисторами различного сопротивления: 120 Ом, 24 Ом и 9,1 Ом.

До начального уровня напряжения (от 1,5 до 2,7 В, максимальный уровень напряжения ионистор заряжается относительно большим током (около 200 мА) через резистор $R_{б.з.} = 120 \text{ Ом}$ (5 Вт). При достижении заданного начального уровня напряжения ток быстрого заряда отключается. Включается режим подзарядки.

Постоянный ток подзарядки ионистора ограничен высокоомным резистором $R_{м.з.}$, установленным последовательно с положительным выводом ионистора от источника напряжения +24В.

Уровень напряжения на ионисторе измеряется тестером в режиме вольтметра. Тестер подключается только на время измерения. Затем сразу же физически отключается.

Максимальное напряжение на ионисторе: 2,70 В.

Напряжение, приводящее ионистор к выходу из строя: более 2,85 В.

Максимальный ток утечки: 20–30 мкА. Он зависит от уровня напряжения, до которого ионистор заряжен и других факторов.

Расчетная часть. Был проведен ряд исследований заряда ионисторов.

Таблица 1 – Исследования заряда ионисторов

Исследование	$R_{м.з.}$, МОм	$U_{нач.}$, В	$I_{м.з.}$, мкА	U после заряда, В	t , часы
1	1,5	2	15	1,958	12
2	1	1,96	22	2,05	35
3	1	2,7	22	2,49	13
4	0,81	2,5	27	2,7	3
5	0,81	2,7	27	2,65	8

Результаты остальных опытов представлены на графиках ниже. Вывод: проведенное исследование ионисторов 10Fx2,7V NanoForce и процесса его зарядки малым током, позволяет сделать несколько ключевых утверждений.

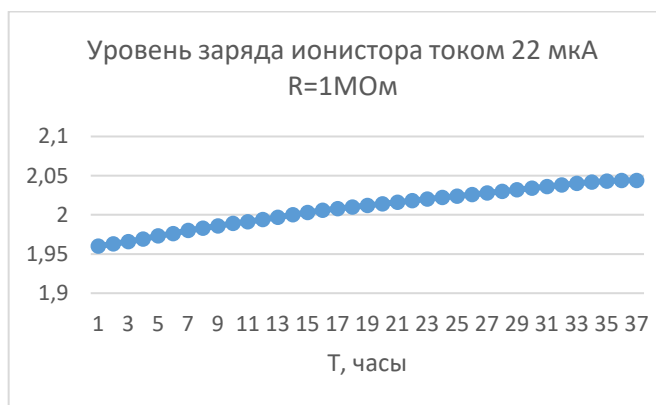


Рис. 1. Уровень заряда ионистора током 22 мкА, $R = 1 \text{ МОм}$

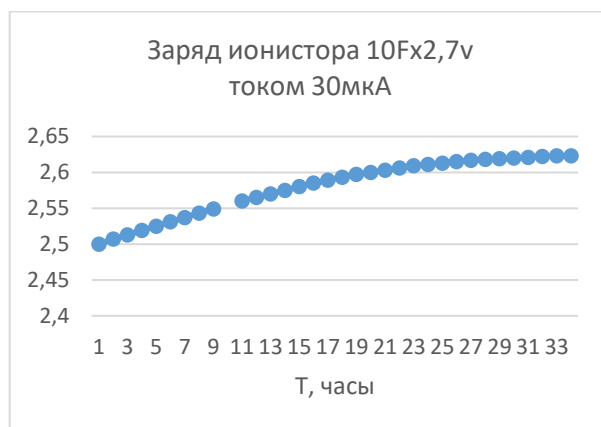


Рис. 2. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 30 мкА

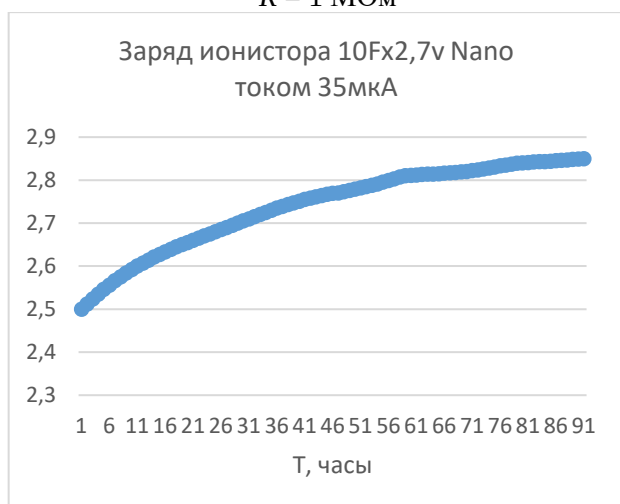


Рис. 3. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 35 мкА

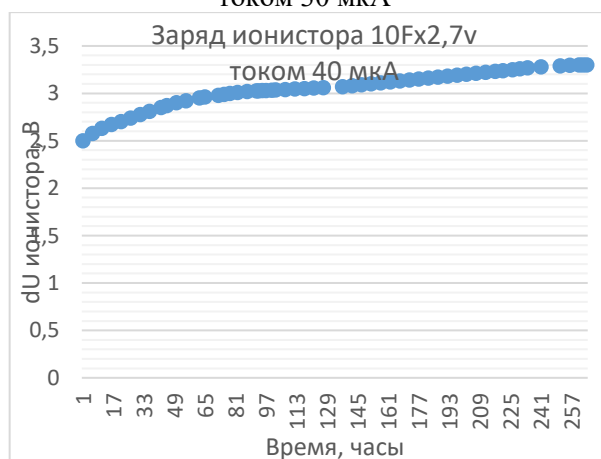


Рис. 4. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 40 мкА

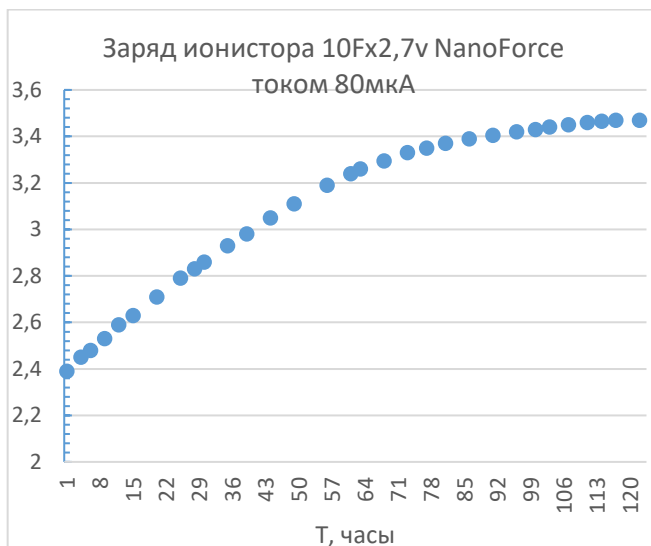


Рис. 5. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 80 мкА

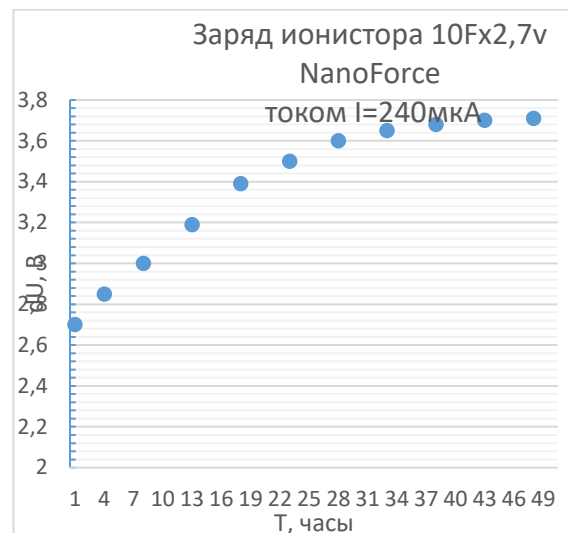


Рис. 6. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 240 мкА

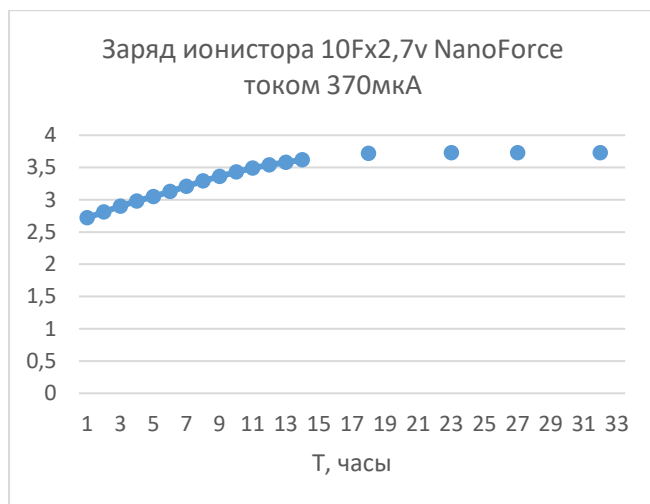


Рис. 7. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 370 мкА

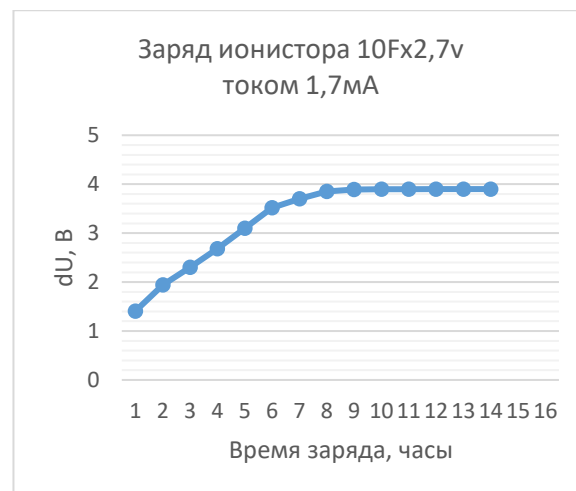


Рис. 8. Заряд ионистора 10Fx2,7v током 1,7 мА

Ионистор представляет собой инновационное устройство, сочетающее в себе характеристики высокопроизводительного накопителя энергии и малой инерции, что обуславливает его широкое применение в современных технологиях. Установлено, что зарядка ионистора при низком токе может значительно продлить его срок службы и повысить стабильность работы, что является критически важным в сценариях, требующих надежности и долговечности.

Кроме того, исследование показало, что при оптимизации процесса зарядки необходимо учитывать не только минимальный ток, но и напряжение, температуру и частоту циклов зарядки, так как эти параметры непосредственно влияют на характеристики устройства. Регулирование этих факторов позволит улучшить эффективность заряда и сохранить рабочие характеристики ионистора на протяжении долгого времени.

Результаты исследования подтверждают, что ионисторы, такие как модель NanoForce, могут эффективно использоваться в разных областях техники и электроники, включая возобновляемые источники энергии и системы управления. Они обеспечивают надежное хранение и отдачу энергии. Важно уделять внимание методам зарядки и использования ионисторов для максимизации их потенциала, особенно в резервных источниках питания для автоматической пожарной сигнализации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ионисторы / В.И. Гриц, Т.В. Дубовой, И.Я. Шестаков. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – том 1. – С. 240-241.
2. Иванова Н.Ю., Комарова И.Э., Бондаренко И.Б. Электрорадиоэлементы. Часть 2. Электрические конденсаторы. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 94с.
3. Каганов В.И., Основы радиоэлектроники и связи: Учебное пособие для вузов / В.И. Каганов, В.К. Битюгов. – М.: ГЛТ, 2014. – 542 с.
4. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники / Е.И. Манаев. – М.: КД Либроком, 2019. – 512 с.
5. Собурь С.В. Установки пожаротушения автоматические: Учебно-справочное пособие. – 7-е изд., перераб. – М.: ПожКнига, 2012. – 336 с.

УДК 614.842.655

А.П. Горбицкая, М.Т. Пелех

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА

Цель исследования – разработка предложений по совершенствованию диспетчерской службы пожарно-спасательного гарнизона Ленинградской области на основе анализа текущего состояния и внедрения современных технологий. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующей организационной структуры и технического оснащения диспетчерской службы.
2. Выявить основные проблемы и недостатки в работе диспетчеров.
3. Изучить современные технологии и методы, применяемые в диспетчерских службах.
4. Разработать рекомендации по внедрению инновационных решений для повышения эффективности работы диспетчерской службы.

Эффективное функционирование диспетчерской службы является основополагающим компонентом системы обеспечения пожарной безопасности и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации. В условиях современной урбанизации и увеличения плотности населения значимость диспетчеров существенно возрастает, поскольку от их оперативности и точности зависит своевременное прибытие пожарно-спасательных подразделений и минимизация последствий происшествий.

В Ленинградской области действует 195 пожарно-спасательных подразделений, ответственные за безопасность региона. Однако, несмотря на развитую инфраструктуру, анализ работы диспетчерской службы выявляет ряд проблем, требующих решения. Среди них – необходимость модернизации технического оснащения, оптимизации взаимодействия между подразделениями и повышения квалификации персонала.

Современные технологии и инновационные решения открывают новые возможности для улучшения работы диспетчерских служб. Диспетчерская служба пожарно-спасательного гарнизона Ленинградской области является центральным звеном в системе обеспечения пожарной безопасности региона. Ее основная задача – координация действий пожарно-спасательных подразделений при реагировании на чрезвычайные ситуации. Организационная структура диспетчерской службы включает несколько уровней управления. Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) осуществляет общее руководство и координацию всех подразделений гарнизона. Центральный пункт пожарной связи (ЦППС) отвечает за оперативное управление силами и средствами, а также за взаимодействие с другими экстренными службами и органами власти. Пункты связи частей (ПСЧ), расположенные в каждом пожарно-спасательном подразделении, обеспечивают непосредственное управление

силами на местах. Руководство диспетчерской службой возлагается на начальника ЦППС, подчиняющегося начальнику ЦУКС. На дежурных сменах оперативное руководство осуществляет старший диспетчер смены ЦППС, которому подчиняются диспетчеры ПСЧ. Такая иерархическая структура обеспечивает четкое распределение обязанностей и эффективное управление силами и средствами гарнизона [1].

Техническое оснащение диспетчерской службы играет ключевую роль в обеспечении оперативного и эффективного реагирования на чрезвычайные ситуации. В настоящее время служба использует различные средства связи и оборудования. Радиосвязь является основным способом коммуникации между диспетчерами и подразделениями на местах. Для этого применяются портативные и стационарные радиостанции, работающие в различных диапазонах частот. Телефонная связь, как проводная, так и мобильная, используется для приема сообщений от граждан и взаимодействия с другими службами [2]. Информационные системы, включая автоматизированные системы управления, позволяют отслеживать местоположение подразделений, вести учет сил и средств, а также анализировать оперативную обстановку в режиме реального времени. Аппаратура записи и хранения данных обеспечивает возможность последующего анализа действий персонала и выявления возможных ошибок [3]. Несмотря на наличие базового технического оснащения, существует необходимость в его модернизации и обновлении.

Анализ работы диспетчерской службы выявил ряд проблемных аспектов, влияющих на эффективность ее функционирования. Одной из основных проблем является устаревшее оборудование: часть используемых средств связи и информационных систем устарела, что приводит к сбоям в работе и снижению скорости передачи информации. Проблемы с радиосвязью проявляются в некоторых районах области, где наблюдаются «мертвые зоны», затрудняющие координацию действий подразделений на местах. Низкий уровень автоматизации обусловлен недостаточной интеграцией современных информационных технологий в работу службы, что увеличивает время обработки вызовов и снижает общую эффективность. Кроме того, недостаточное взаимодействие с другими службами, выражающееся в отсутствии налаженной системы обмена информацией с медицинскими, полицейскими и коммунальными службами, затрудняет реагирование на происшествия [4].

Решение указанных проблем требует комплексного подхода, включающего модернизацию технической базы, повышение квалификации персонала и улучшение взаимодействия с другими экстренными службами. Эффективная работа диспетчерской службы является критически важной для обеспечения своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации и минимизации их последствий. Анализ текущего состояния службы показал наличие как сильных сторон, так и ряда проблем, требующих оперативного решения.

Эффективность работы диспетчерской службы напрямую зависит от уровня подготовки персонала. Для обеспечения высокого качества управления и координации в условиях оперативной деятельности необходимо разработать и внедрить специализированные программы обучения, которые должны включать теоретические и практические занятия, охватывающие основы управления пожарными рисками, эксплуатацию современных систем связи и мониторинга, а также психологическую подготовку для работы в стрессовых ситуациях. Ключевым фактором повышения эффективности работы диспетчерской службы является совершенствование межведомственного взаимодействия. Для обеспечения высокой степени оперативности необходимо внедрение единых протоколов обмена информацией, унифицированных алгоритмов координации действий и интегрированных технических решений, позволяющих обеспечить надежную передачу данных в режиме реального времени.

Использование современных информационных технологий, в том числе автоматизированных систем мониторинга и управления, способствует повышению точности прогнозирования и оперативности принятия решений. Внедрение единой информационной

платформы для диспетчерских центров и служб экстренного реагирования позволит минимизировать временные затраты на обработку информации и повысить эффективность совместных действий при ликвидации чрезвычайных ситуаций [5].

Для объективного анализа эффективности предлагаемых мероприятий необходимо разработать комплексную методику оценки, включающую системный подход к сбору, обработке и интерпретации данных. Основными этапами анализа являются:

1. Сбор исходных данных о текущем состоянии службы, включающих показатели времени реагирования на вызовы, количество допущенных ошибок, уровень технического оснащения и квалификацию персонала.

2. Внедрение современных технологий, таких как автоматизированные системы управления, геоинформационные системы и алгоритмы прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

3. Повторный анализ результатов после реализации мероприятий с целью выявления динамики ключевых показателей.

Критериями эффективности внедрённых изменений являются снижение времени реагирования на вызовы, уменьшение количества ошибок, повышение точности передачи данных и улучшение координации действий между подразделениями. Дополнительно оценивается удовлетворённость персонала новыми условиями работы и его адаптация к новым технологическим решениям.

Применение современных технологий в работе диспетчерской службы позволит существенно повысить оперативность реагирования на чрезвычайные ситуации за счёт автоматизации процессов и использования геоинформационных систем. Оптимизация маршрутизации пожарных подразделений, основанная на расчётах оптимального пути, обеспечит снижение временных затрат и повышение точности навигации [5].

Дополнительное внедрение автоматизированных систем управления сведёт к минимуму влияние человеческого фактора, что снизит вероятность ошибок при передаче информации и принятии решений. Дальнейшее развитие централизованных платформ взаимодействия между диспетчерскими службами и экстренными подразделениями позволит повысить качество межведомственной координации и ускорить ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Основные меры совершенствования включают внедрение автоматизированных систем управления, использование геоинформационных технологий, разработку и реализацию программ обучения диспетчеров и оптимизацию межведомственного взаимодействия. Комплексный подход к модернизации диспетчерской службы обеспечит повышение её эффективности, что непосредственно отразится на уровне безопасности населения и скорости реагирования на чрезвычайные ситуации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Главного управления МЧС России по Ленинградской области от 17.07.2020 г. № 570 «Об утверждении Положения о диспетчерской службе территориального пожарно-спасательного гарнизона Ленинградской области».
2. Вопросы обеспечения функциональных видов связи в пожарно-спасательных гарнизонах / М.А. Колбашов, С.В. Гладков, А.В. Волков, Е.В. Зарубина // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 5(75). – С. 35–45.
3. Абрамян Г.А. Обеспечение непрерывности информационного процесса в сетях единых дежурно-диспетчерских служб МЧС России: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Абрамян Георгий Андреевич. – Санкт-Петербург, 2011. – 22 с.
4. Глава 3. Совершенствование системы межведомственного взаимодействия, органов управления и экстренных служб при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий // Основы системы спасения пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях: Информационно-аналитический сборник. – М.: ВНИИ по проблемам ГОиЧС МЧС России, 2013. – С. 133–188.
5. Обоснование применения беспроводных систем пожарного мониторинга с функцией автоматической доставки сообщений диспетчеру МЧС России / С.А. Шальнев, Н.Н. Макаров, Н.А. Мельник, О.Д. Маслова // Материалы международной НТК «Системы безопасности». – 2019. – № 28. – С. 217–220.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИБЛИОТЕК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ДЫМА И ПЛАМЕНИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

В работе представлен сравнительный анализ программных библиотек для автоматического обнаружения признаков пожара (дыма и пламени) на основе методов компьютерного зрения. Проведенное исследование включает оценку эффективности библиотек OpenCV, PyTorch, TensorFlow Object Detection API и YOLOv11. Результаты экспериментов показывают, что TensorFlow Object Detection API демонстрирует наилучший баланс между точностью обнаружения дыма и пламени и вычислительной эффективностью, что делает его оптимальным выбором для разработки систем пожарной безопасности.

Пожары остаются одной из наиболее серьезных угроз для жизни людей, имущества и окружающей среды. Применяемые системы обнаружения пожара, в основном используя дифференциальные и пороговые пожарные извещатели в связи с чем возникает задержка при срабатывании.

Развитие технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта позволяет создавать системы раннего обнаружения пожара путем визуального распознавания дыма и пламени. Такие системы способны выявлять признаки возгорания на ранних стадиях, что критически важно для минимизации ущерба и спасения человеческих жизней. Особенно важно обнаружение дыма, который часто является первым визуальным признаком начинающегося пожара и может быть замечен задолго до появления открытого пламени.

Исследования в области автоматического обнаружения дыма и пламени с помощью компьютерного зрения ведутся с начала 2000-х годов. Ранние подходы основывались на анализе цветовых и текстурных характеристик изображений. С развитием методов машинного обучения появились более совершенные алгоритмы, основанные на классификаторах, таких как метод опорных векторов (SVM) и случайные леса (Random Forests). В последние годы наблюдается значительный прогресс в этой области благодаря применению глубоких нейронных сетей, в частности, сверточных нейронных сетей (CNN) и архитектур для обнаружения объектов.

Существует ряд программных библиотек, которые могут быть использованы для разработки систем обнаружения пожара, включая универсальные библиотеки компьютерного зрения и фреймворки глубокого обучения. Для сравнительного анализа были выбраны четыре библиотеки: OpenCV, PyTorch, TensorFlow Object Detection API, YOLOv11. Выбор обусловлен популярностью данных библиотек, их доступностью и потенциальной применимостью для задач обнаружения пожара. Каждая из этих библиотек представляет различные подходы к решению задачи компьютерного зрения – от классических методов обработки изображений до современных архитектур глубокого обучения.

Для оценки эффективности библиотек авторами был создан набор данных, включающий 31784 изображения с аннотациями дыма и пламени. Набор данных был разделен на обучающую (70%), валидационную (15%) и тестовую (15%) выборки.

Для оценки эффективности библиотек использовались следующие метрики: точность, которая показывает долю правильных обнаружений среди всех обнаружений; полнота, отражающая долю обнаруженных пожаров среди всех реальных пожаров; F1-мера, представляющая собой гармоническое среднее между точностью и полнотой; а также частота ложных срабатываний, характеризующая количество ошибочных детекций. Тестирование проводилось на стандартной конфигурации оборудования.

Результаты экспериментального сравнения библиотек для обнаружения дыма и пламени представлены в таблице 1. Данные показывают, что TensorFlow Object Detection API демонстрирует наилучшие показатели точности и полноты как при обнаружении пламени, так и при обнаружении дыма. Особенно значительно преимущество TensorFlow при обнаружении дыма, где разрыв с ближайшими конкурентами составляет более 2% по точности и полноте.

Таблица 1 – Сравнение эффективности библиотек при обнаружении дыма и пламени

Библиотека	Точность обнаружения пламени (%)	Точность обнаружения дыма (%)	F1-мера (общая)	Ложные срабатывания (%)
OpenCV	82,3	68,5	0,721	15,6
PyTorch	91,5	86,3	0,871	10,1
TensorFlow	94,7	92,8	0,927	5,0
YOLOv11	93,2	88,7	0,902	7,9

Анализ результатов показывает, что обнаружение дыма представляет собой более сложную задачу по сравнению с обнаружением пламени. Это связано с рядом факторов: дым имеет нечеткие границы, что затрудняет его сегментацию и локализацию; внешний вид дыма существенно варьируется в зависимости от горящего материала, плотности, освещения и условий окружающей среды; дым визуально схож с паром, туманом, облаками и другими атмосферными явлениями, что повышает вероятность ложных срабатываний; дым постоянно меняет форму и плотность, что затрудняет его обнаружение на отдельных кадрах без учета временной составляющей.

Важно отметить, что TensorFlow показывает наилучшие результаты именно в обнаружении дыма на ранних стадиях пожара, когда его концентрация еще невелика, пример на рисунке 1.

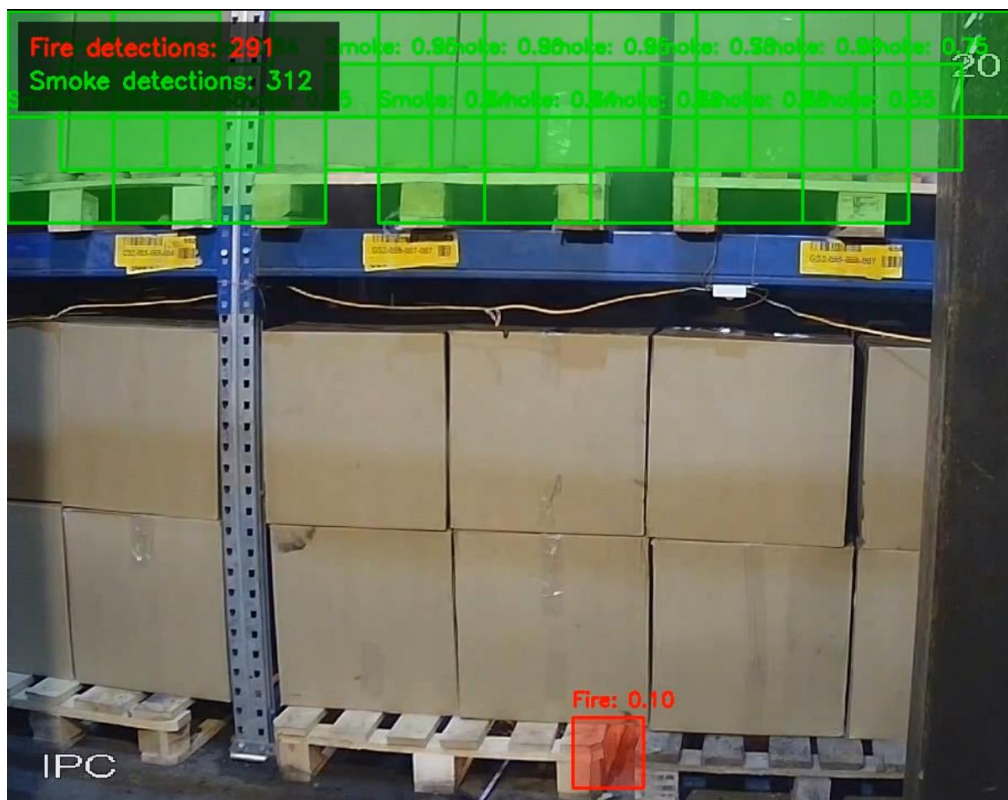


Рис 1. Обнаружение признаков пожара с помощью TensorFlow Object Detection API

TensorFlow Object Detection API успешно справляется с этими сложностями благодаря использованию современных архитектур глубоких нейронных сетей (таких как EfficientDet, ResNet, MobileNet), которые способны выявлять сложные паттерны в данных.

Дополнительно было проведено тестирование библиотек в различных сценариях применения: в помещениях, в условиях низкой освещенности и в задымленной среде. TensorFlow продемонстрировал наилучшую производительность во всех сценариях, с особенно заметным преимуществом в сложных условиях: при низкой освещенности и в задымленной среде, где разрыв с ближайшими конкурентами составил более 3% по F1-мере.

Проведенное исследование показало, что TensorFlow Object Detection API является наиболее эффективным решением для разработки систем обнаружения признаков пожара на основе компьютерного зрения. Данная библиотека обеспечивает оптимальный баланс между точностью обнаружения дыма и пламени, скоростью работы и надежностью в различных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреев А.В. Обоснование необходимости разработки технического средства с использованием искусственного интеллекта для раннего обнаружения пожара / А.В. Андреев, А.С. Доронин // Инновационные технологии и вопросы обеспечения безопасности реальной экономики : Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – С. 19-26. – EDN NGGGWC.
2. Fire alarm systems construction on artificial intelligence principles / A. Andreev, A. Doronin, V. Kachenkova [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 365. – P. 04028. – DOI 10.1051/e3sconf/202336504028. – EDN IGQUAH.
3. Андреев А.В. Перспективы построения систем пожарной сигнализации на принципах искусственного интеллекта (на примере газовых пожарных извещателей) / А.В. Андреев, А.С. Доронин, С.Н. Терехин // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2022. – № 1. – С. 65-74. – EDN PQBODF.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
5. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1409.1556>, свободный.

УДК 667.6

А.Н. Емельянова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Лакокрасочные материалы на основе органических растворителей широко используются в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, судостроительную, строительную и мебельную, а также в быту для защиты и декорирования поверхностей. Однако, несмотря на их широкое применение, лакокрасочные материалы представляют значительную пожарную опасность. Обуславливающим фактором пожарной опасности ЛКМ являются присутствующие в составе органические растворители, способные при испарении образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Пожарная опасность ЛКМ является серьезной проблемой, требующей комплексного подхода к ее решению. Снижение пожарной опасности ЛКМ может быть достигнуто путем замены органических растворителей на менее горючие, снижения концентрации летучих органических соединений, соблюдения правил пожарной

безопасности и использованием безреагентных и реагентных методов снижения пожарной опасности органических растворителей.

Уменьшение риска возникновения пожаров достижимо путем снижения интенсивности испарения органических растворителей, поскольку растворители при испарении способны образовывать с воздухом взрывоопасные концентрации. Уменьшение скорости испарения снижает риск возникновения пожара или взрыва от источника зажигания, что делает процесс хранения и эксплуатации лакокрасочных материалов более безопасным.

Для снижения пожарной опасности лакокрасочных материалов применимы безреагентные добавки, способствующие снижению интенсивности испарения растворителей. Уменьшение скорости образования горючих паров за счет введения добавок позволит снизить пожарную опасность лакокрасочных растворителей.

Современные методы снижения пожарной опасности легковоспламеняющихся жидкостей включают введение в их состав углеродных наноструктур, модифицирующих физико-химические свойства жидкостей [1, 2].

Проведены экспериментальные исследования влияния углеродных наноструктур на интенсивность испарения растворителя марки 646 (ГОСТ 18188-2020). В качестве модифицирующих добавок выступали астралены [3]. Экспериментальная оценка интенсивности испарения растворителя, содержащего астралены, проводилась с открытой поверхности внутри вытяжного шкафа, с фиксацией изменения массы модифицированного растворителя на лабораторных весах. Для получения наножидкости с различной концентрацией астраленов использовали ультразвуковое диспергирование.

Результаты проведенных исследований показывают снижение интенсивности испарения модифицированного растворителя при различных концентрациях астраленов. Снижение интенсивности испарения модифицированных образцов по сравнению с базовой жидкостью связано с ростом поверхностного натяжения жидкости. Данный эффект объясняется усилением Ван-дер-Ваальсовых сил между углеродными наноструктурами. Образование агломератов наноструктур способствует увеличению расстояний между частицами, что снижает стабильность наножидкости [4, 5]. Результаты экспериментального исследования представлены на рисунке 1.

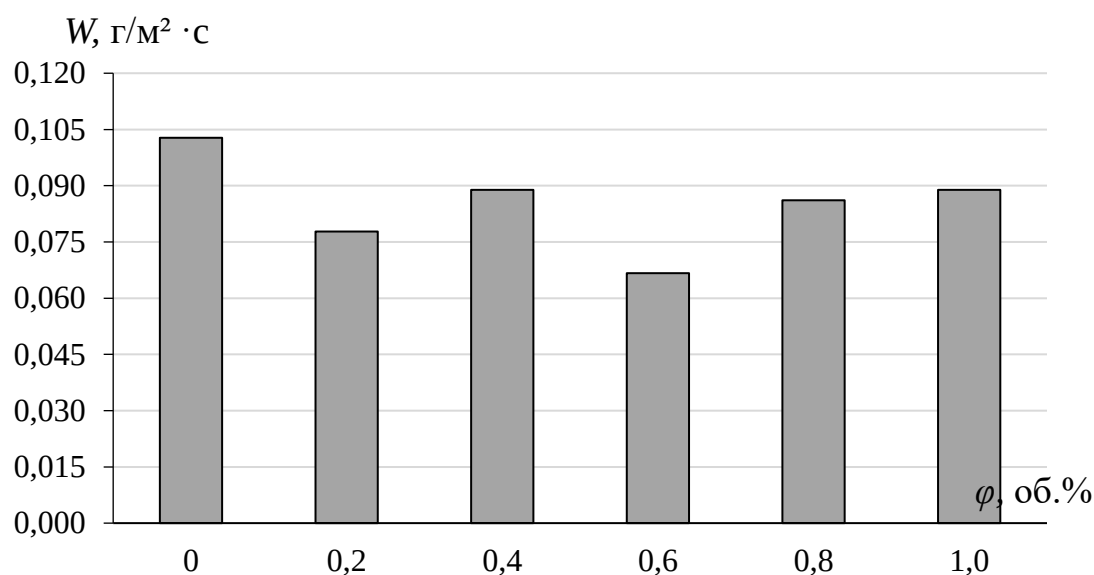


Рис. 1. Изменение интенсивности испарения растворителя марки 646 от концентрации углеродных наноструктур

Снижение пожарной опасности лакокрасочных материалов может быть достигнуто за счет снижения интенсивности испарения входящих в состав растворителей. Для снижения пожарной опасности смеси растворителей необходимо учитывать состав компонентов, физико-химические свойства которых будут определять эффективность применения углеродных наноструктур. Одновременно необходимо учитывать склонность наноструктур к агломерации. Модифицирование органических растворителей показывает перспективность использования углеродных наноструктур для обеспечения пожарной опасности лакокрасочных материалов

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Медведева Л.В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. Т. 26, № 9. – С. 30-37. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.30-37.
2. Иванов А.В., Мифтахутдинова А.А., Ивахнюк Г.К., Башаричев А.В. Физико-технологические принципы и методика управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации наноструктур // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. -2018. – Т. 27, № 12. – С. 7-18. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.7-18.
3. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles / A.I. Shames [et al.] // Diamond and related materials. 2009. Vol. 18. № 2-3. P. 505–510.
4. Tanvir S., Qiao L. Surface tension of nanofluid-type fuels containing suspended nanomaterials // Nanoscale Research Letters. – 2012. – Vol. 7, № 1. – P. 226. DOI: 10.1186/1556-276X-7-226.
5. W. Yu, H. Xie. A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications. Journal of Nanomaterials, 2012. 17 p. DOI: 10.1155/2012/435873.

УДК 614.841.45

Е.Д. Зудова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СДЕРЖИВАНИЯ ПОЖАРА

Потребность в безопасности является фундаментальной для каждого человека, семьи, различных сообществ, общества и государства в целом. Одним из важнейших аспектов общей безопасности считается пожарная безопасность.

Она представляет собой состояние защищенности людей, имущества, общественных структур, государства и окружающей среды от пожаров. Значимость этого вопроса можно понять, вспомнив крупнейший пожар в истории России, произошедший в 1915 г. Огонь охватил территорию в 1,6 млн км², уничтожив 125 тыс. км² и задымил 6 тыс. км², что даже привело к остановке речного транспорта.

Для обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений применяют как пассивные, так и активные методы. Пассивные меры включают защиту строительных конструкций с помощью специальных покрытий (лаков, красок), защиту кабельных систем и установку противопожарных перегородок. Активные системы включают пожарную сигнализацию, системы пожаротушения, удаления дыма и другие средства противопожарной защиты [1].

Особую роль в безопасности зданий и жизни людей играют автоматические системы пожаротушения. Они предназначены для быстрого обнаружения и локализации очагов возгорания, предотвращения распространения огня и минимизации ущерба. Их автономная работа без участия человека особенно важна в экстренных ситуациях.

В настоящее время в мире имеется несколько вариантов автоматических систем пожаротушения, различающихся по своему конструктивному исполнению [2]:

– спринклерные;

- дренчерные;
- агрегатные;
- модульные.

Говоря о функциях, которые выполняет система спринклерного пожаротушения, их можно разделить на две категории:

- система сдерживания пожара;
- система тушения пожара.

Отличие систем сдерживания и тушения пожара заключается в следующем: основная задача систем сдерживания пожара состоит в ограничении площади распространения огня, до прибытия противопожарных служб, в то время как система тушения пожара направлена на ликвидацию очага горения [3]. Их эффективность оценивается не только с точки зрения надежности и быстродействия, но и с позиции экономической целесообразности. Стоимость системы пожаротушения очень важный аспект, так как огромное количество людей отказываются от их установки пытаясь сэкономить деньги.

Материальная эффективность системы пожаротушения определяется балансом между затратами на установку, эксплуатацию и потенциальным предотвращённым ущербом. Однако с точки зрения экономической целесообразности системы сдерживания часто оказываются более выгодными по нескольким параметрам:

- стоимость проектирования системы;
- расходы на закупку оборудования, для систем сдерживания пожара не требуются насосные станции, в отличии от систем тушения пожара;
- обслуживание и тестирование системы, обслуживание систем сдерживания менее затратное по сравнению с проверкой и заправкой систем тушения, использующих огнетушащие вещества;
- Затраты на энергию и расходные материалы, газовые или порошковые составы, практически не используются в системах сдерживания пожара [4].

К методам оценки материальной эффективности можно отнести метод анализа затрат и выгод, метод расчета срока окупаемости и метод коэффициента эффективности инвестиций.

Рассмотрим каждый метод в отдельности. Метод анализа затрат и выгод (CBA – Cost-Benefit Analysis):

- рассчитывается соотношение стоимости установки и эксплуатации к предотвращённому ущербу;
- если выгоды превышают затраты, система считается экономически оправданной;
- системы сдерживания предотвращают крупные финансовые потери за счет раннего подавления возгорания.

Метод расчета срока окупаемости (Payback Period):

- оценивает время, за которое затраты на систему окупятся за счет предотвращённых убытков;
- окупаемость систем сдерживания быстрее, поскольку они предотвращают возникновение дорогостоящих пожаров.

Метод коэффициента эффективности инвестиций (ROI – Return on Investment):

- используется для определения прибыльности вложений в систему;
- формула (1):

$$ROI = \frac{(\text{Предотвращённый ущерб} - \text{Затраты})}{\text{Затраты}} 100\%, \quad (1)$$

– за счет меньших затрат на установку и обслуживание системы сдерживания часто обеспечивают более высокий ROI.

Сравним годовые затраты. Допустим, установка системы сдерживания пожара стоит 2 млн рублей, а системы тушения – 6 млн рублей. Среднегодовые эксплуатационные расходы составляют 300 тыс. и 1 млн рублей соответственно. Предотвращённый ущерб оценивается в 70 млн рублей, вероятность пожара – 2,5% в год.

Система сдерживания:

– предотвращённый ущерб, рассчитывается по формуле (2).

$$70\,000\,000 \times 2,5\% = 1\,750\,000 \text{ руб.} \quad (2)$$

– годовые затраты = 300 000 рублей;

– ROI, рассчитывается по формуле (3):

$$\frac{(1\,750\,000 - 300\,000)}{2\,000\,000} \times 100\% = 72,5\%. \quad (3)$$

Система тушения [5-7]:

– Годовые затраты равны 1 000 000 рублей;

– ROI, рассчитывается по формуле (4).

$$\frac{(1\,750\,000 - 1\,000\,000)}{6\,000\,000} \times 100\% = 27,5\%. \quad (4)$$

Таким образом, системы сдерживания пожара значительно уменьшают эксплуатационные и капитальные расходы по сравнению с системами тушения. Использование таких систем обеспечивает высокую экономическую эффективность, снижая ущерб и уменьшая потребность в дорогостоящих мерах по ликвидации последствий пожара.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Танклевский Л.Т., Таранцев А.А., Бондар А.И., Балабанов И.Д. Особенности реализации автоматических установок сдерживания пожара. Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022;31(5):43-53.
2. Бондар А.И., Мешалкин Е.А., Танклевский Л.Т., Таранцев А.А., Цариченко С.Г. Об особенностях применения автоматических установок сдерживания пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2019. №6.
3. Намятова Л.Е. Экономика пожарной безопасности: учебное пособие / Л.Е. Намятова, Ю.А. Бабченко. – Екатеринбург, 2022. – 200 с. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117137/1/978-5-7996-3470-4_2022.pdf.
4. HR-Portal / Анализ затрат и выгод (CBA): Примеры, преимущества и этапы // URL: <https://hr-portal.ru/story/analiz-zatrat-i-vygod-cba-primery-preimushchestva-i-etapy> (дата обращения: 15.02.2025).
5. Бизнес-секреты / Окупаемость бизнес-проекта: как оценивать и считать // URL: <https://secrets.tbank.ru/biznes-s-nulya/srok-okupayemosti-biznes-proyekta/> (дата обращения: 19.02.2025).
6. Calltouch Blog / ROI (Return On Investment) // URL: <https://www.calltouch.ru/blog/glossary/roi-return-on-investment/> (дата обращения: 19.02.2025).

УДК 614.841.45

Е.Д. Зудова, И.Д. Балабанов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЖАРА КЛАССОВ «А» И «В» В ОГРАНИЧЕННОМ ОБЪЁМЕ

Одним из способов тушения (точнее – подавления) пожаров классов А и В в помещении является снижение концентрации кислорода в нём до критической величины 14% и менее. При этом понижение в помещении температуры продуктов пиролиза ниже температуры самовоспламенения позволит относительно безопасно вскрыть его для доступа пожарных внутрь [1, 2].

Динамика выгорания пожарной нагрузки в замкнутом помещении может быть в первом приближении (приток воздуха отсутствует, скорость выгорания пожарной нагрузки обратно пропорциональна её выгоревшей массе) описана линейным дифференциальным уравнением 1-го порядка:

$$\frac{dm}{dt} = S(t)\psi \left(1 - \frac{m}{m_k}\right) \quad (1)$$

где m – масса выгоревшей пожарной нагрузки, кг; t – время, отсчитываемое от начала устойчивого горения, с; S – площадь пожара, м²; ψ – удельная скорость выгорания, кг/м²/с; m_k – масса пожарной нагрузки, соответствующая выгоранию кислорода до критической концентрации, кг.

Из уравнения (1), в частности, следует, что при $m = m_k$ пожарная нагрузка перестаёт гореть и $dm/dt = 0$, что соответствует подавлению пожара. Величина m_k , в свою очередь, может быть оценена по выражению:

$$m_k = V \frac{\Delta m_{O_2}}{|L_{O_2}|} \quad (2)$$

где V – свободный объём помещения, м³; L_{O_2} – потребление O_2 при пожаре, кг/кг; Δm_{O_2} – объём выгоревшего кислорода на кубометр помещения, когда концентрация O_2 упадёт до 14%.

Полагая, что плотность кислорода при н.у. $\rho_{O_2} \approx 1,429$ кг/м³, исходная концентрация O_2 в помещении 21% (т.е. в кубометре свободного помещения 0,21 м³ кислорода), критическая концентрация O_2 в помещении 14% (т.е. в кубометре помещения 0,14 м³ O_2), то $\Delta V_{O_2} = 0,21 - 0,14 = 0,07$ м³ и $\Delta m_{O_2} = \Delta V_{O_2} \cdot \rho_{O_2} = 0,07 \cdot 1,429 \approx 0,1$ кг O_2 . Тогда, зная величину V и потребление O_2 при пожаре L_{O_2} , можно по (2) оценить величину m_k . Характеристики некоторых помещений и ЛВЖ/ГЖ, согласно СИТИС, приведены в таблицах 1 и 2 [3, 4].

Таблица 1 – Характеристики некоторых помещений, где возможен пожар класса А

Помещение	Q , МДж/кг	ψ , кг/м ² /с	P , кВт/м ²	v , м/с	L_{O_2} , кг/кг	m_k , кг
Административные	14,0	0,021	294,0	0,022	-1,161	34,45
Библиотеки, архивы	14,5	0,011	159,5	0,010	-1,154	34,66
Типографии	15,4	0,006	92,4	0,004	-1,158	34,54
Лесопильный цех	13,8	0,015	207,0	0,058	-1,150	34,78
Склад мебели	14,4	0,014	201,6	0,015	-1,288	31,06
Склад льноволокна	15,7	0,021	329,7	0,071	-1,830	21,86
Склад оргстекла	26,4	0,004	105,6	0,008	-2,090	19,14
Цех сушки древесины	13,8	0,015	207,0	0,038	-1,150	34,78

Примечания: Q – низшая теплота сгорания, P – удельная мощность пожара, v – линейная скорость распространения пламени. Величина m_k приведена для $V = 400$ м³.

Таблица 2 – Характеристики ЛВЖ/ГЖ (пожар класса В)

ЛВЖ/ГЖ	Q , МДж/кг	ψ , кг/м ² /с	P , МВт/м ²	L_{O_2} , кг/кг	m_k , кг	Примеч.
Бензин	43,2	0,059	2,549	-3,405	11,75	$V = 400$ м ³
Дизтопливо	45,4	0,042	1,907	-3,368	11,88	
Нефть	44,2	0,024	1,061	-3,240	12,35	

Примечание: величина m_k приведена для $V = 400$ м³.

Например, если пожар происходит на складе мебели объёмом $V = 400$ м³, для которого $\psi = 0,014$ кг/м²/с и $L_{O_2} = -1,288$ кг/кг, то $m_k = 400 \cdot 0,1 / 1,288 \approx 31,06$ кг. А если произошло возгорание пролива бензина в помещении такого же объёма, то $m_k = 400 \cdot 0,1 / 3,405 \approx 11,75$ кг.

Решение дифференциального уравнения (1) при нулевых начальных условиях позволяет найти динамику $m(t)$ выгорания массы пожарной нагрузки [5]:

$$m(t) = m_k \left[1 - \exp \left(- \frac{\psi}{m_k} \int_0^t S(t) dt \right) \right]. \quad (3)$$

Применительно к пожару класса А его площадь $S(t)$ может быть оценена по выражению:

$$S(t) = k_s t^n. \quad (4)$$

Если пожар имеет круговую форму, то $k_s = k_\phi \pi v^2$ (при круговой форме $k_\phi = 1$, при полукруговой форме $k_\phi = 0,5$, при пожаре в углу $k_\phi = 0,25$), $n = 2$. Если пожар в вытянутом помещении шириной a , то $k_s = k_\phi a v$ (если пожар распространяется в одну сторону, $k_\phi = 1$, если в обе стороны $k_\phi = 2$), $n = 1$.

В общем случае для пожара класса А выражение (3) с учётом (4) принимает вид:

$$m(t) = m_k \left[1 - \exp \left(- \frac{\psi k_s}{m_k (n+1)} t^{n+1} \right) \right]. \quad (5)$$

Например, если очаг пожара в центре склада мебели ($v = 0,015$ м/с, $m_k \approx 31,06$ кг), то

$$k_s = 1 \cdot 3,14 \cdot 0,015^2 \approx 7,07 \cdot 10^{-4}. \quad (6)$$

$$m(t) = 31,06 \left[1 - \exp \left(- \frac{0,014 \cdot 7,07 \cdot 10^{-4}}{31,06 \cdot 3} t^3 \right) \right] = 31,06 [1 - \exp(-1,062 \cdot 10^{-7} t^3)]. \quad (7)$$

Из полученного выражения следует, что через 5 минут ($t = 300$ с) выгорит 29,28 кг пожарной нагрузки, т.е. кислорода в помещении останется всего ~5,7% от необходимого количества для продолжения горения [6,7].

Если произошёл пролив ЛВЖ/ГЖ на площади S , которая практически сразу воспламенилась по всей поверхности (пожар класса В), то выражение (3) принимает вид:

$$m(t) = m_k \left[1 - \exp \left(- \frac{S \psi}{m_k} t \right) \right]. \quad (8)$$

Например, если произошло возгорание бензина в помещении ремонтной мастерской объёмом $V = 400$ м³ на площади $S = 100$ м² ($m_k \approx 11,75$ кг), то

$$m(t) = 11,75 \left[1 - \exp \left(- \frac{100 \cdot 0,059}{11,75} t \right) \right] = 11,75 [1 - \exp(-0,502t)] \quad (9)$$

То есть меньше чем за 1 минуту устойчивого горения выгорает столько O_2 , что пожар «задохнётся».

Вывод. Получены аналитические выражения для оценки возможности самозатухания пожаров классов А и В в помещении без доступа воздуха. Желательно провести более точное моделирование процесса самозатухания пожара с использованием полевой модели, например, Pyrosim.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Электронная библиотека focdoc.ru / URL: <https://focdoc.ru/dem/911648202616.pdf> (дата обращения: 12.02.2025).
2. Нижегородский учебной центр ФПС // План-конспект проведения занятий по дисциплине «Пожарная тактика» со слушателями курсов подготовки руководителей добровольных пожарных команд / URL: <https://cgz-orisk-uc.ru/wp-content/uploads/2022/05/2011-Тема-1-ПК-Пожар-и-его-развитие.-Прекращение-горения-ФДГ.pdf> (дата обращения: 16.02.2025).
3. КонсультантПлюс // Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/a8c77699ce581f96b2636dee84de4e750b33ed20/ (дата обращения: 20.02.2025).
4. Мультиурок // Классы пожаров / URL: <https://multiurok.ru/files/klassy-pozharov.html> (дата обращения: 20.02.2025).

5. Fireman.club // Методика проведения пожарно-тактических расчетов: формулы и задачи / URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/metodika-provedeniya-pozharno-takticheskix-raschetov/> (дата обращения: 20.02.2025).
6. СТ-Авто // Площадь пожара / URL: <https://stavto.ru/articles/ploshchad-pozhara/> (дата обращения: 20.02.2025).
7. Fireman.club // Горючие жидкости: описание, классы пожара, тушение и правила хранения / URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/goryuchie-zhidkosti/> (дата обращения: 22.02.2025).

УДК 621.039.586

А.И. Иванова, А.П. Бызов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ФАКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Газоперерабатывающая промышленность является ключевой отраслью, обеспечивающей важнейшими ресурсами многие сферы жизни и производства. Однако, высокая сложность технологических процессов на объектах этой отрасли приводит к значительным рискам аварий. Последствия таких происшествий могут включать повреждение оборудования, экологические проблемы, большие экономические убытки и угрозу безопасности людей.

Таким образом, целью данной работы является анализ причин и факторов возникновения и развития аварий на объектах газоперерабатывающего комплекса ООО «Газпром переработка».

22 декабря 2015 года на 87 км магистрального конденсатопровода «Уренгой-Сургут» УТЖУ, который введен в эксплуатацию в 1985 году, произошла разгерметизация трубопровода диаметром 720 мм с выходом газового конденсата на поверхность земли. Пострадавших не было, а экономический ущерб оценили в 199 тыс. руб. К причинам аварии отнесли дефект по линии сплавления кольцевого сварного шва, развившийся по механизму коррозионного растрескивания под напряжением, и неудовлетворительное состояние изоляционного покрытия. Таким образом, факторами, повлекшими за собой данную аварию, являются:

1. Воздействие влаги и температуры, которые ускоряли процессы коррозии [1].
2. Вибрационные нагрузки, возникающие в результате работы насосных станций и другого оборудования.
3. Геологические условия: движение грунта, оседание почвы и сейсмическая активность, вызывающие внутреннее напряжение и деформацию трубопровода.
4. Деграция материалов со временем.
5. Недостаточный контроль и обслуживание: пропуск ранних признаков износа и повреждений из-за недостаточного мониторинга и технического обслуживания.
6. Человеческий фактор, к которому можно отнести неправильную эксплуатацию оборудования, невнимательность и халатность.
7. Технологические ошибки, которые возникают при производстве и укладке трубопровода [2].

На площадке первичных процессов газоперерабатывающего производства ЗПКТ 5 августа 2021 г. произошел выброс опасных веществ.

На рисунке 1 показана хронология событий, которые привели к аварии, экономический ущерб от которой составил 1 млрд 210 млн рублей.



Рис. 1. Хронология событий взрыва 05.08.2021 г.

К факторам, которые привели к аварии, относятся:

1. Колебание входного напряжения от 215 В до 230 В, приводившие к нестабильной работе реле контроля напряжения.
2. Отсутствие контроля за соответствием электрооборудования.
3. Неудовлетворительное распределение обязанностей и ответственности: несогласованность действий и недостаточная координация между сотрудниками, техническими службами по вопросам обеспечения технической безопасности.
4. Недостаточная квалификация персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание оборудования.
5. Отсутствие резервных систем, при возникновении аварийной ситуации [3].

На 673,7 км магистрального конденсаторпровода «Уренгой-Сургут», на участке магистрального продуктопровода №3 УТЖУ А58-70835-0003, 6 февраля 2019 года произошел неконтролируемый взрыв, при выполнении работ по выводу участка трубопровода в капитальный ремонт, вследствие чего погибли 2 человека.

Была установлена техническая причина аварии – частичное разрушение задвижки с последующим ударом фрагментов о стенку трубы и взрывом парогазовоздушной смеси, образовавшейся внутри конденсаторпровода на месте производства работ.

Организационными причинами аварии стали:

1. Некорректная классификация газоопасных работ, которая повлекла за собой отсутствие наряд-допуска на проведение газоопасных работ и обеспечения дополнительных мер пожарной и газовой безопасности в ночное время.
2. Отсутствие согласования газоопасных работ с профессиональной аварийно-спасательной службой.
3. Недостаточный контроль за эксплуатацией азотной станции.

Таким образом, можно выделить следующие факторы, способствовавшие возникновению аварии:

1. Изношенность оборудования, в частности задвижки.
2. Отсутствие эффективной системы мониторинга состояния оборудования: автоматических систем обнаружения и предупреждения дефектов на ранних стадиях.
3. Нарушение технологических процессов: отклонение от установленных технологических норм и процедур при эксплуатации оборудования.
4. Недостаточная квалификация персонала.
5. Пренебрежение процедурами безопасности: игнорирование установленных мер по обеспечению пожарной и газовой безопасности [4].

Анализ причин и факторов возникновения и развития аварий на объектах газоперерабатывающего комплекса показывает, что аварийные ситуации являются результатом комплекса технических, организационных и внешних факторов. Технические неисправности, такие как неисправность электрики, износ, коррозия и внезапные скачки давления в оборудовании, приводят к серьезным последствиям, если их своевременно не выявить и не устранить [1].

Организационные причины также играют ключевую роль в возникновении аварий. Недостаточное внимание к планированию и надзору за выполнением работ, отсутствие регулярного обучения и повышения квалификации персонала, пренебрежение мерами безопасности и контролем за состоянием оборудования, недостаточное взаимодействие между подразделениями и несоблюдение нормативных требований в значительной мере способствуют возникновению аварий на объектах газоперерабатывающего комплекса.

ООО «Газпром переработка» необходимо внедрить более эффективные системы мониторинга и диагностики для своевременного выявления дефектов, повысить квалификацию персонала и строго соблюдать технологические регламенты, усилить контроль за проведением регулярного технического обслуживания и модернизацией оборудования, а также более тщательно учитывать внешние факторы при проектировании и эксплуатации объектов [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Узяков Р.Н., Кушнаренко Е.В., Узяков М.Р. Автоматизированный анализ коррозионного состояния оборудования как фактор повышения безопасности технологических систем //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – №. S5. – С. 77–80.
2. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: <https://gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2015%D0%B3%D0%BE%D0%B4/> (дата обращения 05.03.2024).
3. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: <https://gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2021-god/index.php> (дата обращения 05.03.2024).
4. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: <https://gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2019%D0%BD%D0%B8%D0%B8%D0%B8/index.php> (дата обращения 05.03.2024).
5. Уразова Н.Г., Мартынюк А.В. Управление рисками на этапе проектирования объектов переработки нефти и газа //Baikal Research Journal. – 2016. – Т. 7. – №. 2. – С. 9.

УДК 622.8

А.Н. Караваева, И.В. Климова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА РАЗРЕЗАХ И РУДНИКАХ

Цель работы: анализ причин возникновения аварий и гибели людей на объектах по добыче полезных ископаемых открытым способом (на рудниках и разрезах).

Для анализа аварий была собрана информация о происшествиях на горнодобывающих объектах с 2017 по 2024 гг. В обзор вошли рудники зарегистрированные с 1721 по 2008 гг., находящиеся в таких районах как: рудник «Кумроч» в Камчатском крае, рудник «Пионер» в Амурской области, Рудник «Чебачье» и ООО «Ухановский щебёночный рудник» в Челябинской области, АО «Комбинат КМАруда» и ООО «Яковлевский ГОК» в Белгородской области, ОАО «Высокогорский ГОК» в Свердловской области, рудник «Мир» в Якутии [1, 2].

Основная информация включает в себя: наименование объекта, дату аварии, возраст объекта на момент аварии и даты последующих аварий на данных объектах. Для наглядности информация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические данные аварий

Объект	Дата аварии	Возраст объекта на момент аварии	События
Рудник «Кумроч»	Октябрь 2024 года	44 года	-
Рудник «Пионер»	Март 2024 года	16 лет	Апрель 2024 года
Рудник «Чебачье»	Март 2021 года	77 лет	Апрель 2023 года
ООО «Ухановский щебёночный рудник»	Октябрь 2023 года	15 лет	-
АО «Комбинат КМАруда»	Июнь 2024 года	28 лет	Сентябрь 2024 года
ООО «Яковлевский ГОК»	Май 2022 года	15 лет	Сентябрь 2023 года Февраль 2024 года
ОАО «Высокогорский ГОК»	Январь 2009 года	288 лет	Сентябрь 2014 года Январь 2015 года Февраль 2024 года
Рудник «Мир»	Октябрь 2012 года	57 лет	Апрель 2013 года Апрель 2015 года Июль 2017 года Август 2017 года

В данной таблице в столбце «дата аварии» указаны самые ранние обнародованные даты аварий [3–5].

В графе «События» указаны даты последующих аварий, данные о которых доступны в сети Интернет [6–8].

Символ «-» указывает, что события не были найдены. В данной таблице в столбце «дата аварии» указаны самые ранние обнародованные даты

Причины гибели людей на рассмотренных объектах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Причины гибели людей

Объект	Причина
Рудник «Кумроч»	Обрушение горной породы
Рудник «Пионер»	Обвал горных пород
Рудник «Чебачье»	Несоблюдение правил безопасности
ООО «Ухановский щебёночный рудник»	Разрушение конструкций крепления
АО «Комбинат КМАруда»	Затопление
ООО «Яковлевский ГОК»	Обрушение горной массы
ОАО «Высокогорский ГОК»	Несоблюдение правил безопасности
Рудник «Мир»	Прорыв воды

Исходя из причин гибели людей на данных объектах, можно выделить 4 основные причины: обвалы/обрушения горной породы; несоблюдение правил безопасности; разрушение конструкций крепления; затопление/прорыв воды. Процентное соотношение выделенных причин по отношению к рассмотренным событиям представлено на рисунке 1.

Согласно найденной и проанализированной информации о неблагоприятных исходах и жертвах на рассмотренных объектах, был построен график, отражающий зависимость количества пострадавших и погибших по годам. Данный график представлен на рисунке 2. На оси ОХ отмечен год, на оси ОУ – количество пострадавших и погибших.

Проанализировав аварии на рассмотренных 8 объектах, можно сделать вывод, что больше всего погибших было в 2024 году (Рудник «Пионер» – 13 человек, рудник «Кумроч» – 3 человека). Самое большое количество пострадавших на рассмотренных объектах было в 2009 году: 10 пострадавших на ОАО «Высокогорский ГОК».

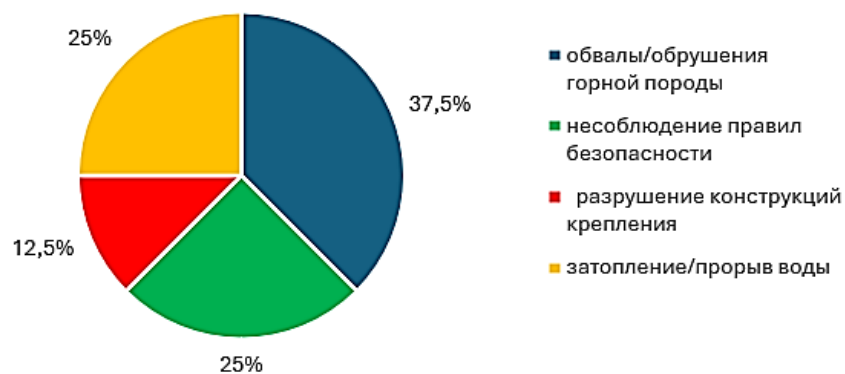


Рис. 1. Причины гибели людей

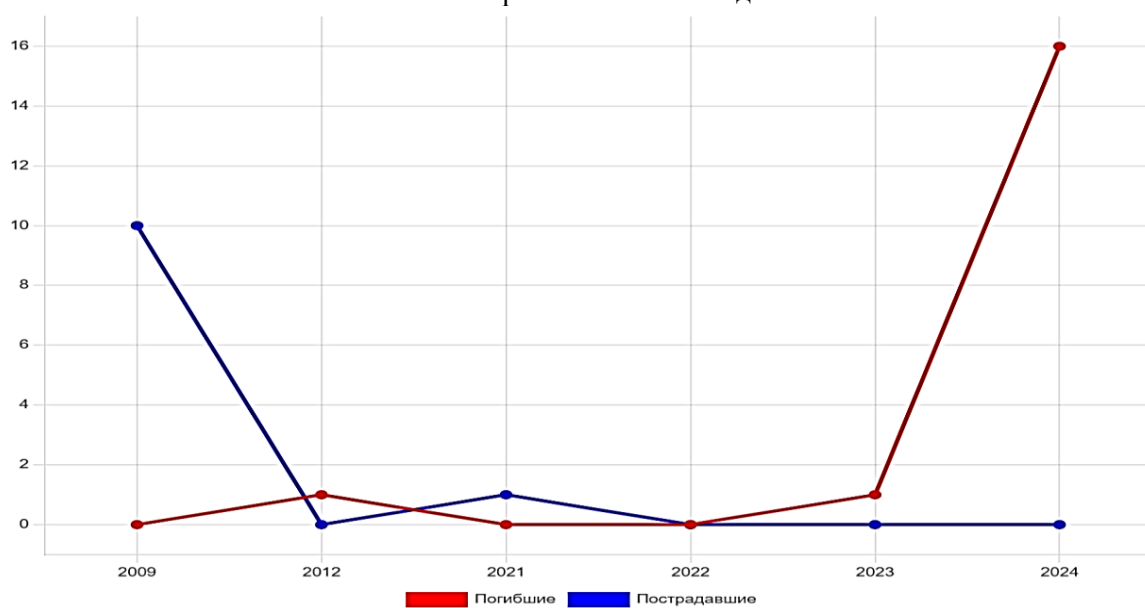


Рис. 2. Количество пострадавших и погибших по годам

Также, был проанализирован возраст объекта и количество погибших на момент происшествия. Результаты представлены на рисунке 3. На оси OX отмечен возраст объекта, на оси OY – количество пострадавших и погибших.

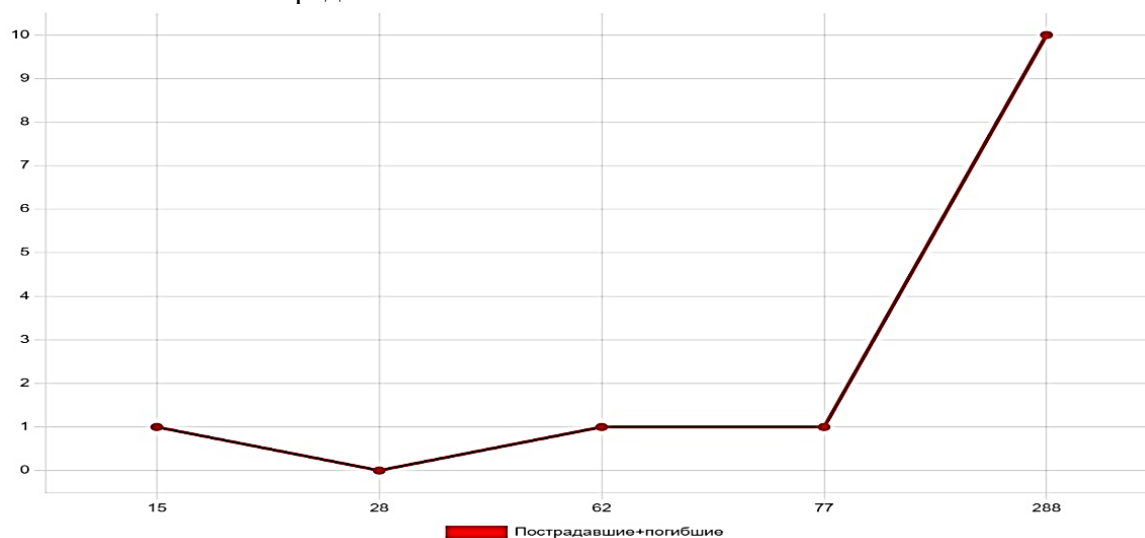


Рис. 3. Количество пострадавших и погибших в зависимости от возраста объекта

Выводы:

1. Были проанализированы данные из открытых источников по авариям и несчастным случаям на рудниках и разрезах: выборка включала в себя происшествия с 2009 по 2024 гг. Выделено 8 предприятий.

2. Основными причинами травмирования людей и смертельных случаев выявлены: обвалы/обрушения горной породы (37,5%); несоблюдение правил безопасности (25%); разрушение конструкций крепления (12,5%); затопление/прорыв воды (25%).

3. По построенному графику зависимости количества пострадавших от возраста предприятия, видно, что данных по рассмотренным объектам не хватает для получения явной зависимости двух переменных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <https://gosnadzor.ru/industrial/mining/zavershennye-rassledovaniya/> (дата обращения: 28.02.2025).
2. <https://www.dv.kp.ru/daily/27649.5/4999302/> (дата обращения: 28.02.2025).
3. https://rusmet.ru/press-center/na_vysokogorskom_goke_ishchut_vinovnyh_vo_vzryve/ (дата обращения: 28.02.2025).
4. <https://iz.ru/1675681/2024-04-02/cto-izvestno-o-chp-na-rudnike-pioner> (дата обращения: 28.02.2025).
5. <http://ural.gosnadzor.ru/news/65/422/> (дата обращения: 28.02.2025).
6. <http://vdon.gosnadzor.ru/news/65/1230/> (дата обращения: 28.02.2025).
7. <https://lenta.ru/news/2023/09/15/podrobno/> (дата обращения: 28.02.2025).
8. <https://www.gosnadzor.ru/news/64/2018/> (дата обращения: 28.02.2025).

УДК 614.843

Л.В. Кекенова, М.А. Васильев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Системы пожарной сигнализации (ПС) играют важнейшую роль в обеспечении безопасности зданий и сооружений. Их основная задача – своевременно обнаруживать возгорание и передавать сигнал тревоги, что позволяет оперативно организовать эвакуацию людей и приступить к тушению пожара. Однако эффективность таких систем напрямую зависит от стабильности их характеристик. Нестабильная работа ПС, проявляющаяся в ложных срабатываниях или задержках в обнаружении возгорания, может привести к серьезным последствиям, включая угрозу жизни людей и значительный материальный ущерб.

Согласно данным МЧС России, в 2022 г. в стране было зарегистрировано около 130 тыс. пожаров, в результате которых погибло более 7 тыс. человек [1]. Значительная часть этих пожаров была связана с неисправностями систем пожарной сигнализации или их отсутствием. Например, в 2021 г. 15% пожаров в жилых зданиях произошли из-за неисправных систем ПС.

Кроме того, в 2022 г. 30% всех срабатываний систем пожарной сигнализации в России оказались ложными [2]. Это приводит к значительным финансовым потерям – ежегодно на реагирование на ложные вызовы тратится около 2 млрд руб. Ложные срабатывания также снижают доверие к системам ПС, что может привести к игнорированию реальных угроз.

Современные системы ПС в России способны предотвратить до 70% пожаров на ранних стадиях, если они установлены и обслуживаются в соответствии с нормами. Однако из-за недостаточной стандартизации и отсутствия регулярного обслуживания эффективность систем часто снижается. Эти данные подчеркивают необходимость повышения стабильности и надежности систем ПС.

Несмотря на наличие нормативных документов, регулирующих проектирование, монтаж и эксплуатацию систем пожарной сигнализации, их требования зачастую носят общий характер и не учитывают современных реалий. Например, действующие стандарты, такие как ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний», регламентируют основные параметры ПС, но не предусматривают строгих требований к стабильности характеристик оборудования в различных условиях эксплуатации.

Основными проблемами существующих стандартов можно выделить:

1. Отсутствие единого подхода к сертификации оборудования – разные производители используют различные методы тестирования, что приводит к неравномерному качеству продукции на рынке;
2. Недостаточная стандартизация методов испытания – требования к испытаниям оборудования часто ограничиваются лабораторными условиями, что не отражает реальных условий эксплуатации;
3. Отсутствие учета современных технологий – нормативные документы не учитывают возможности IoT и машинного обучения, которые могут значительно повысить точность и стабильность систем ПС.

Эти недостатки приводят к тому, что на рынке появляется оборудование, не соответствующее требованиям безопасности, а эксплуатация таких систем сопровождается повышенным риском ложных срабатываний или, наоборот, пропуском реальных угроз.

Технологическим решением обозначенной проблемы может стать интеграция современных инноваций в системы пожарной сигнализации (ПС). Одним из перспективных направлений является использование технологий Интернета вещей (IoT), которые позволяют осуществлять удаленный мониторинг состояния систем ПС в режиме реального времени. Датчики, подключенные к сети, способны передавать данные о ключевых параметрах, таких как температура, уровень задымленности и состояние оборудования, на центральный сервер. Это обеспечивает возможность оперативного выявления неисправностей и своевременного реагирования на потенциальные угрозы.

Важным дополнением к IoT выступает применение методов машинного обучения. Алгоритмы, основанные на искусственном интеллекте, способны анализировать поступающие с датчиков данные, дифференцируя реальные угрозы от ложных срабатываний. Например, система может учитывать комплекс факторов, включая время суток, уровень задымленности и температурные показатели, что позволяет минимизировать количество ошибок. Практическим примером успешного внедрения таких технологий является опыт компании Siemens в Европейском Союзе, где использование машинного обучения позволило повысить точность обнаружения пожаров на 25% [3].

Однако внедрение технологических решений требует не только технической модернизации, но и подготовки квалифицированного персонала. Регулярное обучение специалистов, работающих с системами ПС, является необходимым условием для эффективного использования новых технологий. Это позволяет сотрудникам оставаться в курсе актуальных стандартов и методов работы, что, в свою очередь, снижает вероятность ошибок при обслуживании систем. Например, в Германии обязательное проведение ежегодных тренингов для сотрудников привело к снижению количества ошибок на 20% [4].

Стоит отметить, что внедрение IoT и машинного обучения в системы ПС сопряжено с определенными финансовыми затратами, которые могут варьироваться от 500 тыс. до 2 млн рублей в зависимости от масштаба объекта. Тем не менее, эти инвестиции окупаются за счет снижения ущерба от пожаров и уменьшения количества ложных срабатываний. По данным МЧС, предотвращение даже одного пожара с помощью современных систем ПС позволяет

экономить в среднем 10 миллионов рублей, учитывая как материальный ущерб, так и потенциальные человеческие жертвы [5].

Стабильность и надежность характеристик систем пожарной сигнализации являются критически важными факторами, определяющими их эффективность. Для повышения уровня безопасности зданий и сооружений необходимо ужесточение законодательной базы, а также разработка единого нормативного документа, регулирующего сертификацию и методы тестирования оборудования. Кроме того, ключевым условием успеха является тесное взаимодействие между производителями оборудования, контролирующими органами и конечными пользователями. Только совместные усилия позволят разработать и внедрить стандарты, обеспечивающие высокую стабильность и надежность систем ПС.

Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на разработку новых методов тестирования, а также на учет всех факторов, влияющих на работу систем пожарной сигнализации. Это позволит не только повысить эффективность существующих решений, но и создать основу для разработки инновационных подходов в области пожарной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. МЧС России. Статистика пожаров за 2022 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 10.03.2025).
2. МЧС России. Отчет о ложных срабатываниях систем пожарной сигнализации за 2022 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 10.03.2025).
3. Siemens. Machine Learning in Fire Detection Systems, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens.com> (дата обращения: 10.03.2025).
4. European Fire Safety Alliance. Training Programs for Fire Safety Personnel in the EU, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.europeanfiresafetyalliance.org> (дата обращения: 10.10.2023).
5. МЧС России. Экономические последствия пожаров и эффективность систем ПС, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 10.03.2025).

УДК 614.841.413

П.А. Кириллова, М.А. Симонова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСЧЕТА ВЗРЫВА ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Промышленная пыль – неизбежный побочный результат многих технологических процессов. Таких как деревообработка, добыча угля, перемалывание злаковых культур, обтачивание, метализация и прочее. Такая пыль представляет собой мелкодисперсные частицы материала, попадающие в воздух в результате какого-либо производственного процесса.

Производственная пыль опасна по многим причинам. Обычно ее рассматривают как вредный фактор производственной среды, негативно действующий на органы дыхания человека. Но, помимо этого, пыль имеет высокое значение и для пожарной безопасности, так как она способна гореть. Горение пыли возможно, когда размер ее частиц больше 350 мкм. Если же дисперсность менее этого значения, то пыль взрывается.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» дисперсность – единственная характеристика пыли, которая влияет на расчет избыточного давления взрыва пылевоздушной смеси при расчете категории взрывопожароопасности. Методика не учитывает других характеристик частицы пыли, а также усредняет или оставляет бремя выбора значений тех или иных переменных на специалиста, производящего расчет категории. Таким образом, методика становится слишком обобщенной, принимая всю пыль за одинаковые частицы, отличающиеся только размером больше или меньше контрольной цифры.

Из-за этого некоторые расчеты, например, с небольшим количеством муки, которая является пищевой пылью мелкой дисперсности, показывают, что взрыв превысит 5 кПа. То есть категория помещения, в которой хранится пачка муки, будет не ниже Б. Но в действительности взрыв не произойдет. И есть необходимость понять, почему. А также уточнить алгоритм расчета категории помещения с пылевоздушными смесями, чтобы учесть подобные случаи.

Взрывопожароопасность технологического процесса оценивается только по параметрам, величина которых определяется свойствами и дисперсным состоянием перерабатываемого продукта [1].

Исходя из формул, представленных в СП 12.13130 в разделе «Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей», определяется линейная зависимость давления взрыва от массы пыли. Кроме того, в ходе рассмотрения некоторых примеров [2], можно определить, что полученные по формулам свода правил результаты противоречат справочным данным, которыми должны подтверждаться. Таким образом методика оценки лишь подтверждает свою неполноценность и потребность в обновлении и в добавлении к ней большего количества факторов влияния.

Известно, что дисперсность пыли оказывает значительное влияние на ее взрывные характеристики. Мелкие частицы имеют большую площадь поверхности, что способствует более быстрому окислению и, следовательно, увеличивает вероятность взрыва. Исследования показывают, что пыль с частицами размером менее 100 мкм наиболее опасна с точки зрения взрывоопасности. Плотность пыли влияет на ее способность к образованию взрывчатой смеси с воздухом. Пыль с низкой плотностью может взвихряться и образовывать взрывоопасные облака. Влажность пыли является критически важным фактором, так как она влияет на способность пыли к воспламенению и образованию взрывчатой смеси. Увлажненная пыль имеет меньшую вероятность взрыва, поскольку вода действует как ингибитор горения. Однако, если влага испаряется, это может привести к образованию взрывоопасного облака. Наиболее взрывоопасной считается древесная пыль с влажностью менее 5%.

Химический состав пыли определяет ее реакционную способность. Органические вещества являются более взрывоопасными по сравнению с неорганическими. Наличие различных добавок и примесей также может изменить взрывчатость пыли. Например, наличие окислителей может значительно увеличить риск взрыва. А минеральные примеси напротив повысят нижний концентрационный предел распространения пламени и снижат максимальное давление взрыва или предотвратят его возникновение [3].

В расчетной методике свода правил ни одна из характеристик не учтена. Кроме того, методика так же не учитывает и способность уже осевшей пыли подняться взвесью и участвовать позже во вторичных взрывах (каскадных) [4].

Взвихрение пыли в методике рассматривается через коэффициент взвихрения, влияющий на массу взвихрившейся пыли, который, согласно СП 12.13130.2009 определяется как доля отложившейся пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При этом при отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$ [5].

Таким образом, коэффициент почти всегда един для всех расчетов взрывов пыли, что является грубым усреднением расчетов, так как взвихряемость пыли, равно как и взрыв, зависит от характеристик пыли: происхождения, плотности, дисперсности. А также от внешних воздействий среды: влажности воздуха, скорости воздушного потока, направления потока.

Появляется необходимость экспериментальной оценки изменения коэффициента взвихряемости в зависимости от изменения этих показателей. Тогда, оценив доли взвихрившейся пыли относительно всей массы, будет возможно определить различные

справочные данные для коэффициента в зависимости от характеристик частиц и среды. Что, в свою очередь, окажет влияние на расчет избыточного давления и скорректирует его численное значение, приблизив к реальной ситуации для концертного объекта защиты.

Кроме того, даже если рассматривать учитываемую в методике дисперсность пыли (более или менее 350 мкм), то этот фактор влияния тоже слишком обобщен и усреднен. Так как во внимание не принимается ни происхождение пыли, ни геометрическая форма, которая определяет площадь соприкосновения частицы пыли с окислителем, а также ее положение относительно других частиц, плотность соприкосновения и прочее [6]. Методика определяет частицу круглой, а всю взвесь – монодисперсной, то есть состоящей из одних и тех же частиц, идентичных между собой по всем признакам. Однако очень часто пыль на производстве имеет примеси, она разная по времени оседания на поверхности, по слипаемости, сыпучести.

Согласно исследованию взметываемости осевшей пыли в угольных карьерах даже частицы одинакового происхождения и плотности, но разного размера, поднимаются в воздух и оседают при разных скоростях воздушного потока [7]. При этом определенные частицы так же подвержены повторному взметыванию в следствие получаемого ими импульса отскока при падении. В последствие это может так же приводить и к повторным взрывам, которые не входят в расчет.

Влияние физико-химических свойств пыли на ее взрывчатость является сложным и многофакторным процессом. Учитывание факторов в перспективе позволит не только оценивать риски, связанные с пылью, но и разрабатывать эффективные меры по предотвращению взрывов. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы улучшить методы оценки пожаровзрывоопасности пылей и обеспечить безопасность на производственных объектах.

Разработка новых стандартов и рекомендаций может значительно снизить вероятность пылевых взрывов и защитить жизни людей и имущество, а также снизить финансовые затраты на возмещение ущерба и социальные выплаты.

Таким образом, подтверждается тезис о том, что алгоритм определения категории помещения требует редактирования и учета не только дисперсности, но и других свойств частицы пыли в рассматриваемой пылевоздушной смеси.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бенедыко П.А. К вопросу о взрывопожароопасности промышленных пылей //ISBN 978-985-590-158-8© Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2022. – С. 181;
2. Буякевич А.Л., Буякевич Л.И. Вопросы определения расчетного давления взрыва пыли в помещениях // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. №1 (4);
3. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли / А. Я. Корольченко. – Москва : Издательство Химия, 1986. – 216 с;
4. Буякевич А.Л. Проблемы определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением пыли / А.Л. Буякевич, С.Н. Бобрышева, О.Л. Бобович, А.В. Колтунчик // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2012. – Т. 7, № 2. – С. 69-75;
5. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 25.03.2009 г. №182;
6. Полетаев Н.Л. Максимальный размер частиц взрывоопасной монодисперсной взвеси / Н. Л. Полетаев // XV Всероссийский симпозиум по горению и взрыву: Тезисы докладов. Москва. Том 2. – Черноголовка: Институт проблем химической физики РАН, 2020. – С. 212–213;
7. Бересневич П.В., Деньгуб В.И. Оценка процесса взметывания осевшей пыли после массовых взрывов в карьерах // ГИАБ. 2001. №1.

МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕТУШАЩИХ И ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Роботизированные установки пожаротушения (РУП) являются неотъемлемой частью современных систем обеспечения пожарной безопасности на объектах с повышенным уровнем риска, таких как промышленные предприятия, нефтехимические комплексы, склады и энергетические объекты [1, 2]. Их ключевое преимущество заключается в способности оперативно и автономно реагировать на возгорания, минимизируя человеческий фактор и снижая риск для жизни людей. Однако, эффективность таких установок напрямую зависит от характеристик используемых огнетушащих и защитных составов, которые должны сохранять свои свойства в экстремальных условиях высоких температур.

Одним из перспективных направлений повышения термической стабильности водосодержащих составов является их модификация с использованием термостойких добавок, таких как углеродные наноструктуры (астралены) [3].

Целью работы является исследование механизмов повышения термической стабильности водосодержащих огнетушащих и защитных составов, модифицированных астраленами, а также оценка их применения в РУП.

Для изучения термической деструкции водосодержащего раствора на поверхности горючей жидкости и оценки термостойкости в качестве огнетушащего состава были использованы водные растворы синтетического пенообразователя (ПО) типа «S» с концентрацией 2 и 6 масс. % [4]. Для повышения термической стабильности растворы были модифицированы астраленами в диапазоне концентраций 0,01-0,1 масс. %.

В качестве защитного состава применялся композитный материал на основе неорганического вяжущего [5], модифицированный астраленами с концентрацией от 0,10 до 0,15 масс. %. Оценка термической стабильности образцов композитов проводилась с помощью дериватограф «Thermoscan-2» (производитель ООО «Аналитприбор», г. Санкт-Петербург) [6], среда испытания: воздух, скорость нагрева: 10 °С/мин, максимальная температура: 800 °С. Проведенные исследования показали, что модификация водосодержащих составов астраленами значительно повышает их термическую стабильность [7]. Водные растворы ПО с добавлением астраленов демонстрируют более высокую устойчивость к термической деструкции (рис. 1).

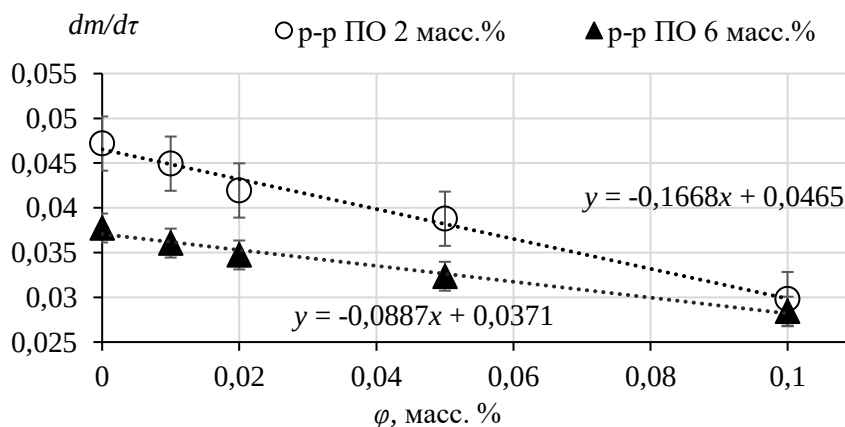


Рис. 1. Массовая скорость испарения в огнетушащих составах

Аналогичные результаты были получены для композитных материалов на основе неорганического вяжущего: добавление астраленов в концентрации 0,10-0,15 масс. % позволило увеличить температуру начала разложения примерно на 6 % (рис. 2) [8].

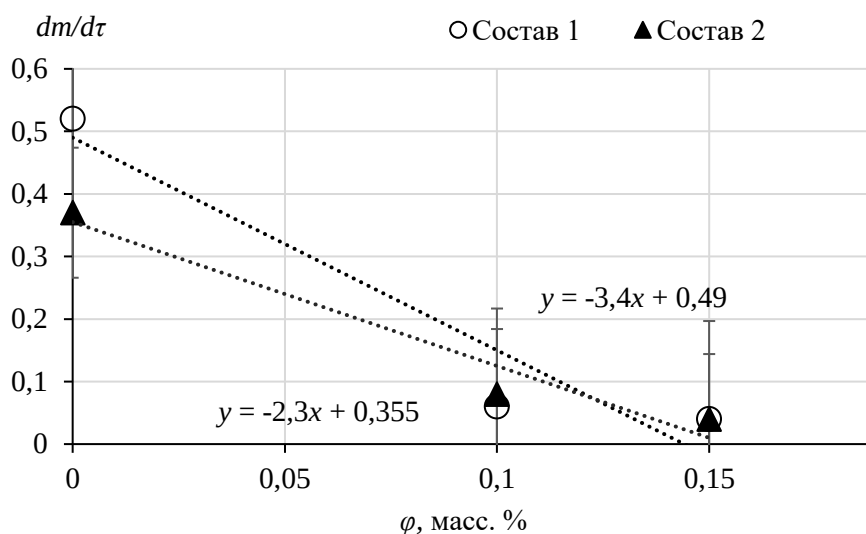


Рис. 2. Снижение скорости потери массы воды при дегидратации

Полученные данные свидетельствуют о том, что астралены играют роль термостабилизирующих добавок, предотвращающих преждевременное испарение и разложение составов при высоких температурах. Это особенно важно для РУП, которые работают в условиях интенсивного теплового воздействия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 53326-2009. Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Горбань Ю. И. и др. Роботизированные установки пожаротушения. Параметры эффективного тушения // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. – 2023. – Т. 32. – №. 4. – С. 58–67.
3. Shames A. I., Katz E. A., Panich A. M., Mogilyansky D., Mogilko E., Grinblat J., Belousov V.P., Belousova I. M., Ponomarev A. N. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles // Diamond and Related Materials. 2009. Vol. 8. No. 2-3. Pp. 505-510.
4. Пустовалов И.А., Иванов А.В. Методика повышения огнетушащей способности модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой на объектах нефтегазового комплекса // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10. – №4. – С. 187–192.
5. Халил А., Сон С., Челик К. Термические свойства и стабильность реакционноспособного магнезиального цемента // Строительство и строительные материалы. – 2021. – Т. 308. – С. 125102.
6. Букетов А. и др. Исследование теплофизических свойств эпоксидных нанокомпозитов // Молекулярные кристаллы и жидкие кристаллы. – 2016. – Т. 628. – №. 1. – С. 167–179.
7. Киселева В.С. Разработка наномодифицированного огнетушащего состава для роботизированных установок пожаротушения на объектах транспортировки нефтепродуктов / В.С. Киселева // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2023. – № 3(67). – С. 196-203. – DOI 10.61260/1998-8990-2023-3-196–203.
8. Киселева В.С. Термическая стабильность и эксплуатационные характеристики конструкционных композитных материалов тепловой защиты роботизированных установок пожаротушения / В.С. Киселева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 4(68). – С. 238–243.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В УСЛОВИЯХ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ

При возникающей опасной ситуации, будь то пожар, террористическая угроза или комбинация данных событий, одной из главных проблем является эвакуация людей. В данной статье мы рассмотрим комбинированный вариант.

При эвакуации во время пожара, люди руководствуются системами оповещения, и следуют указаниям на планах эвакуации и по большей части не происходит критических ситуаций, которые могли бы сбить человека с пути эвакуации. В случае пожара совмещённым с террористической угрозой, происходит усложнение использования стандартных сценариев эвакуации из здания и увеличивается риск блокировки маршрутов а также происходит нарастание паники среди людей. Блокировка стандартных маршрутов эвакуации выражается стрельбой, взрывом, обрушенными конструкциями или другими опасными факторами. В связи с этим, люди в поисках обходных путей или укрытия могут оказаться заблокированы и вообще не искать выход. Поэтому с учетом современного развития техники и технологий необходимо создать интеллектуальную систему распознавания угроз и построения маршрутов эвакуации.

Подтверждением этого служит террористический акт, произошедший в Крокус Сити Холл. Согласно данным 22 марта 2024 г., произошло нападение, в ходе которого помимо стрельбы, был произведен поджог зрительного зала. Согласно издательству «агентство городских новостей Москва», в здании находилось не менее 4000 человек. Когда возник пожар, огромное количество людей, итак находясь в панике от происходящей стрельбы пытались эвакуироваться. Люди в панике использовали совершенно разные пути эвакуации. Основными были задействованы выходы и подземная парковка, также люди использовали в качестве эвакуационных путей переходы в соседний павильон и станцию Московского метрополитена. Часть людей выбралась из подвальных помещений, другая часть в панике бежала на крышу здания, после чего их снимали сотрудники МЧС с использованием специальной техники. Но к сожалению в здании оставались люди, которые не решаются эвакуироваться из-за боязни быть убитыми и остаются переждать в закрытых помещениях.

К сожалению в данной трагедии погибло 145 человек, и согласно данным для большинство погибших людей (за исключением убитых во время атаки) причиной смерти стало отравление продуктами горения. Погибшие люди как раз относились к той категории, которые не смогли эвакуироваться под воздействием внутреннего страха который был вызван воздействием внешних факторов, таких как пожар и террористическая атака. В некоторых источниках уточнялось, что люди которые прятались от террористов, попросту не узнали о том, что во время пожара они в месте с толпой людей покинули здание, и за счет этого погибали от воздействия огня и продуктов горения.

Данный пример подводит нас к тому, что нынешняя система управления процессами эвакуации (далее СОУЭ) людей является несовершенной. На данный момент СОУЭ включает в себя 5 типов. В каждом из которых происходит нарастание от простого к сложному. При рассмотрении параметров содержащихся в 5 типе, прослеживается возможность использования имеющегося функционала для автоматизации процессов оповещения при опасности, а также разработки сценариев эвакуации. Однако, несовершенным является подход, который используется на данный момент. При разработке не учитывается непредсказуемость и быстро нарастающая чрезвычайная ситуация, которая может включать в себя блокировку маршрутов эвакуации, что требует незамедлительного принятия решения и

поиска иного пути, нарастающую панику, которая вызывает непредсказуемое поведение людей, и тем самым крайне снижается эффективность эвакуации.

В рассмотренном примере концертный зал являлся местом большого скопления людей, согласно данным, максимальное количество людей могло достигать 9500 человек. Для обеспечения минимальных риска для здоровья людей должны учитываться не только детально проработанные планы эвакуации, но и специфические риски.

В качестве инструмента, который способствовал значительному ускорению обработки информации и более гибкому подходу к каждому объекту является внедрении технологий искусственного интеллекта (далее ИИ). Несомненным преимуществом данного предложения является возможность анализа большого объема данных, за достаточно короткий промежуток времени, тем самым происходит упрощение прогнозирования развития ситуации и определение оптимального маршрута для движения людей к эвакуационным выходам. Помимо быстрой и безопасной эвакуации, ИИ может сократить скопление людей и направить их в безопасную зону, а также проинформировать людей, находящихся в том или ином месте в здании, о наличии или отсутствии посторонней угрозы.

Алгоритм работы основан на обработке массива данных с датчиков, камер и иной аппаратуры, которая уже установлена в рамках объекта. Исходя из них, будет производиться оценка основных маршрутов людей, состояние систем в здании, а также просчитываться возможные препятствия в случае опасной ситуации. Данные, которые были собраны и обработаны, необходимо использовать при машинном обучении ИИ. Немаловажным, при анализе ИИ, при грамотном подходе к обучению, может учитывать и человеческий фактор (необдуманные действия, психологические и физические аспекты).

Помимо преимуществ, есть и недостатки, например защита сети ИИ, а также правильность предоставляемой информации.

Рассмотрим приблизительную последовательность выполняемых ИИ действий в случае обнаружения системой угрозы. Первостепенной задачей будет расчет оптимальных и альтернативных маршрутов эвакуации, опираясь на уже имеющиеся данные о текущем местонахождении людей и образования возможных препятствий. Разработанный маршрут и инструкции будут передаваться через системы оповещения (мобильные приложения, информационные панели и т.д.). В процессе эвакуации система будет непрерывно обновлять данные и корректировать рекомендации, а по завершению будет производиться анализ для улучшения алгоритма в будущем.

В рамках рассмотренного примера СОУЭ показывает свое несовершенство, но комбинация ситуаций может быть разной. Таким образом для того, чтобы большее количество людей оставались в живых, и мероприятия по обеспечению эвакуации имели большую эффективность необходимо внедрение ИИ. Данное направление с учетом развития современных технологий является перспективным, но требует немалых сил для реализации и дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Екименко Д.В. Куденко В.Б., Чечевицын И.Д. Классификация систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 3. EDN LTORGМ.
2. Коткова Е.А., Матвеев А.В. Методика интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией людей из общественных зданий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 4. С. 107–120. EDN PLARHX.
3. Эл. ресурс Газета «Агентство городских новостей Москва» URL: <https://goo.su/TPmJQw>
4. Эл. ресурс Газета «Ведомости»
5. Мельников Г. О., Турсенев С. А. Интеграция технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эвакуации людей при пожаре // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2024.
URL: <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2024/03/25/1027696-18-minut-kak-razvivalis-sobitiya-v-krokus-siti-holle>

ПРИМЕНЕНИЕ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЙ УФ-ОТВЕРЖДЕНИЯ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕРЕВЯННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В последние годы интерес к материалам, обладающим улучшенными огнезащитными свойствами, повышается. Пожарная безопасность является одной из ключевых задач в строительной отрасли. Дерево, как наиболее распространенный строительный материал, нуждается в защите от воздействия различных факторов, в том числе пожароопасных.

Применение традиционных методов защиты, таких как лакокрасочные покрытия, имеет ряд ограничений, что приводит к необходимости разработки новых решений в этой области. Вспучивающиеся композиции УФ-отверждения могут стать перспективной альтернативой.

Деревянные изделия широко применяются в строительстве в качестве напольных покрытий в общественных и жилых зданиях, поэтому такие материалы должны обладать повышенными огнестойкими свойствами. Они имеют высокую горючесть и могут стать источником быстрого распространения огня. В связи с этим имеется необходимость разработки новых материалов, способствующих снижению риска возникновения пожара.

В работе рассматривается применение вспучивающихся композиций ультрафиолетового (УФ) отверждения для защиты деревянных изделий, механизмы действия данных материалов, их преимущества по сравнению с традиционными покрытиями, возможные области применения и перспективы дальнейших исследований в этой области.

Вспучивающиеся композиции на основе УФ-отверждения состоят из полимеров, которые под влиянием ультрафиолетового излучения полимеризуются, формируя защитный слой. Процесс сопровождается вспениванием материала, что создает пористую структуру, которая эффективно защищает поверхность от влаги и механических повреждений.

Полимеризация в этих композициях происходит благодаря фотосенсибилизаторам, которые активируются УФ-излучением. Образовавшиеся свободные радикалы затем инициируют процесс полимеризации.

Вспучивание происходит при добавлении специальных агентов, которые выделяют газ при нагревании или воздействии света. При этом создается пористая структура, которая увеличивает адгезию к поверхности древесины и улучшает защитные свойства:

Влагоустойчивость – защитный слой предотвращает проникновение влаги, что снижает риск гниения и деформации древесины.

Светостойкость – УФ-отверждаемые покрытия предотвращают выцветание и разрушение материала.

Экологичность – современные вспучивающиеся композиции разрабатываются в том числе на основе экологически чистых компонентов.

Скорость отверждения – процесс УФ-отверждения значительно сокращает время высыхания в сравнении с традиционными покрытиями.

Вспучивающиеся композиции УФ-отверждения также могут быть использованы в мебельной промышленности, в строительстве, декорировании.

Для оценки пожароопасности деревянных материалов, обработанных вспучивающимися композициями, проводились огневые испытания. Образцы подвергались воздействию открытого огня в контролируемых условиях.

Результаты показали, что образцы с добавлением вспучивающихся композиций значительно снизили скорость распространения пламени в сравнении с контрольным

образцом, на который композиция не была нанесена. При нагревании композиции образовался защитный слой, который препятствовал дальнейшему горению.

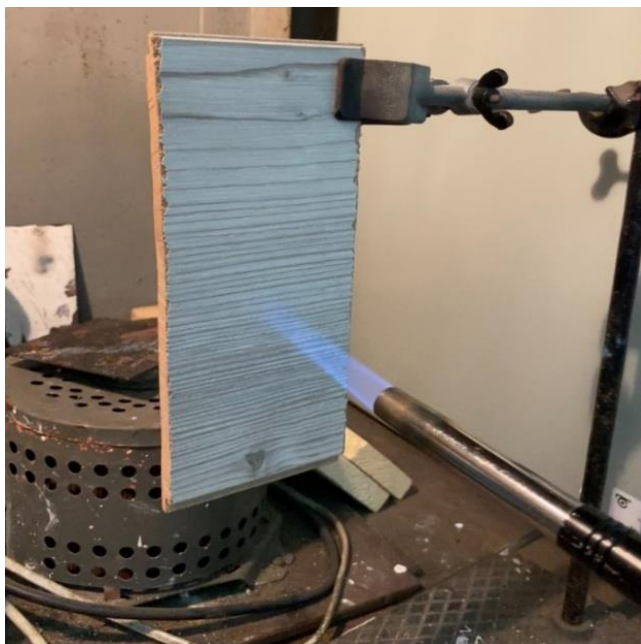


Рис. 1. Воздействие открытого огня на контрольный образец при помощи газовой горелки

После отжига визуально оценивали степень прогара и потерю массы образцов. Показатель отражает, насколько материал способен сохранять свои механические и физические характеристики при экстремальном нагреве.

Области применения вспучивающихся композиций УФ-отверждения требуют дальнейших исследований, поскольку имеется необходимость изучения влияния различных добавок на свойства композиций, а также разработки методов тестирования их долговечности и устойчивости к внешним воздействиям.

Кроме того, остается проблема их эффективности и возможности применения в более широких масштабах для снижения пожароопасности конструкций. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию новых высокоэффективных защитных материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства // М.: Академия ГПС МЧС России, 2010.
2. Григорьев, И.А., Петров, С.В. Современные материалы для повышения пожарной безопасности в строительстве // Строительные материалы, 45(3), 123–130.
3. Зайцев, А.М. Огнестойкость и огнезащита строительных конструкций: учеб. пособие/ А.М. Зайцев, М.Д. Грошев; под общ. ред. А.М. Зайцева –2-е изд., перераб. и доп.; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2016. – 149 с.
4. ГОСТ Р 53292-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе Общие требования. Методы испытаний.
5. ГОСТ 20022.6-93. Защита древесины. Способы пропитки [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001785>.
6. Федотов И., Сивенков А., Нагановский Ю., Шарипханов С., Хасанова Г., Ислямбек Д. Влияние различных антипиренов на особенности термоокислительного разложения древесины. Горение и плазмохимия, 21(1), 3–16. 2023.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДОСТИЖЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ВАГОНЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

Метрополитен является основным видом общественного транспорта в крупных городах в связи с наибольшей пропускной и провозной способностями [1]. При этом, большинство станций метрополитена расположены под землей и представляют собой замкнутое и ограниченное пространство, что приводит к возрастанию пожарной опасности [2].

Одним из основным фактором высокой пожарной опасности метрополитена является высокая пожарная опасность подвижного состава, вызванная применением горючих материалов в отделке салона электропоезда, механических подвижных элементов, наличием гидравлических демпферов и электропроводки под напряжением [3, 4]. Согласно исследованию за 1969–2016 гг. [5], место возникновения пожара в метрополитене в 40,48 % случаев не установлено, в 23,81 % случаях приходится на подвижной состав, в 9,52 % случаях – на платформу и вестибюль станции и в 2,38 % случаях – на тоннель. Пожарная нагрузка вагонов метрополитена в основном сосредоточена внутри салона [6, 7]. В связи с высокой пожарной опасностью подвижного состава, статистикой пожаров и сосредоточением пожарной нагрузки внутри салона вагона необходимо определить время достижения критических значений опасных факторов пожара (ОФП) для определения условий безопасной эвакуации пассажиров из подвижного состава.

Цель работы заключается в определении времени блокирования торцевых дверей вагона при пожаре в салоне вагона подвижного состава метрополитена.

Для анализа и моделирования распространения ОФП в вагоне применяется метод компьютерного моделирования с использованием программного комплекса PyroSim.

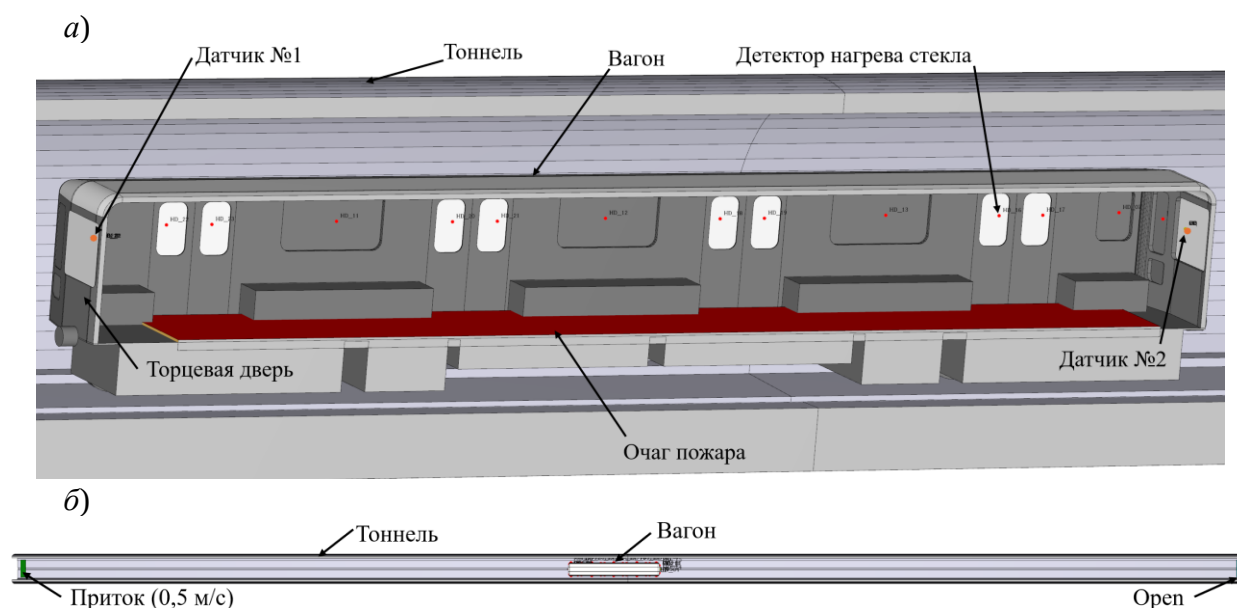


Рис. 1. Расположение датчиков и очага пожара в вагоне (а), общий вид модели (б)

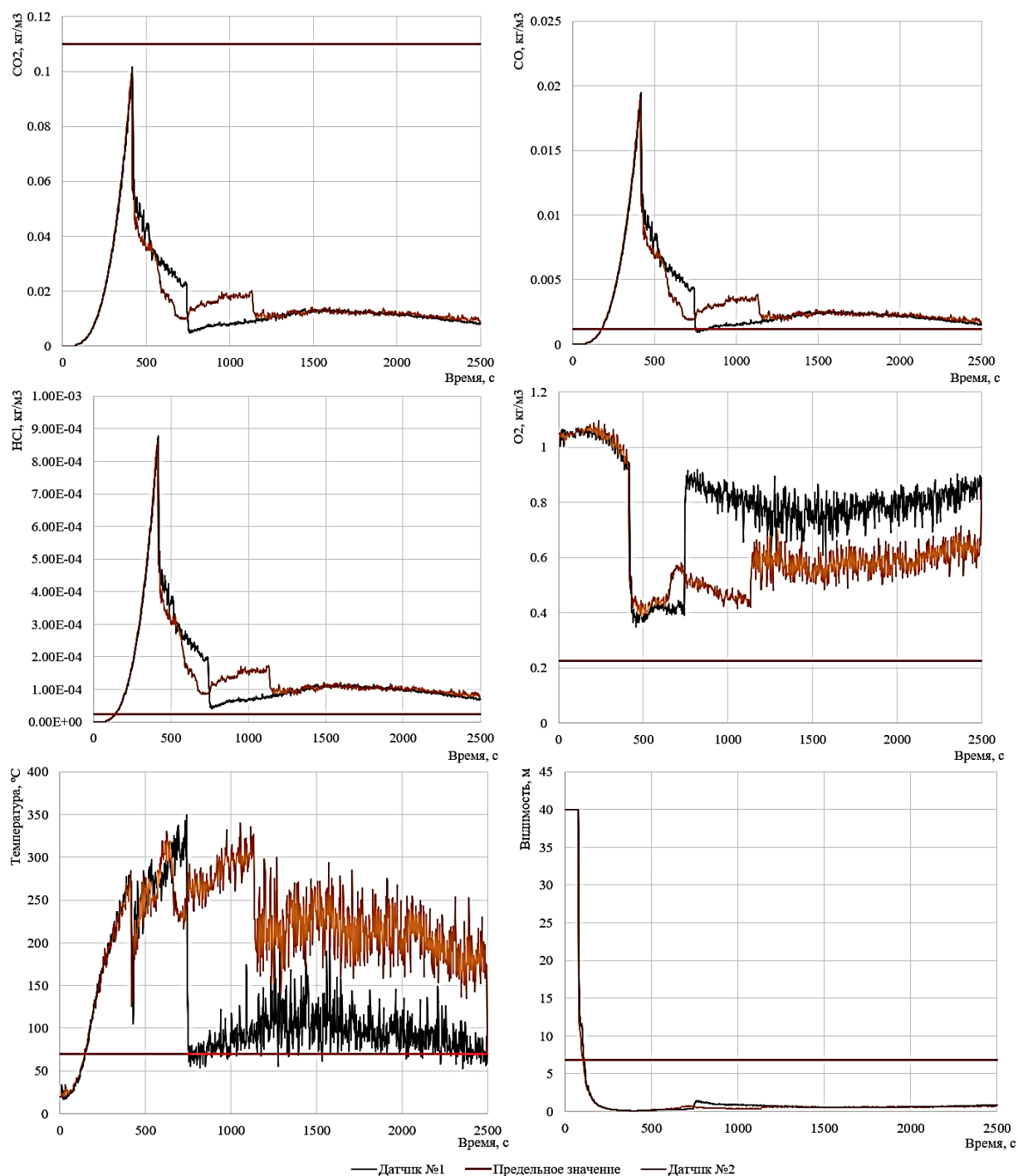


Рис. 2. Значения ОФП на датчике №1 и №2

В качестве реакции горения, мощности тепловыделения и граничных условий приняты данные исследования [6] для подвижного состава серии 81-557/558 «Нева», а именно:

- вскрытие окон происходит при достижении температуры вблизи стекол 300 °C;
- площадь очага пожара 37 м²;
- линейная скорость распространения 0,02 м/с;
- тепловыделение HRRPUA (Heat Release Rate Per Unit Area) 380 кВт/м².

Отличительная особенность данной работы от исследования [6] – принятие в качестве граничных условий следующих положений:

– вагон подвижного состава остановлен в тоннеле. Данное граничное условие принято в связи с нагревом железобетонной обделки и сохранением тепла внутри тоннеля, что способствует повышению температуры в вагоне подвижного состава [3];

– в качестве тоннельной вентиляции принята скорость воздуха 0,5 м/с, в соответствии с п. 5.16.5.19 СП 120.13330.2022. Данное граничное условие принято в связи с обеспечением постоянного притока кислорода к огню, что приводит к увеличению скорости распространения и значительному росту температуры [3];

– продольный уклон тоннеля принят 0 ‰.

Согласно Методике от 14.11.2022 г. № 1140, критические значения по каждому из ОФП составляют:

- по повышенной температуре – 70 °С;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м²;
- по потере видимости – 6,86 м (с учетом эффективного диаметра салона вагона);
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м³;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (СО₂ – 0,11 кг/м³, СО – 1,16·10⁻³ кг/м³, HCL – 23·10⁻⁶ кг/м³).

Построена расчетная модель сценария пожара вагона в ПК PyroSim (рис. 1).

По результатам моделирования получены графики значений ОФП в зависимости от времени развития пожара (рис. 2).

Таким образом, наступление критических значений ОФП при пожаре в вагоне подвижного состава возникает на 100 секунде от начала моделирования (по HCL, по температуре – на 150 секунде моделирования, по потере видимости – на 100 секунде моделирования, по СО – на 170 секунде моделирования). Достижение ОФП на 100 секунде моделирования показывает актуальность дальнейшего исследования и необходимость обеспечения условий безопасной эвакуации пассажиров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Sivakov I.A., Shabunina D.E., Chizhikov V.P. Capacity of metro station elements as a function of human traffic density // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2024. №110(1). С. 1–15. DOI:10.4123/CUBS.110.1
2. Wu J., Hu Z., Chen J., Li Z. Risk Assessment of Underground Subway Stations to Fire Disasters Using Bayesian Network // Sustainability 2018, Vol. 10, Page 3810. 2018. №10(10). С. 3810. DOI:10.3390/SU10103810
3. Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Противопожарная защита и тушение пожаров на транспорте // Книга-6. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2006. С. 404.
4. Жуковский Ю.А., Ширлин Д.А., Марков В.В., Смыгалин С.Н., Георгиев Р.А., Синичкин Д.А., Юрчиков А.В., Федотов Д.А., Селезнев А.А., Шуманов В.И., Дошатов Д.А., Зайцев С.В. Методические рекомендации по организации тушения пожаров на объектах и в сооружениях ГУП города Москвы «Московский ордена Ленина и ордена трудового красного знамени метрополитен имени В.И. Ленина». Москва: ГУ МЧС России по г. Москве, 2018. 98 с.
5. Yu H., Wang Y., Qiu P., Chen J. Analysis of natural and man-made accidents happened in subway stations and trains: based on statistics of accident cases // MATEC Web of Conferences. 2019. №272. DOI:10.1051/mateconf/201927201031
6. Данилов А.И., Маслак В.А., Вагин А.В., Сиваков И.А. Численное моделирование пожара в вагоне метрополитена // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2017. №26(10). С. 27–35. DOI:10.18322/PVB.2017.26.10.27-35
7. Прохоров В.П. Проблема обеспечения пожарной безопасности пассажирских перевозок в метрополитенах России // Системы безопасности. 2021. №6. С. 103–106.

ФОРМИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ ДЛЯ БАЛЛЬНО-ФАКТОРНОЙ ОЦЕНКИ ЧАСТОТЫ
АВАРИЙ НА ПЛОЩАДОЧНЫХ ОБЪЕКТАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Существует метод оценки частоты реализации сценариев аварий, который основан на корректировке нормативной частоты с помощью различных факторов: технических, технологических, организационных и факторов внешней среды. На данный момент этот подход применяется для анализа частоты реализации сценариев аварий на линейных объектах магистральных трубопроводов, включая нефтепроводы, газопроводы и продуктопроводы. Метод основан на определении совокупности факторов, влияющих на частоту аварий, с установлением для каждого фактора системы балльной оценки и соответствующих весовых коэффициентов. Такая методика позволяет оценивать риск аварий, учитывая особенности конкретного объекта. Однако для площадочных объектов магистрального трубопровода аналогичная методика отсутствует. Поэтому разработка нового метода для такого типа объектов является актуальной задачей [1–4].

Методами исследования в статье являлись:

- анализ существующих методик оценки риска аварий, нормативно правовых актов и научных статей по схожей тематике;
- синтез и обобщение нормативных требований в факторы и группы факторов;
- метод аналогии и сравнения различных подходов к оценке риска.

Целью работы являлась разработка и формирование факторов для балльно-факторной оценки частоты аварий на площадочном объекте магистральных нефтепроводов – резервуаре вертикальном стальном.

Проведенный анализ нормативных требований к строительству и эксплуатации резервуара вертикального стального выявил, что объем и разнообразие требований не позволяют сформировать емкие группы факторов [5–6].

В ходе исследования был разработан нормативный подход. В рамках этого подхода положения нормативных документов принимаются за факторы или подфакторы методики. Каждому подфактору присваиваются баллы, которые отражают степень корректировки средних балльных оценок факторов в зависимости от степени выполнения требований. Максимальный, наиболее опасный, уровень оценки подфактора принимается за 5 баллов, минимальный, наименее опасный, уровень – за -5, а средней уровень соответствует 0. Принцип балльной корректировки оценок заключается в том, что несоблюдение требования подфактора увеличивает балл корректировки, что также увеличивает вероятность аварии. Напротив, ужесточение требований в рамках подфактора снижает балл корректировки, и, соответственно, вероятность аварии уменьшается [2–4].

Также в результате анализа нормативной базы были сформированы группы факторов:

- эксплуатационные;
- технологические;
- организационные;
- технические;
- факторы внешней среды.

Для формирования факторов технической группы для вертикальных стальных резервуаров были рассмотрены Своды правил и Государственные стандарты. Основным был принят ГОСТ 31385-2023: его пункты были приняты за факторы или подфакторы методики [5].

Формирование факторов и подфакторов эксплуатационной, технологической и организационной групп, а также группы внешней среды базировалось на Федеральных нормах и правилах, относящихся к рассматриваемому площадочному объекту. Основой стал Приказ Ростехнадзора N 517 [6].

Полученные факторы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень факторов влияния применительно к вертикальному стальному резервуару

Группа факторов	Фактор влияния
Эксплуатационные	Дефекты сварных швов
	Дефекты лакокрасочного покрытия
	Исправность и надежность запорной и предохранительной арматуры и клапанов
	Защита от пожара
	Контроль воздушной среды на наличие утечек
	Средства защиты от коррозии
Технологические	Совокупность регламентированных значений параметров
	Возможность возникновения гидравлических ударов
	Система автоматизированного контроля
Организационные	Эксплуатационная документация
	Квалификация персонала
	периодическое техническое диагностирование
Технические	Требования к проектированию резервуаров
	Требования к изготовлению конструкций
	Монтаж
	Сварка резервуара
	Срок службы и обеспечение безопасной эксплуатации резервуаров
	Испытания и приемка резервуаров
Факторы внешней среды	Диверсионный акт
	Климатические условия

Для расчёта скорректированной частоты аварии для площадочных объектов магистральных нефтепроводов (λ) была выведена формула (1):

$$\lambda = \lambda_0 \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} p_i q_{ij} (5 + \sum_{k=1}^{K_{ij}} B_{ijk})}{5}, \quad (1)$$

где λ_0 – нормативная частота аварии; I – количество групп факторов влияния; J_i – количество факторов влияния в i -ой группе; K_{ij} – количество подфакторов в j -ом факторе i -ой группы; p_i – доля (весовой коэффициент) i -ой группы факторов; q_{ij} – доля (весовой коэффициент) j -го фактора в i -ой группе; B_{ijk} – балльная корректировка k -го подфактора j -го фактора в i -ой группе, определяемая после анализа состояния опасного производственного объекта.

В случае если $\sum_{k=1}^{K_{ij}} B_{ijk} > 5$, то данное слагаемое принимаем равным 5.

В случае если $\sum_{k=1}^{K_{ij}} B_{ijk} < -5$, то данное слагаемое принимаем равным -5.

В результате исследования были проанализированы нормативные документы, связанные с площадочным объектом магистральных нефтепроводов – резервуаром вертикальным стальным. Были сформированы группы факторов, факторы и подфакторы, влияющие на частоту реализации аварий на данном объекте.

Преимущество рассматриваемого подхода заключается в возможности учитывать текущее состояние конкретного площадочного объекта магистрального нефтепровода, а также условия его эксплуатации и другую специфику объекта.

Кроме того, данный метод помогает выявлять наиболее опасные факторы возникновения аварии и разрабатывать эффективные меры по ее предупреждению, адаптированные к рассматриваемому объекту и его местоположению. Это, в свою очередь, позволяет оптимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт, снижая вероятность аварий и связанные с ними финансовые потери.

В перспективе исследования будут определены веса групп факторов и факторов. Для данной процедуры будет использован метод «мозгового штурма». Также будет рассмотрено другое оборудование площадочных объектов магистрального нефтепровода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ МЧС России от 26.06.2024 N 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 07.03.2025).
2. Приказ Ростехнадзора от 29.12.2022 N 478 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 07.03.2025).
3. Приказ Ростехнадзора от 22.12.2022 N 454 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 07.03.2025).
4. Андреев А.В. Методика балльно-факторной оценки частоты инициирующих пожароопасные ситуации событий для подземных емкостей автомобильной газозаправочной станции / А.В. Андреев, А.П. Бызов, П.С. Орловский // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2023. – № 4(68). – С. 131–141. – EDN COMZEM.
5. ГОСТ 31385-2023. Межгосударственный стандарт. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 07.03.2025).
6. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 N 517 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 07.03.2025).

УДК 614.844.2

Ю.Д. Кузнецов, Е.Ю. Колесников
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О НЕОБХОДИМОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА СПРИНКЛЕРНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Цель работы: обоснование необходимости количественного учета неопределенности при моделировании процесса спринклерного пожаротушения.

Существующие на текущий момент методики оценки пожарного риска и методики расчета величин, количественно характеризующие величины поражающих факторов пожаров и аварий, позволяют осуществлять расчеты только в точечной постановке. Таким образом, подразумевается, что величины, фигурирующие в расчетах, имеют одно единственное значение и сохраняют его в процессе расчетов. Более того, показатели риска в пожарной и промышленной безопасности привязаны к определенным временным интервалам (типичная размерность показателя – год⁻¹). Из этого следует, что рассчитанный однократно показатель, основанный на точечных значениях входных данных (принятых в момент проведения расчета), сохраняет свое значение в течение расчетного периода

Между тем, реальный мир интервален и это можно проиллюстрировать рядом примеров:

- температура меняется в определенном диапазоне в течение суток;
- оборудование, содержащее горючие жидкости, имеет разную степень наполнения в процессе эксплуатации;
- давление жидкости, подаваемой в установки автоматического пожаротушения (спринклеры), колеблется в определенном интервале;
- неопределенность любой величины, получаемой в процессе измерений.

Классификация типов неопределенности имеет следующий вид [1]:

1. Параметрический (следствие изменчивости расчетных параметров со временем, либо их стохастической природы);
2. Модельный (появляется из-за альтернативности моделей, применяемых для расчета определенных величин);
3. Терминологический (возникает из-за нечеткого толкования (отсутствие толкования) используемых понятий);
4. Вычислительный (результат применения численных методов при математическом моделировании, а также из-за особенностей проведения расчетов на ЭВМ);
5. Измерительный (обусловленный самой природой выполнения измерений, с помощью средств измерений на основании измерительных моделей).

Особенно интересен последний тип неопределенности – измерительный. Существует ряд инструментов для обработки этого типа неопределенности [2]:

1. Вероятностная статистика;
2. Статистика интервальных данных;
3. Статистика нечетких (fuzzy) данных.

Предпочтительной среди трех перечисленных статистик является именно интервальная. Основными преимуществами применения интервалов можно считать:

1. Простоту математического аппарата и простоту описания интервала [2];
2. Они естественным образом характеризуют наиболее распространенные в реальной жизни неопределенности – ограниченные по величине неопределенности.

Понятие неопределенности встречается также и в стандартах по управлению риском [3]. Особенно важным замечанием, касающемся неопределенности, является тот факт, что неопределенность является количественной характеристикой величины параметров риска. Согласно ГОСТ Р ИСО 16732-1-2024, неопределенность характеризует любые потенциальные различия между вычисленным значением какой-либо величины и истинным значением, которое эта рассчитанная величина должна представлять. Согласно ГОСТ 34100.1–2017, данные о неопределенности измерения должны всегда приниматься во внимание при оценке соответствия результата измерения его целям [4].

Говоря о возможности возникновения неопределенности при моделировании спринклерного пожаротушения, необходимо выделить два подхода к процессу моделирования. Определять характеристики генерируемого спринклерами аэрозоля можно как экспериментально [5–7], так и теоретически (расчетным путем) – с использованием различных математических моделей, либо основанных на физических законах, либо полученных эмпирически [8, 9].

При экспериментальном подходе спринклер окружают измерительной аппаратурой (фиксирующий объем жидкости, распыляемой в различных направлениях) и средствами визуализации для фотосъемки высокого разрешения и фиксации размеров, скоростей, а также траекторий движения капель, например, при помощи метода теневой визуализации (laser shadowing technique). Эти данные впоследствии проходят специальную обработку, анализируются и ложатся в основу формирования статистических распределений, характеризующий аэрозоль.

Теоретический подход заключается в разбиении струи жидкости на тонкие пленки, которые, в свою очередь, дробятся на капли, размер которых принимается идентичным или лежит в интервале значений (в зависимости от применяемой модели). Характеристики пленок, капель и прочих структур, формирующихся при распылении жидкости, получаются путем проведения расчетов.

При моделировании процесса спринклерного пожаротушения встречаются все рассмотренные выше типы неопределенности. Параметрический тип неопределенности возникает вследствие, например, колебания давления в системе пожаротушения, а также различного размера капель, возникающих при формировании аэрозоля.

Модельный тип неопределенности возникает в теоретическом подходе, например, на этапе расчета характеристик жидкостной пленки (имеются разные модели) и при оценке размера получающихся капель. Ряд моделей исходит из допущения о том, что все капли имеют одинаковый размер, в то время как другие модели предлагают рассмотрение интервала значений, установленного методом экспертных оценок.

Терминологическая неопределенность возникает из-за различия подходов к моделированию процесса спринклерного пожаротушения за рубежом и РФ. Зачастую у англоязычных терминов нет устоявшегося общепринятого русскоязычного аналога (не говоря уже о том, что рассматриваемые термины не имеют нормативно закрепленных определений) из-за чего возникает указанная неопределенность.

Вычислительная неопределенность возникает из-за очевидной необходимости проведения всех расчетов на ЭВМ, а также ввиду того, что ряд используемых моделей основаны на уравнениях, не имеющих аналитических решений, что вынуждает прибегнуть к использованию численных методов их решения.

Наконец, измерительная неопределенность возникает в экспериментальном подходе при измерении величин, характеризующих формируемый спринклером аэрозоль.

Таким образом, если модифицировать используемые подходы к моделированию процесса спринклерного пожаротушения, включив в них учет неопределенности, можно добиться следующих результатов:

1. Упростить расчеты за счет перехода от вероятностной статистики к интервальной.
2. Повысить информативность измерений и вычислений (количественно охарактеризовав их неопределенность).
3. Увидеть подлинный диапазон измеряемой (вычисляемой) величины, позволяя исключить манипуляции исходными данными для получения недобросовестных результатов [10].
4. Оценить консервативность (и адекватность) принятых в математических моделях допущений [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Колесников Е.Ю. Необходимость учета неопределенности при количественной оценке пожарного риска / Е.Ю. Колесников // Пожарная безопасность. – 2022. – № 4(109). – С. 89–98. – DOI 10.37657/vniipo.pb.2022.109.4.010. – EDN RHEXBE.
2. Баженов А.Н., Жилин С.И., Кумков С.И., Шарый С.П. Обработка и анализ интервальных данных. – Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2024.
3. ГОСТ Р ИСО 16732-1-2024. Национальный стандарт российской федерации. Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии. Risk management. Fire risk management in enterprise.
4. ГОСТ 34100.1 2017/ ISO/IEC Guide 98-1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения.
5. Jordan S.J., Ryder N.L., Repcik J., Marshall A.W. Spatially-resolved spray measurements and their implications, Fire Safety Journal, Volume 91, 2017, P. 723–729, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.007>.

6. Valencia A., Marshall A.W. A universal lookup table for determining sprinkler spray patterns, *Fire Safety Journal*, Volume 126, 2021, 103432, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103432>.
7. Ren N., Baum H.R., Marshall A.W. A comprehensive methodology for characterizing sprinkler sprays, *Proceedings of the Combustion Institute*, Volume 33, Issue 2, 2011, Pages 2547-2554, ISSN 1540-7489, <https://doi.org/10.1016/j.proci.2010.06.107>.
8. Ren, N., Blum, A.F., Zheng, Y.-H & Marshall, A. (2009). Quantifying the Initial Spray from Fire Sprinklers. *Fire Safety Science*. 9. 503-514. 10.3801/IAFSS.FSS.9-503.
9. Wu D., Guillemin D., Marshall A.W. A modeling basis for predicting the initial sprinkler spray, *Fire Safety Journal*, Volume 42, Issue 4, 2007, Pages 283-294, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2006.11.007>.
10. Колесников, Е.Ю. Количественная оценка аварийного риска: анализ неопределенности / Е. Ю. Колесников // *Безопасность труда в промышленности*. – 2018. – № 2. – С. 64–70. – DOI 10.24000/0409-2961-2018-2-64-70. – EDN YNZEXJ.

УДК 656.078

О.А. Курова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Целью работы является исследование комплекса мер по повышению безопасности транспортировки опасных грузов автомобильным транспортом путем применения современных информационных технологий.

Транспорт является важным элементом экономической инфраструктуры любого государства, и особенно это актуально для Российской Федерации с её большой территорией. Он не только удовлетворяет транспортные потребности населения и предприятий, но и влияет темпы и эффективность социально-экономического прогресса как на региональном уровне, так и для всей страны. Наиболее распространенным и доступным видом транспорта в Российской Федерации является автомобильный транспорт. По последним данным, он занимает наибольшую долю в перевозке грузов по объему. В 2022 году его доля от общего объема перевозок грузов всеми видами транспорта составила 71% [1]. Минтранс оценивает долю перевозки опасных грузов в 20% от общего объема перевозок грузов всеми видами транспорта, при этом автомобильным транспортом транспортируется около 65% [2].

Опасными грузами называют грузы, которые при нарушении правил транспортировки, а так же в случае аварии, несут угрозу жизни и здоровью людей и животных, окружающей среде. Согласно Европейскому соглашению о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) к опасным грузам относят следующие вещества и материалы, разделенные на классы в соответствии с их физико-химическими свойствами, которые приведены в таблице 1 [3].

Химическая промышленность, нефтегазовая сфера, сельское хозяйство и другие отрасли производства зависят от безопасной и эффективной перевозки опасных веществ. По мере развития промышленности и увеличения объемов производств возрастает и потребность в перевозке опасных грузов. Данная потребность в большинстве случаев закрывается перевозками автомобильным транспортом в силу его распространенности и доступности. Однако, автомобиль является потенциальным источником повышенной опасности. Особо серьезные разрушительные последствия влекут за собой дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с опасными грузами по следующим причинам:

- опасность распространяется не только на непосредственных участников ДТП;
- высокая вероятность возгорания, взрывов;

- риск химического заражения местности;
- проявление последствий в течение длительного времени (например, при утечке опасных жидкостей или газов);
- затруднения в локализации последствий.

Таблица 1 – Классификация опасных грузов

Класс опасных грузов	Вещество
Класс 1	Взрывчатые вещества и изделия
Класс 2	Газы
Класс 3	Легковоспламеняющиеся жидкости
Класс 4.1	Легковоспламеняющиеся твердые вещества, самореактивные вещества, полимеризующиеся вещества и твердые десенсибилизированные взрывчатые вещества
Класс 4.2	Вещества, способные к самовозгоранию
Класс 4.3	Вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при соприкосновении с водой
Класс 5.1	Окисляющие вещества
Класс 5.2	Органические пероксиды
Класс 6.1	Токсичные вещества
Класс 6.2	Инфекционные вещества
Класс 7	Радиоактивные вещества
Класс 8	Коррозионные вещества
Класс 9	Прочие опасные вещества и изделия

Безопасность автомобильных перевозок в России обеспечивается в основном путем соблюдения требований нормативно-правовых актов (НПА) Российской Федерации и ДОПОГ. Однако соблюдение законодательства не гарантирует, что при транспортировке не возникнут внештатные ситуации. На сегодняшний день перспективным направлением развития безопасности в данной отрасли, как и во многих других, является применение информационных технологий (ИТ).

В настоящее время России ведутся работы по оснащению транспортных средств (ТС) бортовым оборудованием для контроля процесса перевозки. Ространснадзор контролирует деятельность перевозчиков через интеллектуальную транспортную систему (ИТС) – комплексную информационно-аналитическую систему контроля – транспортное средство – реальное время (КИАСК-ТС-РВ). Функционирование данной системы безопасности основывается на использовании российской глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС [4, 5]. КИАСК-ТС-РВ делает возможным оперативное выявление и предотвращение нарушений, способных нанести ущерб здоровью людей, повредить имущество или причинить вред окружающей среде. Важной составляющей системы является обеспечение послеаварийной безопасности: автоматическая передача сигнала в экстренные службы в случае ДТП сокращает время реагирования на аварию. Аналогичные решения, основанные на использовании информационных технологий, успешно применяются и в других странах. Так в США функционирует система Next Generation 9-1-1 для оперативного вызова экстренных служб, а итальянская транспортная компания Eni, специализирующаяся на перевозке нефтепродуктов, использует систему SCUTUM для обеспечения безопасности транспортировки.

При перевозке опасных грузов в упаковке возможно использование RFID-меток. Ими рекомендуется оснащать каждую тару с указанием класса опасности и номера ООН, транспортируемого вещества [6]. Для считывания информации со всех меток транспортное средство должно быть оборудовано специальной аппаратурой с охватом всей грузовой платформы. В случае если кузов транспортного средства имеет запирающее устройство, рекомендуется установка «электронной пломбы», которая будет сигнализировать о любой попытке несанкционированного доступа к грузу.

Так же применение ИТ может происходить на этапе планирования маршрутов, так как важную роль играет соблюдение баланса финансовых затрат и минимизации рисков. Программное обеспечение STATISTICA дает возможность гибкого подхода к выбору маршрутов перевозки опасных грузов, основанного на эвристических алгоритмах, таких как ant colony (муравьиная колония) и генетических алгоритмов для оптимизации [7]. Такой анализ рассматривает транспортную сеть, выявляя участки с высокой частотой аварий, используя теоретические распределения на основе данных, полученных опытным путем.

Перспективным является использование геоинформационных систем (ГИС) для оценки риска транспортировки опасных веществ автомобильным транспортом. Методы оценки риска, базирующиеся на ГИС, имеют следующие преимущества:

- объединение нескольких уровней информации и различных рискообразующих факторов, в то время как традиционная теория графов рассматривает только одномерный аспект;
- система позволяет моделировать различные варианты развития событий, не требуя пересчитывать всю сеть заново;
- возможность формирования карты совокупных рисков [8, 9].

Несмотря на то, что ИТ способны существенно улучшить состояние безопасности перевозок опасных грузов, их практическое применение сталкивается с серьезными препятствиями:

- высокая стоимость внедрения и обслуживания;
- недостаточная совместимость различных систем;
- проблемы с обеспечением кибербезопасности;
- недостаток квалифицированных специалистов.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что применение ИТ является важным фактором повышения уровня безопасности в сфере перевозок опасных грузов. ИТ позволяют обеспечить непрерывный мониторинг, своевременное реагирование на чрезвычайные ситуации и прогнозирование возможных рисков. Повсеместное внедрение ИТ в этой области требует решение ряда проблем, однако, активное развитие технологий и их совершенствование позволяют вывести безопасность транспортировки опасных грузов на более высокий уровень и существенно снизить связанные с ними риски.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Транспорт и логистика: переориентация направлений и изменения в структуре [Электронные данные]. – Режим доступа: https://raexpert.ru/researches/traffic_2023/ (дата обращения: 02.03.2025).
2. Соколов Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов / Ю.И. Соколов // Проблемы анализа риска. – 2009. – № 1. – С. 38–74.
3. ДОПОГ. Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов [Текст] : в 2 т. / Издание Организации Объединенных Наций. – ISBN 978-92-1-439042-8 (в пер.).
4. 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.
5. Власов М.Д. Разработка комплекса информационно аналитических систем транспортного контроля / Власов М.Д., Косолапов А.В. // XV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия Молодая». – 2023.
6. Момот М.С. Использование информационных технологий при перевозке опасных грузов / М. С. Момот // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2016. – № 2. – С. 20-25.
7. Izdebski M., Jacyna-Golda I., Gołda P. Minimisation of the probability of serious road accidents in the transport of dangerous goods // Reliability Engineering & System Safety. – 2022. – №217.
8. Preda A., Rönkkö M., Pickl S., Kolehmainen M. GIS-Based Route Planning for HAZMAT Transportation // 10th International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS). – 2013.
9. Ak R., Bozkaya B. A Proposed Risk Model and a GIS Framework for Hazardous Materials Transportation // Engineering Management Conference. – 2008.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РЕЧЕВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ
О БЕЗОПАСНЫХ ПУТЯХ ЭВАКУАЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ

Цель работы заключается в разработке системы речевого оповещения и управления эвакуацией при пожаре, которая бы определяла расположение источника возгорания и анализировала наиболее безопасный путь эвакуации.

За последний век человечество серьезно изменило мир вокруг себя благодаря исследованиям и изобретениям. Все чаще применяются сложные системы, работающие на электричестве; развивается химическая промышленность, создавая новые материалы, в том числе огнеопасные; в домах людей появляется все больше различной техники, и даже дети через игрушки знакомятся с миром электроники. Окружающие вещи становятся сложнее и многофункциональнее, чтобы жизнь человека становилась проще и комфортнее.

Однако вместе со сложностью новых технологий возникает больше факторов для возникновения пожароопасных ситуаций. За последние десятилетия одной из наиболее частых причин пожаров становятся неисправности электрических устройств и приборов. Появляются новые риски, повышаются прежние, и это становится поводом для изучения вопроса, как можно повысить уровень безопасности. Люди вводят новые правила, запреты, но этого не всегда бывает достаточно, и возгорания все равно случаются. Поэтому, помимо правил по предотвращению возникновения возгораний, важно соблюдать правила действий при уже возникшем пожаре.

Большинство зданий с массовым пребыванием людей оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией людей, которая активизируется вручную, локально или автоматически. В состав системы пожарной сигнализации входят датчики дыма, света и/или тепла, реагирующие на основные факторы пожара. Датчики соединены с постом-диспетчерской, оснащенным автоматическим или полуавтоматическим (когда пожарные извещатели, сигнализирующие о пожаре, включаются через диспетчера) управлением. При выборе вида управления учитывается в первую очередь функциональное назначение здания и его конструкции.

Пожарные извещатели бывают пяти типов и подразделяются по сложности устройства, где первый тип использует только на звуковое оповещение (сирену), а пятый – речевое и иногда световое оповещение с возможностью контроля отдельных зон пожарного оповещения здания, а не строения в целом. Количество, размещение и громкость извещателей регламентируются соответствующим сводом правил [1]. Особенности каждого извещателя приведены в том же документе. Пятый тип извещателей применяется реже в связи со сложностью регулировочно-наладочных работ и отсутствием необходимости такой сложной системы оповещения в зданиях классов Ф1 и Ф5. Чаще всего такие извещатели помимо световых оповещений транслируют информацию о том, что в здании пожар, и нужно покинуть помещения.

Но что, если такие речевые извещатели запрограммировать на оповещение о точном расположении источника пожара, а также рекомендации о лучшем пути эвакуации? Такая разновидность стала бы актуальна в зданиях с несколькими аварийными выходами, с пребыванием большого числа людей или с высотой более одного этажа. Особой сложностью при спасении людей является выбор правильного пути эвакуации при наличии нескольких выходов. Если человек не знает, где находится пожар, он направится к ближайшему выходу. При этом он рискует попасть в помещение, где опасные факторы пожара превышают допустимые значения. Пытаясь обойти опасный участок, он может потерять драгоценное время, за которое новый путь эвакуации может уже стать недоступным. Либо же концентрация кислорода в легких этого человека критически снизится, и он будет не в состоянии передвигаться (например, потеряет сознание).

Также средства оповещения такого типа способствуют более организованной эвакуации и снижению паники из-за неопределенности действий, что является важным фактором при эвакуации. Речевые извещатели такого действия будут значительно эффективнее существующих. Это можно заметить на примере общения людей. Если человека просто окликнуть «Эй!», то, скорее всего, он обернется на источник звука, но вряд ли при этом он сразу поймет причину обращения и какие действия от него требуются. Но если к человеку обратиться с конкретным указанием «Женщина/мужчина, подойдите, пожалуйста» – то такой сигнал человеку будет понятен и прост для исполнения. А понятные сигналы крайне важны при эвакуации, особенно когда в группе людей повышается беспокойство или возникает паника. Существующие речевые извещатели могут привлечь внимание людей на опасность, но чаще всего будут читаться как «Внимание, пожар!», оставляя ответственность за способ спасения на находящихся в здании людях. Поэтому речевой извещатель с указанием конкретного пути эвакуации будет эффективнее, оказывая влияние на скорость и качество ее проведения.

Такие извещатели уже используются в зарубежных системах оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Например, компания «Honeywell» [3] создала систему, которая при обнаружении пожара способна определить точное место очага возгорания и составить четкую инструкцию по эвакуации. В России есть только похожие продукты, например извещатели от компании «Аргус-Спектр» [4]. Однако их функционал пока не способен решать такие задачи. Использование датчиков отдельно от речевых извещателей поможет упростить схему их установки и снизит экономическую нагрузку. Создание программного обеспечения, анализирующего сигналы от пожарных датчиков, позволит отслеживать развитие пожара и выдавать рекомендации по проведению эвакуации. Система может работать в комплексе с ВМ-технологиями для более детального прогнозирования дальнейшей обстановки. Датчики могут ориентироваться на предельно допустимые значения опасных факторов пожара, таких как:

- повышенная температура $> 70^{\circ}\text{C}$;
- тепловой поток $> 1400 \text{ Вт/м}^2$;
- пониженное содержание кислорода $< 0,226 \text{ кг/м}^3$;
- токсичные газообразные продукты горения ($\text{CO}_2 > 0,11 \text{ кг/м}^3$; $\text{CO} > 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$; $\text{HCl} > 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$).

Данные взяты на основе Приложения 1 Методики [5] по расчету пожарного риска.

При программировании такой системы нужно учитывать обозначения помещений. Так, например, в случае пожара в двухэтажной библиотеке с кольцевыми коридорами при возгорании в компьютерном зале на первом этаже сообщение системы должно содержать: «Внимание! Пожар в компьютерном зале. Просьба немедленно покинуть здание через читальный зал». Так как каждое помещение имеет свое название, посетители и работники получают однозначные руководства к действию, покинув библиотеку наиболее безопасным способом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 3.13130. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности от 01.05.2009.
2. СП 486.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности от 01.03.2021.
3. Voice evacuation systems & PAVA Technology. Emergency Solutions by Honeywell [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.honeywellbuildings.in/versatile-pava/voice-evacuation> (дата обращения: 05.03.2025).
4. Официальный сайт каталога продукции АРГУС-СПЕКТР [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://catalog.argus-spectr.ru/> (дата обращения: 05.03.2025);
5. Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПЛАТФОРМ,
ОСНАЩЕННЫХ АТОМНЫМИ РЕАКТОРАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Цель работы – провести анализ проблемы обеспечения пожарной безопасности атомной станции малой мощности, размещаемых на морских нефтегазодобывающих платформах.

В рамках работы был определён типовой технологический процесс работы оборудования нефтегазодобывающих платформ и определены наиболее важные аспекты, которые потенциально могут стать источниками отклонения от нормального функционирования объекта и инициировать аварийные ситуации.

Высокий уровень пожарной опасности морских нефтегазодобывающих платформ связан с концентрацией большого количества пожароопасных веществ на ограниченном пространстве, насыщенностью технологического оборудования, затрудненной эвакуацией.

При анализе сводных статистических данных были получены наиболее распространённые источники возникновения аварийных ситуаций на подобных объектах. К ним относятся утрата герметичности и целостности корпусного оборудования, прогар жаровых труб и разрушение скрубберов.

Всестороннее обеспечение пожарной безопасности на нефтегазодобывающих платформах определяется комплексным подходом: выполнением организационных и технических мероприятий. Особенности применения данных мероприятий напрямую связаны с спецификой местоположения данных объектов, а также технологического процесса работы реакторов малой мощности. Суровые климатические условия в скоре с морской средой определяют ограничения в условиях эксплуатации, а также в возможности скорого реагирования на аварийные ситуации, в том числе возгорания на нефтегазодобывающих платформах.

В рамках технологического процесса при использовании реакторов малой мощности необходимо учитывать уровень тепловыделения и обязательность в использовании многоуровневого резервирования систем безопасности. Легковоспламеняющиеся вещества в совокупности с источником зажигания приводят к образованию пожара на данных объектах. Техническое оснащение нефтегазодобывающих платформ завязано на работе оборудования при повышенных температурах и под давлением, что определяет необходимость применения взрывозащищенного оборудования [1].

Для обеспечения безопасности на объектах нефтегазодобывающих платформ необходимо внедрение системы зонирования с максимальным удалением производственных участков, а также участков, которые потенциально могут стать источниками взрывопожарной ситуации, от жилого сектора, в котором проживает персонал. Всю систему расстановки технологического оборудования на объекте необходимо определять с учётом деления на технологическое и инженерное оборудование, добывающее оборудование, вертолётная площадка с опорным пунктом передачи продовольственных и иных необходимых для функционирования объекта ресурсов [2].

Для обеспечения должного уровня безопасности на подобных объектах целесообразно применение систем с возможностью дистанционного управления и мониторинга функционирования с возможностью дистанционного управления процессом пожаротушения и оповещения персонала. Современные технологии играют здесь ключевую роль.

Целостность обеспечения системы мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте нефтегазодобывающих платформ определяется достаточностью мероприятий по всем направлениям функционирования системы. В качестве мероприятий по обеспечению пожарной безопасности используют устройства наружного ограждения сбросных проёмов, систем взрывоподавления или применение системы газовой флегматизации.

Помимо технических средств, критически важна подготовка персонала к возможным аварийным ситуациям. Технический персонал платформ должны проходить регулярное обучение и практические тренировки по действиям в чрезвычайных ситуациях, включая тушение пожаров, эвакуацию и оказание первой медицинской помощи. Системы связи и оповещения должны быть максимально надежными и дублированными, обеспечивая бесперебойную связь с берегом и соседними платформами в случае чрезвычайной ситуации [3].

Таким образом, при конструировании и строительстве нефтегазодобывающих платформ необходимо обеспечить ряд показателей в рамках обеспечения пожарной безопасности в скопе с эффективным функционированием всего технологического процесса на объекте. К данным инженерным решениям относятся:

- всецелое зонирование объекта по степени пожаро- и взрывоопасности производственных участков;
- на основании деления на секции внедрение необходимых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности с внедрением лимитов на использование и хранение добываемого сырья;
- установка противопожарных преград на всем пути эвакуации с выделением отдельных безопасных зон для персонала;
- перевод функционирования технологического оборудования в автоматический режим;
- применение особой системы при прокладке трубопроводов для обеспечения герметичности [4];
- снижение концентрации кислорода в местах потенциального источника возгорания;
- внедрение в систему пожарной безопасности автоматических систем пожаротушения и раннего обнаружения возгорания;
- внедрение системы с применением судов снабжения в скопе с системой спасения и подачи огнетушащих веществ.

Регулярный технический осмотр и обслуживание всего противопожарного оборудования – это непереносимое условие безопасности. Использование современных диагностических систем позволяет выявлять неисправности на ранней стадии и предотвращать потенциальные аварии [5].

Кроме того, необходимо постоянное совершенствование систем противопожарной защиты, с учетом опыта эксплуатации, развития новых технологий и изменения требований к безопасности. Для минимизации риска необходимы детальные расчеты распространения огня и дыма с учетом специфики геометрии платформы и погодных условий.

Особое внимание необходимо уделять защите именно реактора малой мощности с включением специальных противопожарных кожухов, систем охлаждения и автоматического отключения реактора при обнаружении пожара.

В заключении хотелось бы отметить, что обеспечение пожарной безопасности на морских нефтегазодобывающих платформах, особенно тех, что оборудованы реакторами малой мощности, представляет собой сложнейшую задачу, требующую комплексного и многоуровневого подхода. Специфичность эксплуатации объекта заключается в сочетании высокой пожароопасности, связанной с добычей и переработкой сырья, и наличия ядерного источника энергии малой мощности [6]. Последний упомянутый пункт вносит

дополнительные риски, связанные с возможностью радиоактивного заражения в случае пожара. Поэтому традиционных мер противопожарной защиты здесь недостаточно [7].

Только комплексный и системный подход, основанный на современных технологиях, высокой квалификации персонала и постоянном совершенствовании систем безопасности, позволит обеспечить адекватный уровень пожарной безопасности на морских нефтегазодобывающих платформах с реакторами малой мощности и свести к минимуму риск катастрофических последствий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Щурихина О.В. Безопасность морских нефтегазодобывающих платформ./ Щурихина О.В., Шакирова Р. Р., Баряхнина В.Б. [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Казанский национальный исследовательский технологический университет, 1997–2015. Режим доступа: http://www.kstu.ru/article.jsp?id=1565&id_e=34700 (дата обращения: 15.02.2025).
2. Лисанов М.В. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах морских нефтегазовых месторождений / Материалы II Международной конференции ROOGD-2008 «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток», 2008. – С. 20–51.
2. Болодьян И.А. Особенности оценки пожарного риска морских нефтегазодобывающих платформ / Пожарная безопасность, 2007, №4, С. 11–21.
3. Каплин И.В. Флегматизация как альтернатива легкобрасываемым конструкциям для морских нефтегазовых объектов. / Безопасность труда в промышленности. – № 5 – 2012, С. 60–64.
4. Самигуллин Г.Х., Симонова М.А. Оценка риска разгерметизации трубопроводов при воздействии трудно прогнозируемых повреждающих факторов / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № S7. С. 490–497.
5. Saito N., Liao C., Ogawa Y., Saso Yu. Flammability limits and peak concentrations: the use of new technique and results / In: Proceedings of the 2nd International Seminar on Fire and Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations. Moscow, VNIPO, 1997, p. 195–206.
6. Шебеко А.Ю. Характеристики пожаровзрывоопасности газов в окислительных средах с различным содержанием кислорода при наличии флегматизаторов. Автореферат дисс. на соиск. уч.ст. канд. тех. наук: 05.26.03 -М.: 2008г., ВНИИПО МЧС России, 24 с.
7. Самусева Е.А. Проблемы аварийных взрывов на морских нефтегазовых объектах / Безопасность труда в промышленности. – 2011. – №8. – С. 69–73.

УДК 614.842.435

В.М. Мельникова, М.А. Симонова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМАТИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МАСЛЯНОГО ТУМАНА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Система пожарной сигнализации является неотъемлемым элементом обеспечения пожарной безопасности на предприятии. На металлургических производствах используются смазочно-охлаждающие жидкости, а также различные виды масел и нефтепродуктов, которые при контакте с раскаленной поверхностью испаряются. Конденсируясь в более холодном воздухе помещения, капли масла образуют масляный туман, который влияет на все системы и механизмы, расположенные в цехе.

Наличие масляного тумана в производственном помещении вызывает трудности в распознавании пожара, приводя к ложным срабатываниям пожарных извещателей, либо к отсутствию сигнала при реальной угрозе.

Для таких нестандартных, усложненных условий подбор вида пожарных извещателей в настоящее время является проблематичным. В помещениях с масляными парами пожарные

извещатели требуют повышенного внимания к их обслуживанию. Из-за воздействия агрессивной среды надежность и долговечность датчиков крайне быстро снижаются [1].

Современные пожарные извещатели, такие как тепловые, дымовые, газовые, пламенные и аспирационные имеют ряд недостатков для работы в помещениях с масляными парами.

Принцип работы дымового пожарного извещателя заключается в срабатывании датчика на рассеивание луча при появлении в воздухе мельчайших частиц дыма и копоти внутри корпуса. При попадании капелек масла внутрь на фотоприемник извещатель зачастую дает ложные срабатывания [2].

Тепловой пожарный извещатель имеет тенденцию к длительному срабатыванию, что является серьезным недостатком. В основном такие извещатели настроены на срабатывание при температуре от 50°. При значительной высоте цехов металлургического предприятия количество времени, которое необходимо для прогрева большого объема воздуха, является критическим. После срабатывания теплового пожарного извещателя значительная часть площади помещения уже сгорает.

Газовые пожарные извещатели являются более эффективными в условиях масляного тумана за счет сенсоров внутри, способных срабатывать исключительно на превышение концентрации углекислого и угарного газов. Они направлены на распознавание тления, что является не основным видом горения на металлургическом предприятии. К тому же, как и для дымового пожарного извещателя, попадание масляных паров на чувствительные элементы приводит к механическому загрязнению и неспособности извещателя обнаружить угрозу пожара [3].

Данная проблема касается и извещателей пламени: попадание масляных капель на фоточувствительный элемент значительно снижает эффективность распознавания пламени. К тому же эксплуатация таких извещателей на предприятии с применением огневых работ или наличием раскаленных предметов будет нецелесообразна [4].

Воздухозаборные трубы в аспирационных пожарных извещателях забиваются и покрываются изнутри масляным слоем, что также препятствует его успешному срабатыванию на факторы пожара. Частая смена фильтров, техническое обслуживание трубопроводов, частей аспирационных извещателей являются сложными и затратными мероприятиями. Такой вид извещателей требует больших денежных вложений при закупке и установке [5].

Перечисленные выше проблемы современных видов пожарных извещателей заставляют задуматься о разработке метода, который позволит эксплуатировать, обслуживать извещатель в условиях масляного тумана на металлургическом производстве для высоких помещений. Наиболее подходящий пожарный извещатель для данных условий – дымовой. Для его эксплуатации к условиям масляного тумана необходимо адаптировать конструкцию датчика. Например, попадание масляных паров внутрь корпуса пожарного извещателя может предотвратить внедрение в него защитных фильтров. Также возможно спроектировать дымозаборные щели датчика таким образом, чтобы минимизировать проникновение масляного тумана внутрь. От осаждения капель масла на фоточувствительный элемент можно использовать олеофобное покрытие (пленки, спреи, растворы), которое необходимо наносить непосредственно перед установкой датчика и периодически обновлять.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Юртаев С.В. Проблемы эксплуатации существующих пожарных извещателей и анализ инновационных пожарных извещателей // Вестник науки – 2022. – №2. – С. 233–240.
2. Васильев М.А., Василенко Ю.В., Шенбергер А.Ю., Щеглов Е.В. Исследование чувствительности дымовых извещателей пожарных к аэрозолям при термической деструкции различных материалов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: технические средства противодействия терроризму. – 2020. – №11-12. – С. 138–146.

3. Федоров А.В., Лукьянченко А.А., Соколов А.В. Применение газовых пожарных извещателей в системах пожарной сигнализации нефтеперерабатывающих производств // Территория нефтегаз. – 2016. – №6. – С. 28–31.
4. Комельков В.А., Сорокин Д.В. Особенности выбора извещателей пламени для предупреждения ложных срабатываний на пожароопасных объектах // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. – 2023. – С. 271–274.
5. Аспирационные системы пожарной сигнализации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Пахомов, Н.Ц. Гатапова, Ю.В. Пахомова. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

УДК 340:658.588

З.А. Меркулова, И.В. Климова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

На сегодняшний день добыча газа, его транспортировка и потребление играет ключевую роль в экономике всех стран мира. Газовая отрасль является крайне востребованной, а ее компонент – природный газ – нашел широкое применение в промышленности, энергетике, транспорте, быту. Газ добывает около 90 стран в мире, также выделяются страны-лидеры по добыче газа: США (26%), Россия (14%) (см. рис.1) [1].

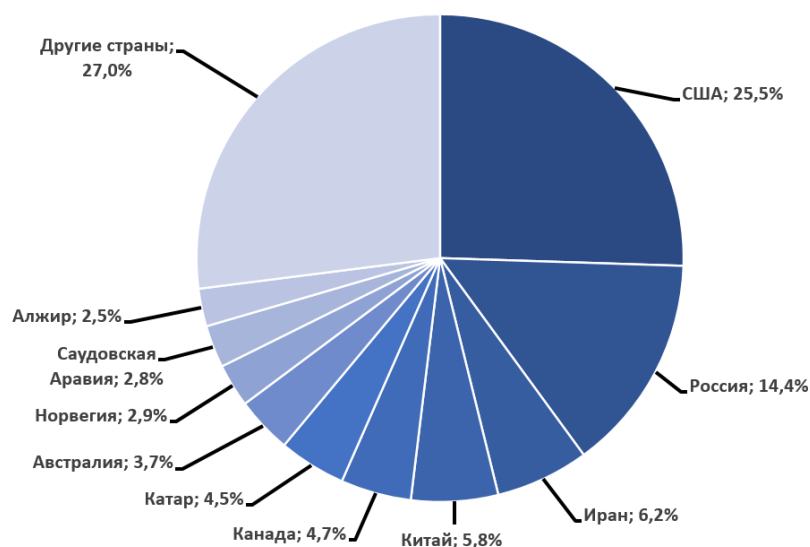


Рис. 1. 10 крупнейших газодобывающих стран в 2023 года по данным Energy Institute

Как в России, так и зарубежом добыча газа, его переработка и транспортировка до потребителей является чрезвычайно опасным и аварийным процессом. Согласно статистическим данным Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA) агентства Министерства транспорта США с 2020 по 2024 гг. в США произошло 3070 инцидентов [2], связанных с транспортировкой газа. По данным Pipeline Incident Data (PID) – статистической базы инцидентов Canada Energy Regulator (CER) – в Канаде за тот же период времени произошло 573 инцидента [3]. Такая разница в количестве зарегистрированных инцидентов связана, в первую очередь, с длиной газопроводов: в США эксплуатируется в 4,5 раза больше газопроводов чем в Канаде. Распределение инцидентов по годам представлено на рис. 2.

В России регистрирует инциденты и аварии Ростехнадзор, однако в годовые отчеты [4] попадает только статистика аварий. Так, в 2020 году зарегистрировано 22 аварии на газопроводе, в 2021 году – 18 аварий, в 2022 году – 19 аварий, в 2023 году произошло 13 аварий [4].

Цель работы – провести сравнительный анализ законодательства в области промышленной безопасности газовой отрасли в России, США, Канаде, Австралии – странах-лидерах по добыче газа.

Для достижения цели работы сформулируем задачи:

1) проанализировать законодательство России, США, Канаде, Австралии в области промышленной безопасности газовой отрасли;

2) выявить критерии для сравнения и определить их значения для каждой страны;

3) провести сравнительный анализ полученных результатов.

Методами исследования являются: анализ, сравнение, синтез, сопоставление.

Таблица 1 – Обеспечение промышленной безопасности в газовой отрасли в России и зарубежом

Критерий/ Страна	Россия	США	Канада	Австралия
Законодательный орган	Правительство РФ, Ростехнадзор	Конгресс США (U.S. Congress)	Парламент Канады (Parliament of Canada)	Safe Work Australia
Регулирующий орган	Ростехнадзор	PHMSA	CER, провинциальные регуляторы	Comcare, регулирующие органы штатов и территорий [5]
Классификация опасного события	Авария, инцидент [6]	Серьезный инцидент, значительный инцидент [7]	Инцидент, значительный инцидент (CER Act)	Инцидент, подлежащий уведомлению, опасный инцидент, крупный инцидент [5]
Интегрированность с другими системами управления	Нет	Да [7]	Да	Да [5]
Основные нормативно-правовые акты (НПА)	Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	49 Code of Federal Regulations (CFR) Part 192 [7]	Canadian Energy Regulator Act (CER Act), Onshore Pipeline Regulations (OPR), Canadian Standards Association (CSA) Z662 Oil and gas pipeline systems (стандарт)	Model Work Health and Safety Bill, Model Work Health and Safety Regulations [5]
Процедуры в области промышленной безопасности	Обоснование безопасности, декларирование, лицензирование, экспертиза промышленной безопасности, производственный контроль, аттестация [6]	Integrity management program, Damage prevention Program, qualification of Pipeline Personnel [7]	Program Audits, Management System Processes (CER Act)	Safety case, Safety assessment, Licensing, Education and training on matters relating to work health and safety [5]

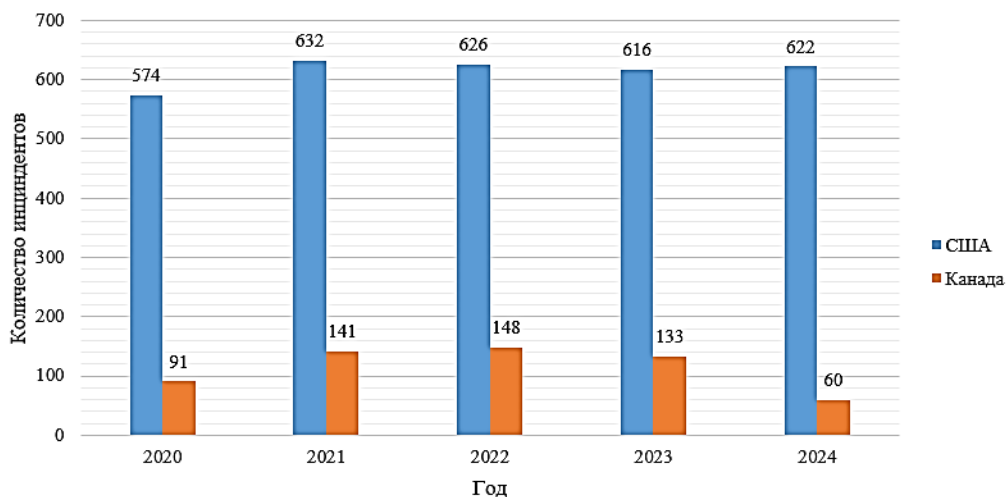


Рис. 2. Статистика инцидентов в США и Канаде с 2020 по 2024 гг.

Рассмотрим более подробно систему построения управления промышленной безопасности в России, США, Канаде, Австралии. Как известно, в России законодательным и регулирующим органом в области промышленной безопасности является Ростехнадзор, который напрямую подчиняется Правительству РФ, ведет в том числе и законотворческую деятельность. В США безопасность трубопроводов регулируется федеральным надзорным органом PHMSA, входящим в состав Министерства транспорта США. В Канаде регулирующим органом межпровинциальных трубопроводов является CER, в провинциях – провинциальные регуляторы (например, Alberta Energy Regulator – AER; British Columbia Oil and Gas Commission – BCOGC). В Австралии применяется похожий принцип регулирования: общее регулирование осуществляет Comcare, в штатах и территориях – регулирующие органы штатов и территорий (например, WorkSafe Victoria, Workplace Health and Safety Queensland). Результаты сравнительного анализа сведены в таблицу 1.

В результате проведенного сравнительного анализа можно прийти к следующим выводам:

1. Не во всех зарубежных странах существует общая классификация опасных объектов. Несмотря на это, в законодательстве всех рассматриваемых стран присутствует определение «инцидент».
2. При анализе зарубежного законодательства можно отметить, что понятию «авария» тождественны такие понятия как «значительный инцидент» (США, Канада), «крупный инцидент» (Австралия), а понятию «инцидент» – «серьезный инцидент» (США) и «опасный инцидент» (Австралия).
3. В США, Канаде и Австралии промышленная безопасность интегрирована с другими системами управления, например, в Австралии это интеграция с охраной труда.
4. Во всех странах безопасность газовой отрасли регулируется как на федеральном (уровень всей страны), так и на локальном уровне (штаты, территории, провинции, регионы).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Resources and data downloads, Energy Institute / Электронный ресурс. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads> (Дата обращения: 02.03.2025).
2. Pipeline Incident 20 Year Trends, PHMSA / Электронный ресурс. URL: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends> (Дата обращения: 02.03.2025).
3. Pipeline Incident Data, Government of Canada / Электронный ресурс. URL: <https://open.canada.ca/data/en/dataset/7dffedc4-23fa-440c-a36d-adf5a6cc09f1> (Дата обращения: 02.03.2025).

4. 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: 02.03.2025).
5. Law and regulation, Safe Work Australia / Электронный ресурс. URL: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/law-and-regulation> (Дата обращения: 02.03.2025).
6. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
7. Title 49 of the CFR, Code of Federal Regulation / Электронный ресурс. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49> (Дата обращения: 02.03.2025).

УДК 614.841.45

А.М. Молодцова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Проблема пожарной безопасности остается актуальной по всему миру на протяжении многих лет. Особо опасными являются здания, в которых одновременно может находиться большое количество людей. К таким объектам относятся аэропорты, вокзалы, торговые и развлекательные центры, учебные заведения, рестораны, гостиницы и прочие общественные места.

Причины возникновения пожаров могут быть достаточно разные: нарушения правил пожарной безопасности, неисправности электрической система, неправильная эксплуатация электрооборудования, неисправность систем пожаротушения и предупреждения, несоблюдение правил безопасности при обращении с огнем и специализированным оборудованием, умышленные поджоги [1]. Пожары в зданиях с большим количеством людей считаются особенно опасными, так как риск причинения вреда здоровью людей в них больше, поскольку:

- образуются толпы людей, препятствующих эвакуации;
- эвакуация требует больше времени;
- большая площадь помещения.

Статистика по причинам возникновения пожаров, которые могут относиться к объектам общественного питания, за последние 5 лет представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика пожаров по причине их возникновения

Причина возникновения пожара	Количество пожаров, ед.				
	2019	2020	2021	2022	2023
Установленный поджог	14688	13880	12177	12682	13674
Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования	49638	51930	57766	59783	60877
Нарушение правил устройства и эксплуатации печей	27122	28108	27811	25389	23896
Нарушение правил устройства и эксплуатации газового оборудования	1538	1532	1560	1510	1375
Неосторожное обращение с огнем	339433	308627	266309	230043	229244
Взрывы	71	96	129	120	599

Количество пожаров и погибших в них людей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Статистика пожаров в Санкт-Петербурге за 5 лет

Данные	2023	2022	2021	2020	2019
Количество пожаров	8424	8791	9610	9720	10754
Количество погибших	132	131	137	129	129

Согласно статистике, самое большое количество пожаров в России зафиксировано в апреле и мае, меньше в летний период и начало осени. Самые низкие показатели – в феврале [2].

Пожарная безопасность является ключевым фактором в работе заведений общественного питания. Рестораны, кафе и столовые подвергаются значительному риску возникновения пожаров, который может быть вызван как техническими неисправностями, так и человеческими ошибками. Поэтому забота о создании безопасной обстановки для посетителей и сотрудников становится важной частью их деятельности.

Организация расстановки столов играет первостепенную роль в обеспечении безопасности. Неправильная планировка пространства может затруднить эвакуацию во время пожара и создать дополнительные риски, способствующие его возникновению. Поэтому при планировке посадочных мест следует учитывать несколько критически важных аспектов.

Прежде всего важна доступности эвакуационных выходов. Столы и стулья должны располагаться так, чтобы обеспечить свободный проход к выходам [3]. Расстояние между столиками не должно быть узким, чтобы не создавать препятствий для людей, спешащих на выход. Столики обычно располагают на расстоянии не менее 1,5–2 м друг от друга. Так же рекомендуется оставлять достаточное пространство между мебелью и предусматривать дополнительные проходы в местах с высокой проходимостью. Занятый сидящим стул должен отступать от стола приблизительно на 450 мм, однако с учетом свободы доступа и поворотов сидящего необходимо исходить из расстояния 700 мм [4].

Еще одним значимым аспектом является расположение мебели относительно специализированного оборудования. Столы не должны находиться слишком близко к кухонной технике, такой как плиты и фритюрницы, где есть высокий риск возгорания. Должно быть достаточное расстояние между кухонной зоной и обеденной, чтобы снизить вероятность возникновения опасных ситуаций от искр и горячих паров.

Третий момент – доступность средств пожаротушения. Огнетушители и прочие необходимые средства пожаротушения должны находиться в легкодоступных местах и не перекрываться мебелью. Важно учитывать необходимость установки знаков безопасности, указывающих на эвакуационные выходы и расположение огнетушителей [5].

Так же необходимы достаточно широкие проходы для перемещения персонала и доставки блюд. Это не только упрощает работу сотрудников, но и позволяет быстро реагировать в случае чрезвычайной ситуации. Широкие проходы обеспечивают быстрое и безопасное перемещение как для гостей, так и для персонала в случае необходимости [6].

Практически в каждом заведении общественного питания есть гардероб, в который посетители сдают верхнюю одежду. При возникновении экстренных ситуаций, люди находятся в панике, бегут за своими вещами, таким образом создавая толпу и препятствуя быстрой эвакуации. Более безопасным является создание нескольких зон с вешалками для одежды с самообслуживанием. Люди могут подбежать и быстро забрать свои вещи. Либо возле каждого столика можно расположить напольную вешалку, рассчитанную на всех гостей заведения.

В заведениях общественного питания должна быть обеспечена хорошая видимость. Все участки заведения должны быть хорошо освещены, чтобы сотрудники могли оперативно реагировать на возможные проблемы. Освещение также играет важную роль в условиях недостаточной видимости во время эвакуации.

Таким образом, расстановка столов в заведениях общественного питания – это не просто вопрос удобства и комфорта гостей, а критически важный элемент безопасности. Правильная организация пространства позволяет минимизировать риски возникновения пожаров и

упростить эвакуацию в экстренных ситуациях. Заведения должны уделять особое внимание к этому аспекту, обучать сотрудников правилам эвакуации и проверки состояния пространства. Безопасность гостей и персонала должна быть приоритетом для любого заведения общественного питания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 112.13330.2011. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информационно-аналитический сборник / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко [и др.] – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. – 110 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 32692-2014 Услуги общественного питания. Общие требования к методам и формам обслуживания на предприятиях общественного питания.
5. Гравит М.В. Элементы проектирования раздела «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»: учебное пособие / М.В. Гравит, М.Д. Терех, М.А. Шахова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2021. – 1 файл (34,88 Мб). – Загл. с титул. экрана. – Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). – <URL:<https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2021/tr21-58.pdf>>. – DOI 10.18720/SPBPU/5/tr21-58. – Текст: электронный
6. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. СНиП 31-06-2009.

УДК 614.849

Ч.Ш. Монгуш

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Целью исследования является оценка устойчивости вспучивающих огнезащитных составов в условиях сверхнизких температур.

Одним из основных параметров пожарной безопасности зданий и сооружений является их степень огнестойкости. Предел огнестойкости строительных конструкций определяется их способностью сохранять свои свойства в течении определенного периода времени до наступления критических состояний, таких как: потери несущей способности (R) (деформация или обрушение конструкции), потеря целостности (E) (появление трещин или отверстий в конструкции), потеря теплоизолирующей способности (I) (повышение температуры или прогрев конструкции). Чтобы повысить предел огнестойкости строительных конструкций возможно применение конструктивной огнезащиты или тонкослойных вспучивающихся огнезащитных покрытий.

Для повышения пожарной безопасности применяются огнезащитные составы на складах сжиженных углеводородных газов (СУГ). Их использование является важной частью обеспечения безопасности на таких объектах.

Основные области применения огнезащитных составов на складах СУГ:

1. Обработка металлических конструкций;
2. Защита поверхностей резервуаров для хранения СУГ, помещений и перегородок;
3. Обработка трубопроводов, кабельных линий и электрооборудования.

Вспучивающиеся огнезащитные покрытия – это материалы, которые активно используются для повышения огнестойкости строительных конструкций, снижения пожарной опасности и предотвращения распространения пламени. При повышении температуры в них происходит химическая реакция, в результате которой происходит их расширение. Образовавшийся пенококс создает барьер, который замедляет передачу тепла к защищаемой

поверхности. Это позволяет увеличить время, в течение которого конструкция может выдерживать воздействие огня, что критически важно для предотвращения обрушения зданий и обеспечения безопасности людей. Вспучивающиеся (интумесцентные) лакокрасочные покрытия могут включать в себя следующую комбинацию компонентов: эпоксидные смолы, которые будут служить как связующее вещество в составе, порошковые компоненты, которые будут образовывать защитный слой покрытия, также наполнители, которые могут улучшить физико-химические свойства состава.

Стандартные составы и их компоненты достаточно эффективны в нормальных условиях, но при отрицательных температурах или аварийных проливов сжиженного углеводородного газа огнезащитный состав может потерять свои эксплуатационные характеристики, такие как:

1. Снижение свойств адгезии – ухудшается сцепление с защищаемой поверхностью из-за кристаллизации связующего компонента;
2. Повышается хрупкость – может привести к растрескиванию покрытия;
3. Понижаются свойства прочности у покрытия.

Эти факторы могут привести к снижению огнестойкости и долговечности покрытия. Что делает более актуальным внедрение в огнезащитный состав модифицирующих добавок, таких как наночастицы, которые при малых концентрациях способны улучшить термическую способность теплоизолирующего защитного слоя и адгезию.

В качестве объекта исследования использовали вспучивающий огнезащитный состав «ТЕРМОБАРЬЕР» 2 производства ООО «НПК ОгнеХимЗащита». В состав Термобарьера входит компонент Б – отвердитель, и компонент А – полимерное связующее. Перед тем как смешать компоненты мы в компонент Б как модификатор добавляем углеродные наноструктуры – астралены с концентрацией 0, 0,1, 1, 2, 5. Далее компонент Б с астраленами плавно смешиваем с компонентом А, чтобы избежать пузырьков, которые могут при нанесении стать причиной дефектов. Рекомендуемая температура состава при смешивании составляет не менее +10°C и не более +25°C [2].

В исследовании используется жидкий азот, так как он имеет более низкую температуру кипения –195,75 °С. Испытание начинается с подачи жидкого азота на пластину покрытием огнезащитного состава. Время погружения составляет не менее 90 секунд в соответствии с [3].



Рис. 1. Пластины с астраленами в концентрации 0,1 после обработки в жидком азоте

После проведения испытания фиксируют следующие показатели: деформация, вспучивание, отслоение или трещины покрытия. Результаты испытаний с криогенной жидкостью приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний с криогенной жидкостью

Концентрация модификатора, %	Криогенная жидкость	Показатели покрытия		
		Деформация	Вспучивание	Трещины
0	Жидкий азот	Да	Нет	Да
0,1	Жидкий азот	Да	Нет	Да
1	Жидкий азот	Нет	Нет	Нет
2	Жидкий азот	Нет	Нет	Нет
5	Жидкий азот	Нет	Нет	Нет

По результатам испытания низкими температурами не было зафиксировано явных повреждений пластин, кроме покрытия с концентрацией астраленов 0 и 0,1.

Для дальнейшего исследования перспективным являются направления по определению адгезионной прочности и термической обработки.

Использование различных добавок в огнезащитных составах значительно повышает их устойчивость к низким температурам. Такие модификаторы увеличивают эффективность защиты и срок службы материалов. Они обеспечивают надежную огнезащиту даже при экстремальных температурных режимах, что делает их незаменимыми для использования в отраслях, где требуются повышенные требования к безопасности и устойчивости материалов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов А.В., Столяров С.О., Дементьев Ф.А., Ферулев А.П. Исследование эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол, модифицированных астраленами.
2. Технологический регламент № 007 ТЕРМОБАРЬЕР 2. Огнезащитный атмосферостойкий состав по ТУ 20.30.22-007-30642285-2017 [Электронный ресурс]. URL: https://ognehimzashita.ru/docs/tekhnologicheskij_reglament_thermobarrier-2.pdf (дата обращения: 06.02.2025).
3. ГОСТ Р 71127–2023 Нефтяная и газовая промышленность. Средства защиты строительных конструкций от воздействия криогенных сред.
4. Модификация огнезащитного силикатного покрытия углеродными нанотрубками. [Электронный ресурс] // URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22458036_41372506.pdf (дата обращения: 12.02.2025).
5. Пожарная опасность при хранении сжиженных углеводородных газов. Обеспечение пожарной безопасности. [Электронный ресурс] // URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42307920_12742135.pdf (дата обращения: 15.02.2025)

УДК 614.842.435

Н.С. Новиков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМА ПРОВЕРКИ АСПИРАЦИОННЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЁ РЕШЕНИЯ

С развитием отрасли пожарной безопасности (сенсоры, системы автоматизированного реагирования) существенно повышаются требования к системам раннего обнаружения возгораний [1]. В данных условиях все большее распространение получают аспирационные пожарные извещатели, которые, благодаря высокой чувствительности сенсоров, предоставляют возможности по обнаружению пожара на самых ранних стадиях (часто задолго до появления открытого пламени или значительного задымления). Основное отличие аспирационных пожарных извещателей от традиционных дымовых заключается в анализе воздуха, отбираемого из защищаемого помещения через систему трубопроводов, что позволяет обнаруживать даже незначительные концентрации дыма [2]. В последнее время находят применения мультикритериальные аспирационные пожарные извещатели, способные

регистрировать комплексные незначительные изменения оптической плотности дыма и приращения концентрации монооксида углерода [3]. Уникальным изделием, относящимся к классу аспирационных пожарных извещателей является «Ионосенс» разработки ООО «Пожтехника», способный регистрировать мельчайшие размеры частиц дыма и их количество. Однако, чувствительность сенсоров аспирационных пожарных извещателей снижается при увеличении количества воздухозаборных отверстий за счет эффекта разбавления концентрации дыма чистым воздухом, в итоге при проверке многие «фейковые дымы» (пыль, водяной пар, аэрозоли бытовой химии и т.п. [7]) могут быть проигнорированы, в результате чего ужесточаются требования к методам и средствам их проверки. В связи с этим, разработка эффективных методов и средств проверки работоспособности аспирационных пожарных извещателей является актуальной задачей, решение которой направлено на обеспечение пожарной безопасности объектов.

Принцип работы аспирационных пожарных извещателей заключается в непрерывном выполнении следующей последовательности действий [6]:

1. Забор воздуха (аспирационный процесс), который заключается в активном заборе проб воздуха из контролируемого помещения (в отличие от традиционных дымовых извещателей, ожидающих попадания дыма в камеру обнаружения в пассивном режиме). Для организации аспирационного процесса используется система труб, проложенная по всему защищаемому пространству (рис. 1). Отличительной особенностью при этом является возможность охвата больших площадей и помещений сложной конфигурации (например, с высотой потолков 9 м и более), включая зоны с высокой циркуляцией воздушных масс.

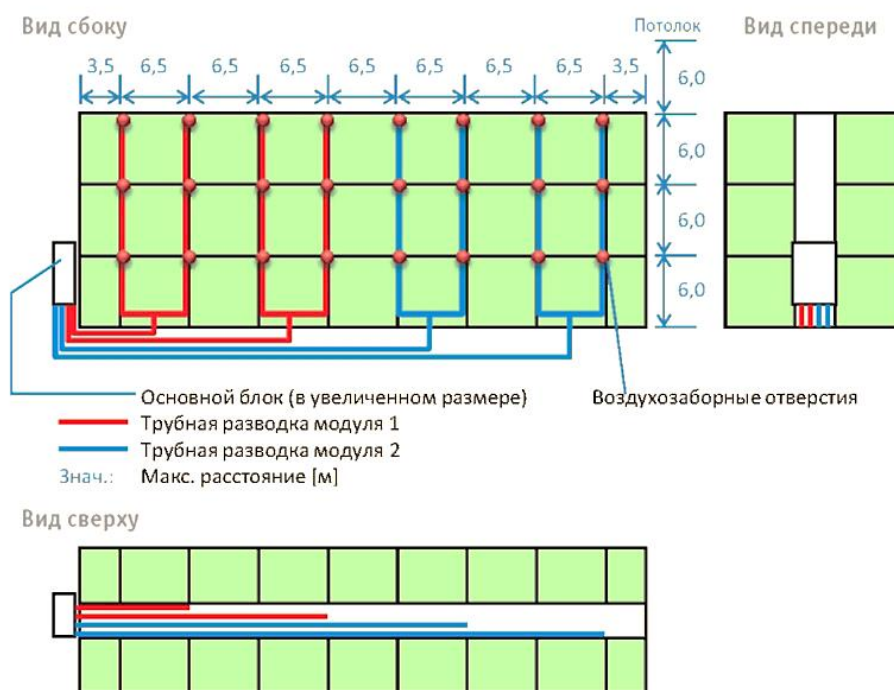


Рис. 1. Пример размещения элементов аспирационного извещателя

2. Анализ аэрозолей, в рамках чего забранный воздух проходит через высокочувствительную аналитическую камеру [4]. В качестве наиболее часто применяемых датчиков используются принципы лазерной дальнометрии, облачных камер, анализа по размеру и форме частиц, а также химических реакций.

3. Принятие решений о пожаре или наличии возможного очага возгораний, осуществляется микропроцессорной системой, реагирующей на сигналы от датчиков и анализирующей в том

числе скорость нарастания концентрации и т.п. [5] Эффективность аспирационного пожарного извещателя в целом может достигаться и за счет использования сложных алгоритмов фильтрации и обработки данных в микропроцессорной системе, в рамках чего минимизируются количества ложных срабатываний и обеспечивается своевременность обнаружения пожара.

На рынке противопожарного оборудования существенные позиции на данный момент занимает аспирационный пожарный извещатель серии «ИОНОСЕНС», получивший распространение в таких проблемных помещениях, для которых характерна высокая концентрация электронной техники (серверные, центры обработки данных, процедурные с медицинским оборудованием) или значительная высота потолков (производственные цеха и помещения, склады, пролеты торгово-развлекательных центров, атриумы, терминалы для размещения пассажиров). Отличительным является использование аэроионного измерителя оптической плотности среды с ионизацией коронным разрядом, в результате чего достигается высокая точность и чувствительность к субмикронным частицам дыма.

Как отмечалось ранее, основная проблема проверки аспирационных пожарных извещателей заключается в их способности различать реальный дым от «фейкового», поскольку в процессе имитации реального дыма сложно достичь необходимого состава, концентрации, а также выработки частиц различного размера. Иными словами, традиционные методы проверки дымовых пожарных извещателей являются неэффективными для систем аспирационного типа.

К основным существующим методам проверки аспирационных пожарных извещателей можно отнести [9]:

- метод визуального осмотра, заключающегося в проверке целостности трубопроводов, заборных отверстий, соединений и т.д.;

- проверка воздушного потока, например, измерение скорости забора с помощью анемометров;

- тестирование с использованием имитаторов дыма, однако такие аэрозоли по составу, размеру частиц и оптическим свойствам представляют собой относительно недостоверный способ проверки (то есть, существенно отличающийся от характеристик реального дыма или предполагаемого очага возгорания);

- функциональное тестирование с использованием программного обеспечения;

- огневые испытания, суть которых заключается в создании контролируемого очага возгорания в тестовом помещении. В ходе испытаний оценивается способность извещателя обнаруживать пожар на ранней стадии, время срабатывания, а также устойчивость к сложным срабатываниям и адекватность реакции на различные типы пожаров.

К основным направлениям решения проблемы проверки аспирационных пожарных извещателей можно отнести [8]:

1. Разработка специализированных генераторов аэрозолей, имитирующих дым от различных материалов пожаробезопасным способом, то есть, максимального приближенного по составу, размеру частиц и оптическим свойствам к реальному дыму, возникающему при горении целого спектра различных материалов. Для достижения значительных результатов в данном направлении необходимо проводить исследование состава дыма при горении различных материалов (газовая хроматография, масс-спектрометрия), создании генераторов с регулируемыми параметрами, а также использование нескольких типов веществ при генерации.

2. Использование различных типов твердотопливных имитаторов дыма, однако в данном случае необходимо обеспечить пожарную безопасность проведения испытаний, безопасное удаление продуктов горения и нежелательное воздействие на проверяемое оборудование и материальные ценности в защищаемом помещении, а также контролируемость и стабильность горения твердого топлива. Следует отметить, что данное направление может проблемным при применении в помещениях с высокой концентрацией взрывопожароопасных веществ и материалов.

3. Использование автоматизированных тестовых стендов для проверки аспирационных пожарных извещателей в условиях, максимально приближенных к реальным (контролируемые условия окружающей среды, генерация дыма заданного состава и концентрации, имитация различных сценариев пожара).

Таким образом, актуальность проблемы проверки аспирационных пожарных извещателей заключается в их способности различать реальный дым от «ненастоящего», поскольку в процессе имитации реального дыма сложно достичь необходимого состава, концентрации, а также выработки частиц различного размера. К основным направлениям решения проблемы можно отнести использование специализированных генераторов аэрозолей, различных типов твердотопливных имитаторов дыма, а также автоматизированных тестовых стендов для проверки в максимально приближенных к реальным условиям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тимофеева С.С. Основы производственной и пожарной автоматики: учебное пособие / С.С. Тимофеева, О.М. Кустов. – Иркутск: ИРНИТУ, 2020. – 112 с.
2. Пахомов А.Н. Аспирационные системы пожарной сигнализации: учебное пособие / А.Н. Пахомов, Н.Ц. Гатапова, Ю.В. Пахомова. – Тамбов: ТГТУ, 2021. – 84 с.
3. Неплохов И. Извещатели пожарные дымовые аспирационные. Часть 1: классы ИПДА // Технологии защиты. – 2015 – № 3.
4. Зайцев А.В. Дым и его свойства как аргументы в пользу извещателей с открытой оптической системой // «Алгоритм безопасности». 2015. № 1.
5. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний.
6. Неплохов И. Эффективная защита ЦОД: сверххранное обнаружение перегрева кабеля // Каталог «Пожарная безопасность – 2016».
7. Зайцев А.В. Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 3 // «Алгоритм безопасности». 2012. № 5.
8. Кудашев С.В. Пожаровзрывобезопасность : учебное пособие / С. В. Кудашев, В. Ф. Желтобрюхов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2022 – Часть 1 – 2022. – 144 с.
9. ГОСТ 34698-2020. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

УДК 699. 814

А.А. Ондрин, М.В. Гравит

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ШТОР В АТРИУМЕ ВЫСОТНОГО БИЗНЕС-ЦЕНТРА

Цель работы: оценка влияния применения противопожарных штор в атриуме высотного бизнес-центра на распространение опасных факторов пожара и условий безопасной эвакуации.

Согласно данным ФГБУ ВНИИПО МЧС России в период с 2019 по 2023 г., зарегистрировано 2 014 896 пожаров, погибло и травмировано 83 815 человек, прямой материальный ущерб составил 96,176 млн руб. Чаще всего масштабные пожары с большим количеством пострадавших и огромными материальными потерями происходили в зданиях производственного назначения, торговли, а также здания административно общественного назначения. Поэтому, на сегодняшний день, исследование решений, способствующих уменьшению возникновения и распространения опасных факторов пожара (ОФП), является актуальным направлением. Использование трансформируемых противопожарных преград является одним из видов пассивных систем противопожарной безопасности.

В последние годы все больше проектировщиков внедряют в свои современные проекты пространства с атриумами. Данные объемно-планировочные решения становятся всё более актуальными, поскольку они эффективно решают проблему создания комфортных рекреационных пространств в высотных зданиях, обеспечивая естественное освещение. Кроме того, атриумы придают уникальность архитектурному облику зданий, улучшают визуальное восприятие городской среды. Благодаря своей многофункциональности, эти пространства служат удобными общественными зонами, способствующими социальному взаимодействию и повышающими функциональность зданий различного назначения.

Однако атриумы создают существенные вызовы для специалистов в области пожарной безопасности, поскольку в таких пространствах отсутствуют межэтажные перекрытия, которые обычно являются преградами для распространения огня в объеме здания. Следовательно, в таких пространствах пламя и продукты горения будут быстро распространяться по вертикали. При возникновении пожара это создает дополнительную опасность для эвакуирующихся людей, так как пути эвакуации могут оказаться в зоне интенсивного задымления, что затрудняет безопасную эвакуацию и усложняет работу спасательных служб [1].

Одним из наиболее эффективных методов защиты зданий с атриумами является использование противопожарных преград в виде штор. Данный вид защиты используется для локализации помещения, являющегося источником распространения огня. Основными элементами, составляющими конструкцию противопожарных штор, являются направляющие, вдоль которых трансформируется полотно, вал, на который оно накручено, и само полотно. Кроме того, частью конструкции является защитный короб, который защищает вал и штору от механических повреждений [1].

Само полотно представляет собой многослойное изделие, покрытое с двух сторон такими материалами, как кремнеземная, керамическая, кварцевая, базальтовая или стеклянная ткань. Которые предоставляют возможность эксплуатации при температурах в интервале от 650 °C до 1000 °C [2]. Также иногда применяются более инновационные материалы, например, фольга и обработанным интумесцентным составом [3].

В данной работе рассматривается проект высотного здания бизнес-центра с атриумом протяженностью 3 этажа. Для того, чтобы оценить влияние противопожарных штор на распространение опасных факторов пожара и условий безопасной эвакуации, была создана модель (рис. 1,а) в программном комплексе «Сигма ПБ». На рис.1,б представлен разрез здания до уровня верхней границы атриума, в котором согласно объемно-планировочным и архитектурным решениям находится рекреационная зона, в которой располагается множество мягкой мебели и электроприборов общего пользования, что повышает вероятность возникновения пожара в данной части здания. Поэтому для расчетов очаг пожара следует разместить именно в этом помещении.

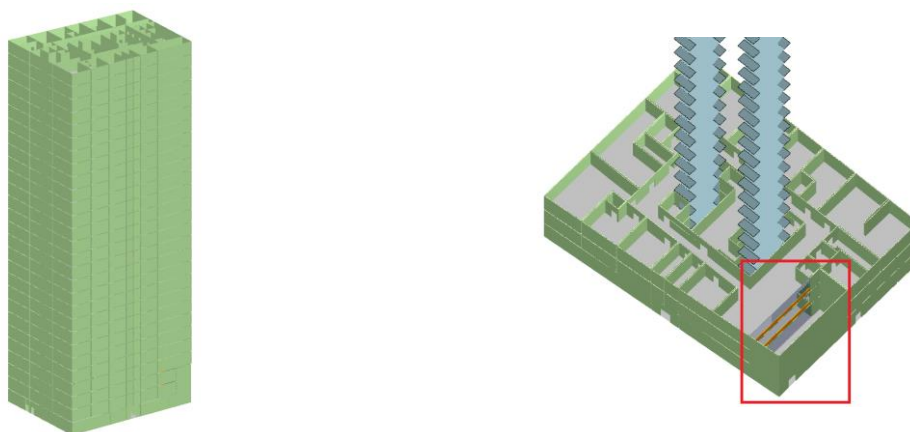


Рис. 1. Модель: а – расчетная модель в ПК «Сигма ПБ»; б – разрез расчетной модели

В соответствии с [4] время начала эвакуации принято 90 с – здания, имеющие класс функциональной пожарной опасности Ф.4, оборудованные системами оповещения и управления эвакуацией людей III–V типов. Через это же время включится в работу механизм, трансформирующий полотно противопожарной шторы, отделяя пространство атриума от остального объема здания. Другими словами, локализует наиболее вероятное место возникновения пожара. Наиболее часто употребляемая скорость закрывания противопожарной шторы, согласно данным производителей, размещенным в открытом доступе, – 0,15 м/с.

В расчетную область для моделирования развития ОФП включены помещения с очагом пожара (пространство атриума), коридоры на каждом этаже и лестничные клетки. Температура внутри расчетной области принята равной 20 °С.

Расчетную область для моделирования эвакуации составили помещения, в которых в начальный момент находились люди, пути эвакуации (офисные помещения, коридоры, холлы, лестницы).

После выполнения всех расчетов, станет возможным проведение сравнительного анализа, по результатам которого можно будет сделать вывод о том, как противопожарные шторы в атриуме высотного бизнес-центра влияют на распространение опасных факторов пожара и условия безопасной эвакуации.

Также из расчета станет известно время эвакуации всех людей из здания и максимальная температура на обеих сторонах шторы. Эти данные могут быть использованы, для подбора наиболее эффективной структуры слоев противопожарной преграды в программном комплексе ELCUT. Для этого будет создана расчетная модель теплопереноса в слоях конструкции полотна шторы, благодаря которой станет возможным определить наиболее эффективные материалы для изготовления противопожарной преграды и их оптимальные толщины. Выполнять подбор следует, исходя из нормируемого предела огнестойкости. Для огнестойких штор и экранов предел огнестойкости определяется по потере целостности и потере теплоизолирующей способности из-за достижения на поверхности предельных (критических) значений температуры – EI 15, EI 30, EI 60[5].

Таким образом, предположительно противопожарная штора является одним из наиболее эффективных способов ограничения распространения ОФП.

В ходе проведения научно-исследовательской работы планируется произвести расчеты, описанные выше, по результатам которых будет сделана оценка влияния противопожарных штор в атриуме высотного бизнес-центра на распространение опасных факторов пожара и условий безопасной эвакуации. Также будут получены расчетные фактические пределы огнестойкости противопожарных штор, на основании модельных режимов пожара.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альмеева Л.Р., Аширова А.Д. Методы защиты атриумов// Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015(1-16). С. 53–56.
2. Гравит М.В., Недрышкин О.В., Шабунина Д.Е., Щеглов Н.Е., Шинкарьёва М.К., Fire curtains: models of heat transfer in composite materials// Инженерно-строительный журнал. 2018. № 1(77). С. 38–46 (Дата обращения: 05.03.2025).
3. Гравит М.В., Недрышкин О.В. Исследование температурного поля на поверхности шторы // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения. 2017. С. 45–49.
4. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
5. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

ДИСПЕРСНОСТЬ ПЫЛИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСИНЫ

Механическая обработка древесины является одной из ключевых технологий в современной промышленности, охватывающей широкий спектр производственных процессов: от производства мебели до строительства и целлюлозно-бумажной промышленности. Однако этот процесс сопровождается выделением древесной пыли, которая представляет собой комплексную смесь частиц различного размера, формы и химического состава. Согласно данным Международной организации труда (ILO) [1], древесная пыль относится к категории веществ, представляющих серьезную опасность для здоровья человека и безопасности производства.

Одним из наиболее значимых аспектов проблемы древесной пыли является её взрывоопасность. Взрыв пылевоздушных смесей может возникнуть при наличии трёх основных условий:

1. Присутствие пыли в воздухе в концентрации выше минимальной.
2. Наличие источника зажигания с энергией выше минимальной энергией воспламенения
3. Достаточная концентрация окислителя.

Дисперсность пыли – это характеристика, определяющая распределение размеров её частиц. Классификация пыли по дисперсности:

- очень крупная пыль: размер частиц более 140 мкм.
- крупнодисперсная пыль: размер частиц от 40 до 140 мкм.
- среднедисперсная пыль: размер частиц от 10 до 40 мкм.
- мелкодисперсная пыль: размер частиц от 1 до 10 мкм.
- очень мелкая дисперсная пыль (ультрадисперсная): размер частиц менее 1 мкм [2].

Согласно исследованию [2], более 70% инцидентов, связанных с пожарами и взрывами в деревообрабатывающей промышленности, вызваны древесной пылью. Например, в 2019 году крупный взрыв на деревообрабатывающем предприятии в США был вызван накоплением пыли в системах вентиляции. Аналогичные случаи были зафиксированы в Европе и России, что подчеркивает глобальный масштаб проблемы.

Основными методами механической обработки древесины являются пиление, шлифование и фрезерование. Каждый из этих методов формирует пыль с уникальными характеристиками. Например:

- Пиление обычно создает крупнодисперсную пыль, состоящую из щепок и крупных частиц.
- Шлифование характеризуется образованием среднедисперсной пыли, что существенно увеличивает её взрывоопасность.
- Фрезерование занимает промежуточное положение, но его эффективность зависит от скорости вращения фрезы и типа древесины.

Цель работы заключается в анализе влияния основных методов механической обработки древесины (пиление, шлифование, фрезерование) на дисперсность образующейся пыли и её взрывоопасность.

В научной литературе описаны различные подходы к изучению этого явления, включая анализ дисперсности пыли, её физико-химических свойств и взаимосвязи с методами обработки древесины.

Общие характеристики древесной пыли

Древесина – это природный материал, обладающий уникальными физическими, механическими и химическими свойствами. Эти характеристики зависят от породы дерева, его влажности, структуры, а также условий роста и обработки. [3] Рассмотрим основные параметры древесины:

1) плотность

Плотность древесины определяется как масса материала в единице объёма.

Значения плотности для различных пород древесины:

Легкие породы (береза, сосна): 300–500 кг/м³ при нормальной влажности.

Средние породы (дуб, бук): 600–800 кг/м³.

Тяжелые породы (красное дерево, тик): 800–1200 кг/м³.

2) прочность

Прочностные характеристики древесины зависят от направления нагрузки относительно волокон. Основные показатели прочности:

Прочность на сжатие: Способность древесины выдерживать нагрузку по оси волокон или поперек них.

3) влажность

Влажность древесины – это содержание воды в древесине, выраженное в процентах от сухой массы.

Дисперсность древесной пыли существенно влияет на её свойства, определяя как физические, так и химические характеристики. Чем меньше размер частиц, тем больше удельная поверхность, что значительно увеличивает реакционную способность пыли. Мелкодисперсная древесная пыль обладает высокой воспламеняемостью, поскольку большая площадь контакта с кислородом способствует более быстрому окислению и горению. При этом крупные частицы древесной пыли менее подвержены самовозгоранию, но могут длительное время поддерживать процесс горения после его начала.

Интересно отметить, что влажность древесины также играет важную роль в формировании пыли. Исследование [4] показало, что при повышенной влажности древесины образуются более крупные частицы, что снижает её взрывоопасность. Однако это же увеличивает риск накопления пыли в системах вентиляции, что может привести к другим проблемам, таким как засорение оборудования.

В научной литературе описываются различные методы оценки дисперсности древесной пыли. Работа [5] предлагает использовать лазерную дифракцию для быстрого и точного определения распределения размеров частиц. Этот метод позволяет работать с широким диапазоном размеров и обеспечивает высокую воспроизводимость результатов.

Микроскопический метод, применяется для детального анализа формы и структуры частиц. Несмотря на свою трудоемкость, этот метод позволяет получить дополнительную информацию о свойствах пыли, которая может быть полезна для прогнозирования её поведения в разных условиях.

Гранулометрический метод, остается традиционным подходом для анализа крупнодисперсных материалов. Хотя он менее точен для мелких частиц, он всё ещё широко применяется в практике благодаря своей простоте и доступности.

Тип древесины существенно влияет на дисперсность и взрывоопасность пыли. Хвойные породы, такие как сосна или ель, обычно формируют более крупнодисперсную пыль по сравнению с лиственными породами, что снижает их взрывоопасность. Берёза и дуб, обладая большей плотностью и твёрдостью, при обработке склонны выделять мелкие частицы. Результаты при гранулометрическом методе исследования пыли дуба, берёзы, хвой, представлены на рисунках 1–3.

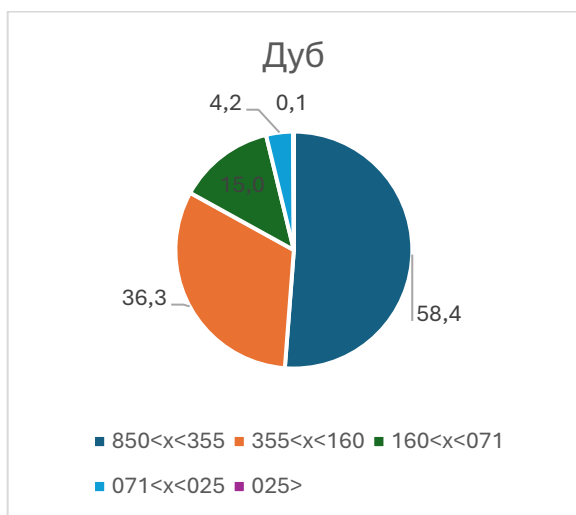


Рис 1. Дисперсность при распиловке дуба

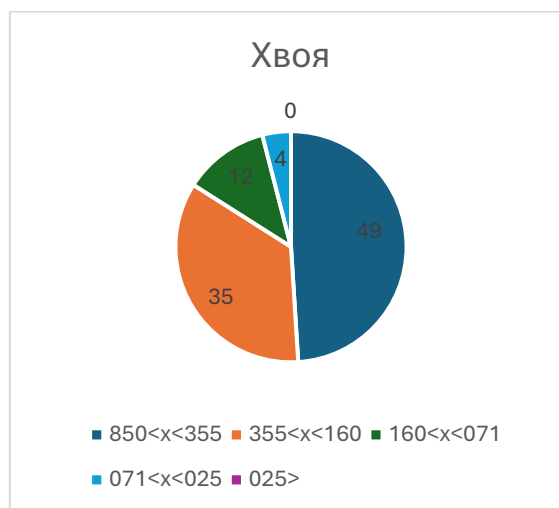


Рис 2. Дисперсность хвои.

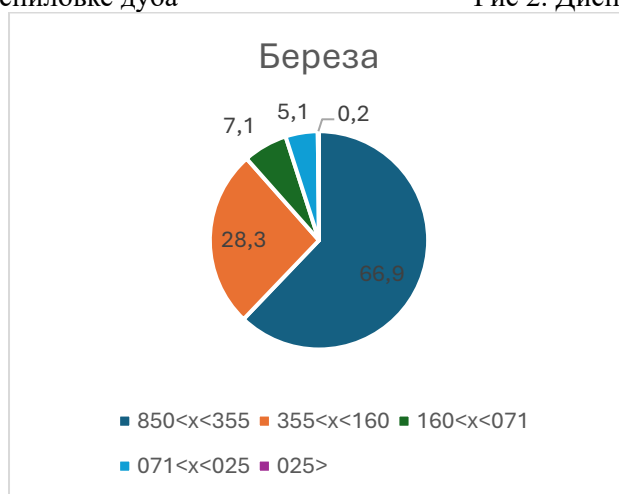


Рис 3. Дисперсность при распиловке березы

Рекомендации для снижения рисков: для снижения рисков взрывов рекомендуется использовать системы эффективной вентиляции и сбора пыли, особенно при шлифовании древесины. Необходимо также контролировать влажность воздуха, так как повышенная влажность может снижать взрывоопасность за счет утяжеления частиц и их быстрого осаждения. Таким образом, данное исследование позволило выявить важнейшие факторы, влияющие на взрывоопасность древесной пыли, и предложить конкретные рекомендации для снижения рисков на производстве. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования технологических процессов и повышения безопасности производства в деревообрабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреев В.А., Петренко А.С. Взрывоопасность древесной пыли: современный взгляд. Безопасность производственных процессов, 2021. № 4. С. 56–63.
2. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие, 2005.
3. Борисов Д.М., Лебедев Е.А. Влияние типа древесины на характеристики образующейся пыли. Промышленная безопасность в лесной промышленности, 2021. № 2. С. 89–96.
4. Демидов Л.П., Сергеев А.В. Параметры обработки и их влияние на дисперсность древесной пыли. Техника и технология, 2021. Т. 16, № 3. С. 145–152.
5. Зайцева М.Ю., Чернов В.Н. Физико-химические свойства древесной пыли. Химическая технология, 2022. Т. 15, № 1. С. 112–120.

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

В настоящее время существует устойчивая тенденция увеличения строительства многоэтажных жилых зданий, значительную долю которых составляют здания высотой более 10 этажей [1]. В ряде случаев обеспечение безопасности людей при возникновении пожаров в таких зданиях представляет собой сложную задачу.

Пожарная безопасность является одной из важнейших составляющих безопасности жизни и здоровья людей, а также сохранности имущества. В условиях современных жилых комплексов, где сосредоточено большое количество людей, обеспечение пожарной безопасности становится особенно актуальным.

Целью работы является анализ пожарной безопасности жилого комплекса. Рассмотрены основные аспекты, влияющие на уровень безопасности, а также предложены рекомендации по улучшению ситуации.

В нашей стране жилые здания занимают одно из первых мест по количеству зарегистрированных пожаров и представляют собой основную причину ежегодной смертности. Около 90 % всех жертв от пожаров приходится именно на жилье (рис. 1) [2].

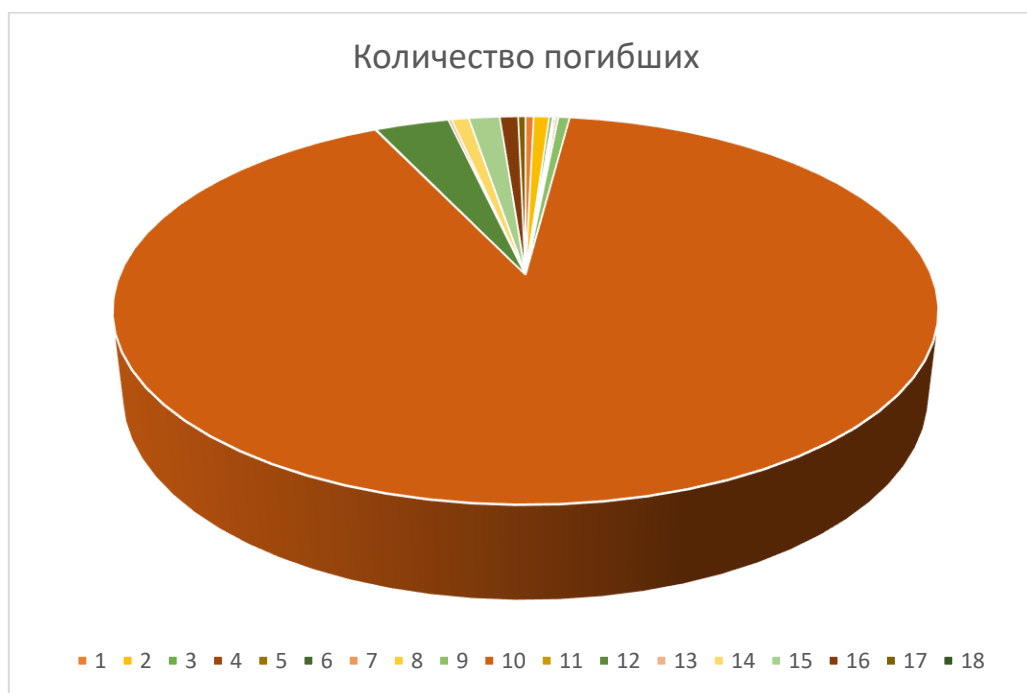


Рис. 1. Количество погибших в пожарах в 2023 году по видам объектов

Такие объекты, как многоквартирные дома должны иметь такое исполнение конструктивных и объемно-планировочных решений, которые обеспечили бы своевременную, быструю и безопасную эвакуацию людей из здания в случае возникновения пожара.

На этапе проектирования жилого комплекса необходимо учитывать требования пожарной безопасности [3]. Это включает в себя:

- правильное размещение зданий – расстояние между ними должно обеспечивать доступ пожарной техники;
- эвакуационные выходы – должно быть предусмотрено достаточное количество выходов, которые должны быть свободны от препятствий;
- системы противопожарной защиты – автоматические системы пожаротушения, сигнализации и оповещения должны быть предусмотрены на всех этажах [4].

Для снижения пожаров необходимо при проектировании жилых многоквартирных домов выполнять требования пожарной безопасности, которые позволят снизить прямой ущерб и количество погибших при пожаре. Но даже при соблюдении требований пожарной безопасности существует вероятность возникновения пожара, так как люди не соблюдают надлежащие правила.

Для решения данной проблемы предлагаются следующие мероприятия:

1. Информирование жильцов – размещать информационные материалы о правилах пожарной безопасности в общих зонах, таких как холлы и лифтовые площадки. Зачастую отсутствуют планы эвакуации, особенно в зданиях старой постройки. Необходимо, чтобы управляющая компания размещала всю необходимую информацию в местах общего пользования.

2. Обучение жильцов – организовать обучение жильцов правилам поведения в случае пожара, а также правилам использования огнетушителей и других средств пожаротушения.

Жилые здания повышенной этажности оснащаются специальными системами противопожарной защиты, для обеспечения безопасности людей при пожарах и их тушения. Для успешного применения указанных систем в случае пожара жители зданий должны знать их назначение, порядок применения и места дистанционного включения.

Необходимо проводить учения по эвакуации жильцов в случае пожара, чтобы каждый знал свои действия. В большинстве случаев обучение не проводится, либо оно осуществляется в рабочее или учебное время, когда большинство жильцов отсутствуют дома.

3. Установка современных систем безопасности – внедрять современные системы автоматического пожаротушения и сигнализации, которые могут быстро реагировать на возгорание.

Степень эффективности обнаружения пожара в здании определяется тремя факторами: пожаром, человеческим фактором и характеристиками здания. Цель пожарной безопасности в жилом здании заключается в предотвращении пожара, сведении к минимуму распространения огня и дыма, а также созданию условий, позволяющих системам пожарной автоматики выполнить эффективную, безотказную работу. Именно применение современных, инновационных систем пожарной безопасности, правильность их выбора, установка и эффективность их работоспособности может помочь решить вопросы обеспечения пожарной безопасности в жилых комплексах [5].

4. Контроль за соблюдением правил – назначить ответственных за соблюдение правил пожарной безопасности и проводить регулярные проверки. Контроль за соблюдением правил пожарной безопасности включает не только назначение ответственных лиц, регулярные проверки и анализ результатов, но и применение мер воздействия в случае выявления нарушений. Одной из таких мер может быть увеличение штрафов за неправильную эксплуатацию.

Анализ пожарной безопасности жилого комплекса показывает, что обеспечение безопасности требует комплексного подхода, включающего проектирование, эксплуатацию и обучение жильцов. Соблюдение нормативных требований и регулярная оценка рисков помогут минимизировать вероятность возникновения пожаров и обеспечить безопасность жизни и здоровья людей. Необходимо привлечь компании, ответственные за эксплуатацию помещений, к решению данных проблем, но важно помнить, что пожарная безопасность – это не только ответственность управляющих компаний, но и самих жильцов, которые должны быть осведомлены и готовы к действиям в экстренных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Исаева, Е.А. Обучение основам пожарной безопасности жителей жилых домов повышенной этажности / Е.А. Исаева, В.И. Попов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – Т. 1. – С. 239-242.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информ.-аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с.
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.
5. Анодченко А.И. Пожарная безопасность многоквартирных жилых домов / А.И. Анодченко // Ломоносов: сборник статей V Международного конкурса молодых учёных, Пенза, 30 ноября 2023 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), Международный центр научного сотрудничества «Наука и Просвещение», 2023. – С. 22-26.

УДК 614.842

А.В. Прищенко, М.А. Васильев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРА И УДЕЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

Основной задачей системы пожарной сигнализации является автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной эвакуации людей в условиях конкретного объекта.

В большинстве случаев при применении АПС защищаемые помещения следует оборудовать дымовыми пожарными извещателями, таким образом принципиальное значение имеет способность пожарного извещателя обнаружить дым в условиях развивающегося пожара. Даже если объект защищен пожарными извещателями другого типа, распространение дыма рассматривается как один из основных факторов риска при эвакуации людей.

Наиболее достоверное представление о чувствительности пожарного извещателя и его способность обнаруживать дым от различных тестовых очагов дают огневые испытания по ГОСТ Р 53325-12 «Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний», которые проводятся в специальном помещении для огневых испытаний.

Для проведения огневых испытаний используют следующие виды тестовых очагов пожара (далее – ТП), обозначаемые ТП-1, ТП-2, ТП-2А, ТП-2Б, ТП-3, ТП-3А, ТП-3Б, ТП-4, ТП-5, ТП-5А, ТП-5Б, ТП-6, ТП-9.

Для оценки чувствительности пожарных извещателей к дыму используются тестовые очаги ТП-2 (ТП-2А), ТП-3 (ТП-3А, ТП-4, ТП-5).

Данные испытания дают объективную оценку эффективности срабатывания пожарных извещателей. Проведение подобных испытаний в условиях реального объекта затруднено или невозможно из-за опасности применения открытого огня и сложности задания параметров тестового очага в зависимости от размеров помещения, профиля потолка и т.д.

В настоящее время с 15 сентября 2021 г. введен в действие ГОСТ Р 59638-2021 «Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».

В данном документе изложено, что применение магнитов, кнопок, переключателей, вставляемых в дымовую камеру ИП предметов (в том числе являющихся частью ИП), показаний аналоговых значений и иных методов, проверяющих только электронные компоненты ИП, не соответствует положениям настоящего стандарта в части контроля

функционирования автоматических ИП, Контроль функционирования автоматических ИП должен подтверждать, что факторы пожара способны достичь чувствительного элемента автоматического ИП из защищаемого пространства, а не только возможность чувствительного элемента (электронного компонента) сформировать сигнал.

Контроль функционирования точечных дымовых ИП осуществляют указанным производителем способом с помощью дыма или аэрозоля, приведенных в технической документации на ИП, с контролем отображения соответствующего тревожного или тестового извещения на ППКП.

В настоящее время имеющиеся приборы и устройства тестирования дымовых пожарных извещателей обеспечивают возможность проверки факта функционирования дымового пожарного извещателя путем точечного воздействия на него облако дымовой аэрозоли. При этом оптические свойства имитирующего дым аэрозоля формирующийся из специального баллончика или путем испарения специальной жидкости не изучены, и их корреляция с тестовыми очагами пожара не производилась.

При этом проведенный контроль функционирования пожарного извещателя, не выполняемый данным способом не вносит изменений в оптическую плотность среды непосредственно в помещении и не дает возможность оценить влияние дыма от реального очага пожара на возможность эвакуации в момент срабатывания извещателя.

В рамках работ по студенческой тематики в инициативном порядке был разработан и предварительно испытан дымогенератор «Кипарис-П (Ст)», способный имитировать дугообразование тестовых очагов пожара по ГОСТ Р 53325-12 в котором используется синтетическое дымообразующее вещество на основе пропиленгликоля. Скорость дымообразования и скорость восходящего воздушного потока задается программным способом.

Пример проведения испытаний АПС на объекте представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Испытания АПС на объекте с помощью дымогенератора «КИПАРИС-П (Ст)»

В связи с тем, что образующийся дым безопасен для человека, комиссия может визуально наблюдать за изменением оптической плотности среды на момент срабатывания пожарных извещателей, оценивать работу СОУЭ, дымоудаления и т.д. на предмет возможной безопасной эвакуации людей, что соответствует базовым требованиям Федерального закона №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Применение данного способа проверки АПС не отменяет необходимость всех других проверок, предусмотренных ГОСТ Р 59638-2021, но в значительной мере расширяет возможности оценки эффективности работы АПС при комплексных испытаниях.

Суть концепции нового подхода комплексных испытаний сводится к тому, что при комплексно проверке работоспособности АПС заключается в том, что в качестве имитатора используется дымогенератор, имитирующий дым тестового очага, предназначенного для проверки пожарных извещателей. С учетом очевидного отличия размеров реальных помещений от комнаты огневых испытаний по ГОСТ Р 53325, корректировки по интенсивности и длительности дымообразования производятся на компьютерного моделирования и внесения соответствующих изменений в программу работы дымогенератора «КИПАРИС-П (Ст)» или аналогичного.

Данный подход актуален и для проверки АПС в случае применения пожарных извещателей другого типа (пламени, тепловых, дымовых).

В любом случае дымогенератор, имитирующий очаг пожара включается в режиме, учитывающим характер пожарной нагрузки. Через промежуток времени, указанный в технической документации, как время реагирования на тестовый очаг при проведении огневых испытаний по ГОСТ Р 53325-12, производится инициация пожарного извещателя рекомендованным способом.

Следует отметить, что успешное срабатывание системы свидетельствует о ее работоспособности в данный момент. Для диагностики сохранения функции работоспособности в условиях влияния мешающих факторов рекомендуется проводить данные испытание при их искусственной имитации (отключение основного электропитания, короткое замыкание, обрыв или ухудшение параметров линии связи, помехи и т.д.).

Повсеместное применение данного подхода позволит визуализировать эффективность работы АПС, исключить случаи ввода в эксплуатацию бракованных изделий, некачественного монтажа или технического обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г. [Электронный ресурс]. // ФГБУ ВНИИПО МЧС России – URL: <https://fireman.club/literature/statistika-pozharov-za-2012-god-pozharyi-i-pozharnaya-bezopasnost-v-2020/> (дата обращения: 05.10.2023).
2. Прищенко А.В., Васильев М.А., Зайцев А.И. Оценка эффективности функционирования световых оповещателей в условиях задымленности на складах силовых структур // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2021. № 3-4(153-154). С. 173-176.
3. Прищенко А.В., Овчаренко М.С. Анализ современного состояния вопроса по обеспечению пожарной безопасности в дошкольных образовательных учреждениях // Вестник Студенческого научного общества. 2019. Т. 2. № 10. С. 101-103.
4. Танклевский Л.Т., Таранцев А.А., Танклевский А.Л. Разработка нормативного документа в части формирования требований к автоматическим установкам сдерживания пожара // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. 2021. С. 363-369.
5. Васильев М.А., Аракчеев А.В., Бабилов И.А., Доронин А.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Сборник научных трудов IX Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург. 2017. С. 205-210.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДАВЛЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ СЖИЖЕННОГО АЗОТА
ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

Цель работы: экспериментальное обоснование применения модификаторов для повышения эффективности порошковых составов при ликвидации аварийных разливов СПГ.

С ростом объема производства и транспортировки сжиженного природного газа (СПГ) возрастают риски возникновения аварий. Аварии, связанные с разливом СПГ представляют наибольшую опасность при производстве, транспортировке и хранении. Сценарии развития аварийных ситуаций на таких объектах включают в себя разлив конденсированного газа, взрывы паровоздушных облаков и пожары пролива. [1, 2].

До настоящего времени не проводилось исследований, оценивающих влияние модификаторов порошковых составов на снижение интенсивности испарения сжиженных газов. Этот пробел обусловил актуальность данного исследования. В его основе лежит гипотеза о том, что снижение интенсивности испарения сжиженных газов возможно за счёт капиллярной конденсации их паров в пористых структурах модифицированных порошковых составов. Исследование направлено на экспериментальное подтверждение гипотезы на примере сжиженного азота.

Объектом исследования стали порошковые составы с добавлением связующих веществ. Перечень и рецептуры составов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Порошковые составы, используемые в исследовании

№ п/п	Наименование порошкового сорбционного состава	Соотношение концентраций порошковых составов к связующим добавкам, %.
1	I	65
2	II	50
3	III	35
4	IV	25

Подготовка порошковых составов осуществлялась путем перемешивания кварца молотого пылевидного и водного раствора силиката натрия (Na_2SiO_3) в различных концентрациях (от 25 до 65 % по массе) при комнатной температуре.

Пылевидный кварц, или маршалит – это природный кварцевый песок в молотом виде до тонкодисперсного состояния. До 80% пылевидного кварца составляют частицы с размером 50 мкм, при этом один грамм маршалита занимает на поверхности 1685 см², а его плотность 2,55 г/см³. Состав и характеристики сырья регламентированы ГОСТ 9077-82.

Исследование интенсивности испарения проводилось по методике, изложенной в [3].

Порошковые составы подавались в металлический контейнер с жидким азотом, который находился в термостатируемой ячейке. Испаряющийся газ свободно рассеивался в объеме ячейки и удалялся естественным путем, без принудительной вентиляции. В течение 60 секунд после подачи составов измеряли изменение массы.

Интенсивность испарения рассчитывалась по формуле (1):

$$W = \frac{\Delta m}{\Delta \tau}, \quad (1)$$

где W – интенсивность испарения жидкого азота, г/м²с; Δm – изменение массы жидкости, г; $\Delta \tau$ – изменение времени, с;

$$\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1, \quad (2)$$

где τ_2 – время окончания эксперимента, с; τ_1 – время начала эксперимента, с;

$$\Delta m = m_1 - m_2, \quad (3)$$

где m_1 – масса жидкости на момент времени τ_1 , г; m_2 – масса жидкости на момент времени τ_2 , г;

По окончании расчетов производился осмотр текстур порошковых составов, образовавшихся в процессе испарения сжиженного азота.

При подаче порошковых составов с наименьшим содержанием связующего вещества (силиката) показатели интенсивности испарения составили 0,97 г/м²·с и 0,59 г/м²·с. В результате образовались очень твердые структуры без полостей. При подаче составов с наибольшим содержанием связующих веществ показатели интенсивности испарения 0,53 г/м²·с и 0,37 г/м²·с, образовались твердые структуры с незначительными полостями и незастывшим составом в среднем слое. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

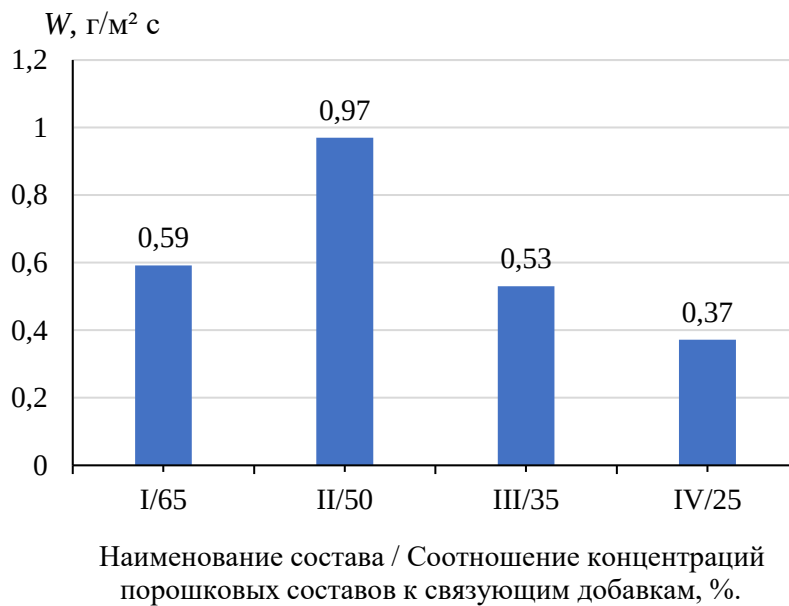


Рис. 1. Гистограмма интерпретации интенсивности испарения сжиженного азота от порошкового состава

Порошковые составы, такие как маршалит, обладают пористой структурой и формируют капиллярные каналы. При расчёте размера пор в маршалите можно использовать уравнение Кельвина, которое описывает зависимость между давлением пара и радиусом пор. [4]. Согласно этому уравнению, размер пор маршалита соответствует диапазону мезопор (от 2 до 50 нм). Эти поры позволяют эффективно захватывать и удерживать молекулы пара сжиженных газов, способствуя их конденсации внутри пористой структуры. Конденсация газа в порах материала снижает скорость испарения. За счет этого улучшается теплоизоляция, поскольку капиллярные силы препятствуют контакту газа с окружающей средой и замедляют теплообмен. Кроме того, пористые структуры способствуют удержанию жидкой фазы.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило гипотезу о возможности снижения интенсивности испарения сжиженных газов за счёт капиллярной конденсации их паров в пористых структурах модифицированных порошковых составов, что приводит к уменьшению испарения благодаря увеличению удержания жидкой фазы. Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований, направленных на оптимизацию состава огнетушащих средств. Это может способствовать разработке более эффективных технологий ликвидации аварийных разливов СПГ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н., Симонова М.А. Обзор крупных аварий на объектах получения и применения сжиженного природного газа: Материалы всероссийской научно-практической конференции // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения, Санкт-Петербург 2018. С. 82–87. – URL: <https://elibrary.ru/byrwhp> (дата обращения: 15.09.2024)
2. Алешков М.В., Молчанов В.П., Бастриков Д.Л., Макаров С.А., Третьяков А.В., Иошенко Д.А. Перспективы научных исследований свойств воздушно-механической пены для локализации и ликвидации горения разливов сжиженного природного газа // Пожары и ЧС, 2022. №1. С. 12–20. электрон. версия. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-nauchnyh-issledovaniy-svoystv-vozdushno-mehanicheskoy-peny-dlya-lokalizatsii-i-likvidatsii-goreniya-razlivov> (дата обращения: 24.10.2024).
3. Guo X., Ye C., Liang X., Pan X., Hua M., Cyril G. S., Yang Q., Godwin Suetor Cyril, Qian Yang, Analysis on the effects of high expansion foam on evaporation rate of the LNG 2nd ed. Elsevier Inc. 2021. 137p. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753521000291> (date of access: 29.09.2024)
4. Товбин Ю.К. Молекулярная теория адсорбции в мезо- и макропорах и уравнение Кельвина / Ю.К. Товбин // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2010. – Т. 46, № 2. – С. 165–169. – EDN LOJLUB
5. Пелех М.Т., Симонова М.А. Особенности локализации и ликвидации пожаров на складах СУГ и СПГ в районах Крайнего Севера // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. № 2. С. 216–221. электрон. версия. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46201653> (дата обращения: 29.10.2024).

УДК 331.45

А.А. Сажин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА АВАРИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Цель работы – разработка программного комплекса автоматизированного анализа риска аварий, описание компонентов, основных принципов и методик расчета, используемых при создании программного комплекса, проверка достоверности результатов расчета на примере объекта нефтепродуктообеспечения.

Актуальность разработки программного комплекса автоматизированного расчета основных показателей риска обусловлена в первую очередь, экономической эффективностью, также развитием информационных технологий, аналитических принципов и методик. Помимо этого, нормативно-правовые акты требуют от организаций разработку деклараций промышленной безопасности для объектов чрезвычайно-высокой опасности и высокой опасности, в которой в расчетно-пояснительной записке есть пункт «Анализ риска аварий», а такой программный комплекс автоматизированного расчета может тотально упростить и в разы ускорить процесс формирования расчетно-пояснительной записки [1]. Также автоматизированный расчет позволяет экономить временные и трудовые ресурсы и дает возможность снять с работника, проводящего расчеты высокую ответственность, которая обусловлена возможными серьезными последствиями при совершении ошибки в результате сложных расчетов [1].

Конкуренты, предлагающие свои программные комплексы по автоматизированному расчету риска аварий, заявляют высокую стоимость за использование своих продуктов, что делает невозможным использование их услуг большей частью потенциальных покупателей. Таким образом, такой программный комплекс является необходимым инструментом в

обеспечении безопасности на опасных производственных объектах, таких как предприятия нефтепродуктообеспечения [2].

Программный комплекс разрабатывается по принципу удобства его использования и для расчета риска необходим только ввод данных, характеризующих объект нефтепродуктообеспечения, а при выдаче предоставляет результаты сразу в корректном виде, не требуя дополнительных и уточняющих значений, что позволяет использование программного комплекса человеком без особых знаний по вычислению риска аварии.

При разработке программного комплекса автоматизированного расчета риска аварий в первую очередь следует проанализировать существующие методики расчета риска аварий, выделить их достоинства, преимущества, а также отметить их недостатки. Методы оценки риска разделяют на качественные и на количественные. Качественная оценка риска аварий подразумевает под собой предупреждение критической ситуации, а также разработку технических решений направленных на снижение возможных последствий риска, при этом с использованием графических форм представления. Количественная оценка риска в свою очередь определяет риск численными показателями, такими как коллективный риск, социальный риск, материальный риск и возможный ущерб [3–4].

В дальнейшем производится разработка программного комплекса, которая включает в себя такие пункты:

1. Разработка и утверждение пользовательского интерфейса.
2. Создание функционала, доступного пользователю для взаимодействия с программным комплексом и заданием дополнительных параметров, объектов и оборудования.
3. Архитектура программного комплекса.
4. Алгоритмы расчета рисков аварий, определенные по выбранным методикам и классам [2–4].
5. Описание вводимых и выводимых данных для каждого конкретного метода и класса
6. Создание программного кода, отвечающего критериям проекта.

На заключительной стадии разработки проходят испытания программы, на которых происходит исправление найденных ошибок, максимальная оптимизация программного кода для его быстрой работы.

В рамках расчета риска аварий железнодорожным транспортом такой комплекс является важным шагом в повышении безопасности этой отрасли. Программный комплекс позволит автоматизировать процесс расчета показателей риска и, возможно, позволит проводить его в реальном времени с помощью инструментов управления и мониторинга, а также представлять зоны действия поражающих факторов на карте местности.

Одной из подцелей разработки программного комплекса автоматизированного расчета риска аварий является рассмотрение вопроса интеграции возможностей Building Information Modeling (далее BIM) в программный комплекс по расчету риска аварий или их совместное использование [1]. BIM проект включает в себя данные информационной модели сооружения, а конкретно данные о использованных материалах, характеристики технического оборудования и деталей, которые привязанные к конкретным объектам зданий и/или сооружений, таких как стены, крыши, и другие конструкции. При расчете основных показателей риска использование всех уникальных данных BIM моделей позволит в несколько раз увеличить точность расчетов. По результатам расчета и анализа основных показателей риска аварий в одной из программ BIM моделирования можно визуализировать в трехмерном пространстве различные сценарии рассчитанных аварий для более конкретного представления возможных последствий. Также BIM технологии подразумевают информацию об объекте на всех этапах его жизни, что в совокупности с использованием программного комплекса автоматизированного расчета основных показателей риска позволит следить за параметрами

риска на всех стадиях постройки и дальнейшей эксплуатации объекта [1]. Таким образом, совместное использование программного комплекса расчета риска аварий и BIM технологий является перспективным и может значительно повысить безопасность.

Заключительный этап разработки программного комплекса автоматизированного расчета основных показателей риска – это тестирование и представление проделанной работы на конкретном объекте нефтепродуктообеспечения [2]. В результате обращения к автоматизированному программному комплексу пользователю должен быть представлен корректно сформированный отчет, представленный в подписанных таблицах, содержащих основные показатели риска аварии [4], параметры, введенные пользователем, а также графическое представление потенциального территориального риска и зон с распределениями потенциального риска аварий [5] в двухмерном пространстве и в трехмерном пространстве, в случае использования в качестве входных данных BIM модель объекта нефтепродуктообеспечения. Разработка программного комплекса автоматизированного расчета основных показателей риска аварий для объектов нефтепродуктообеспечения является необходимым шагом к стратегическому и устойчивому развитию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
2. Приказ Ростехнадзора от 28.11.2022 N 411 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей»
3. Бызов А.П., Ефремов С.В., Писарев С.Н. Управление техносферной безопасностью: учебное пособие. – СПб.: СПбПУ, 2021. – 68 с.
4. Приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».
5. ГОСТ 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов.
6. Хоменко А.О. Промышленная безопасность. Электронный образовательный текстовый ресурс. – Екатеринбург.: УФУ, 2018. – 784 с.
7. Приказ Ростехнадзора от 20.01.2017 № 20 «Об утверждении руководства по безопасности при транспортировании опасных веществ на опасных производственных объектах железнодорожными и автомобильными транспортными средствами»

УДК 699.814

С.А. Симаков, М.В. Гравит

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗОНА КАК ЭФФЕКТИВНОЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ АПАРТ-ОТЕЛЯ

Цель работы: проектирование противопожарной зоны как эффективного объемно-планировочного решения для обеспечения безопасности в высотном здании апарта-отеля.

Задачи исследования: анализ научной литературы, отображающей использование этажей-убежищ в высотных зданиях, разработка цифровой модели высотного здания в «Сигма ПБ», выбор и анализ наиболее опасного и вероятного развития сценария развития пожара при эвакуации, разработка рекомендаций по проектированию этажей-убежищ в высотных зданиях.

На протяжении всего XXI века во многих странах мира зарегистрировано порядка 50 крупных пожаров в высотных зданиях и небоскрёбах, высота которых превышает 100 м

(например пожар в Останкинской телебашне в 2000 г. и пожар в башне Риверкот в США в 2022 г.). Такие масштабные пожары, как правило, сопровождались большим количеством пострадавших и погибших, а также огромными материальными потерями. Исходя из этого, сейчас становится крайне актуальным исследование различных объёмно-планировочных и инженерных решений, уменьшающих возникновение и распространение опасных факторов пожара для высотных зданий.

Одним из способов борьбы с распространением опасных факторов пожара (ОФП) в высотном здании может служить использование этажей-убежищ. Данное решение предполагает создание отдельного этажа безопасности в высотном здании, находящегося на стыке его пожарных отсеков. Он будет использоваться людьми с более верхних этажей, чтобы не создавать большое скопление людей в лестничных клетках и для более равномерного распределения эвакуационных потоков людей. Для людей на этаже-убежище будут созданы комфортные условия, которые позволят им длительное время находиться в безопасности. Дальнейшая эвакуация с этого этажа будет производиться с помощью лифтов, которые в случае возникновения пожара будут работать в режиме, в котором между собой будут связаны исключительно первый этаж и этаж безопасности. Это заметно снизит временные потери на промежуточные остановки лифтов на других этажах.

Довольно известным примером применения такого подхода к эвакуации является Международный конференц-центр на реке Янцзы (Китай) [1]. При вероятном возникновении пожара предполагается реализация поэтапная эвакуация людей из здания. Для эффективной организации эвакуации здание разделено на три отдельные зоны (рис. 1). Зону А, включающую конференц-залы, многофункциональные залы и различные функциональные зоны обслуживания и отдыха людей составляют 1–7 этажи. Зона В охватывает этажи с 9 по 19 и расположена в центре между двумя этажами-убежищами. В основном он состоит из этажей стандартных номеров. Наконец, зона С охватывает этажи с 21 по 34, состоящие из стандартных номеров и помещений для оборудования. Лицам, находящимся в зонах В и С, предписывается пройти в назначенные им комнаты-убежища на отведённом для них этаже-убежище, где они будут ожидать спасения на лифте. В результате исследований специалисты в статье [1] приходят к выводу, что использование этажей-убежищ наиболее эффективно показывает себя как раз в зданиях, имеющих тип гостиниц, отелей и т.д., так как в ночной и вечерний период наибольшее число людей в здании расположены в верхних зонах В и С (в своих номерах) и наиболее удалены от привычного пути эвакуации через первый этаж. Приведённая схема эвакуации в ночной период позволила сократить время эвакуации с 1500 до 724 с.

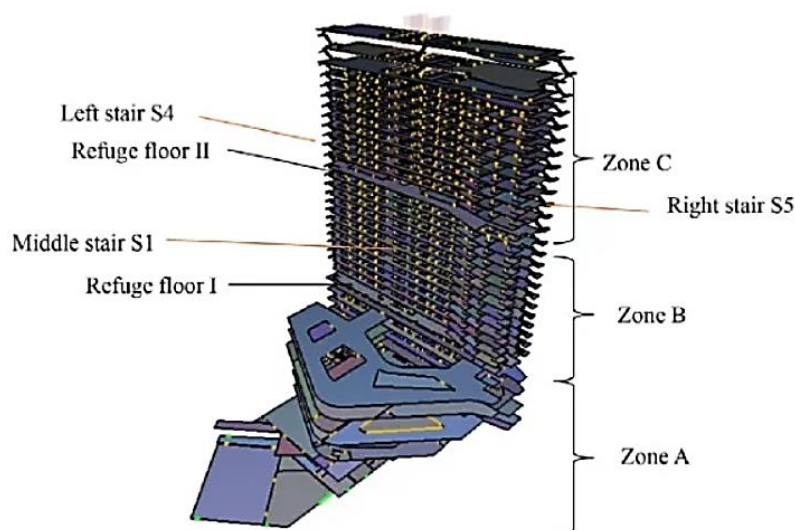


Рис. 1. Разделение зон и нумерация Международного конференц-центра реки Янцзы

После исследования зарубежной практики применения подобных решений, выявлен целый ряд преимуществ этажей-убежищ в высотных зданиях. Во-первых, они позволяют защитить раненых, а также людей с ограниченными возможностями и сформировать безопасную зону отдыха для них [2]. Во-вторых, этаж-убежище в значительной степени препятствует распространению пожара на находящиеся над ним этажи здания в случае, если очаг возгорания находится под ним. В-третьих, для пожарных подразделений высвобождается значительная часть времени на непосредственную борьбу с источником возгорания вместо спасения людей и оказания им первой помощи [3].

В обычный (не связанный с возникновением пожара) период работы здания этаж-убежище может быть использован как выставочный зал, танцевальный клуб или любое другое помещение, в котором остаётся большое количество свободного пространства, что позволит обеспечить эффективное использование площади апарт-отеля и снизить невыгодность для застройщиков вследствие потери финансовых средств при их постройке.

Для реализации данного способа эвакуации выбран программный комплекс (ПК) «Сигма ПБ» [3], поскольку он позволяет одновременно как осуществить расчёт эвакуации с последующей визуализацией её результатов, так и рассчитать распространение опасных факторов пожара (ОФП) [4]. Также после расчёта эвакуации и распространения ОФП в программе доступен подробный анализ всех слабых мест сценариев, что наиболее соответствует цели исследования. Модель здания, разработанная в ПК, представлена на рис. 2,а.

Этаж безопасности расположен на высоте 46,2 м (12 этаж) относительно уровня пола первого этажа, площадь этажа составляет 1702 м², состоит из двух помещений, отделённых между собой противопожарной стенкой с пределом огнестойкости REI150 [5] и связанных с лестнично-лифтовым узлом (ЛЛУ) через дверные проёмы. Стены лестнично-лифтового узла ЛЛУ выполнены из железобетона толщиной 200 мм. ЛЛУ включают в себя 2 лестничные клетки типа Н2 и Н2+Н3, 4 противопожарных лифта, имеющих габариты 2,6×2,3 м (по контуру лифтовой шахты), грузоподъёмность 1600 кг и скорость 4 м/с. Этаж-убежище отделён от других этажей перекрытиями, имеющими предел огнестойкости REI 150. Этаж представлен на рис. 2,б, красными линиями показана связь помещений или отдельных блоков внутри помещения между собой.

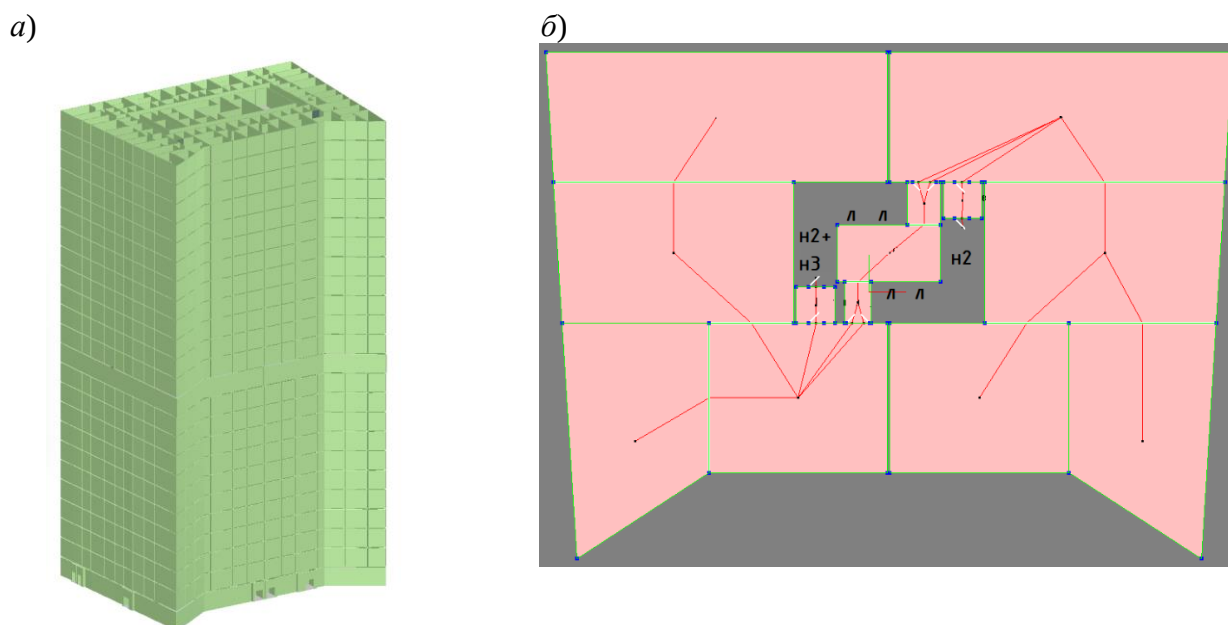


Рис. 2. Модель: а – модель здания в ПК «Сигма ПБ»; б – план этажа-убежища в ПК «Сигма»

В ходе проведения научно-исследовательской работы предполагается рассмотреть несколько сценариев развития пожара, отличающихся соотношением в количестве людей, эвакуирующихся с использованием этажа безопасности и с помощью исключительно лестниц. Кроме того, будет выявлено, как влияет близость очага возникновения пожара к ЛПУ на скорость эвакуации.

В результате применение противопожарной зоны как эффективного объемно-планировочного решения в дальнейшем может быть использовано как основа для внедрения данной системы в России для высотных multifunctional зданий с целью обеспечения безопасности при эвакуации людей во время пожара, в том числе и на законодательном уровне.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zheng Yan, Ying Wang, Longxiao Chao and Jian Guo. Study on Evacuation Strategy of Commercial High-Rise Building under Fire Based on FDSandPathfinder // CMES, 2024, с.138 – 2024 г.
2. Золотухин М.М., Кузовлёв А.В. Способ обеспечения пожарной безопасности высотных зданий // Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2014 г.
3. Kirik E., Malyshev, A., Senashova, M. «On the evacuation module sigmaeva based on a discrete-continuous pedestrian dynamics model» // Lecture Notes in Computer Science – 2016.
4. Пешкова А.А. Сравнительный анализ программных комплексов для расчета пожарных рисков как метода обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности // Журнал: «Молодой учёный №18» – 2024.
5. СП 477.1325800.2020. Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности.

УДК 614.8

Г.К. Симонов, Я.А. Попова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ АВТОЦИСТЕРН, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы – разработать структуру программного модуля оценки потенциального пожарного риска для автоцистерн, осуществляющих транспортирование пожаровзрывоопасных веществ для его реализации на языке C#.

Расчет показателей пожарного риска является одним из возможных подходов для выявления зон с повышенной опасностью поражения человека при транспортировании пожаровзрывоопасных веществ автомобильным транспортом. На основании такой оценки можно выявить наиболее уязвимые для поражения места расположения объектов, находящихся в селитебной зоне недалеко от автомобильной дороги. Полученные величины пожарного риска являются количественной мерой вероятности развития пожарной опасности объекта и ее последствий для людей. Расчет потенциального пожарного риска на автомобильной дороге, а также в селитебной зоне является промежуточной величиной для дальнейшего вычисления индивидуального и социального рисков, которые в свою очередь характеризуют вероятность гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара вследствие аварии на автомобильной дороге [1].

Оценка пожарного риска выполняется в соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС России от 14 ноября 2022 г. №1140, или методикой определения расчетных величин пожарного риска на

производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 26 июня 2024 г. №533 [2]. Автоцистерна с пожаровзрывоопасным веществом не является ни зданием/сооружением, ни производственным объектом, но при этом относится к объектам защиты, согласно определению «объекта защиты», в соответствии с Федеральным законом №123-ФЗ [3]. Анализ имеющегося на сегодняшний день методического аппарата показал отсутствие единых подходов к оценке величин пожарного риска при транспортировке пожаровзрывоопасных веществ автомобильным транспортом. Метод оценки потенциального пожарного риска для участков транспортировки на автоцистернах был предложен в исследовании [4], суть которого в расчете потенциального риска как суммы вкладов от всех последовательных элементарных отрезков пути, по которому следует автоцистерна.

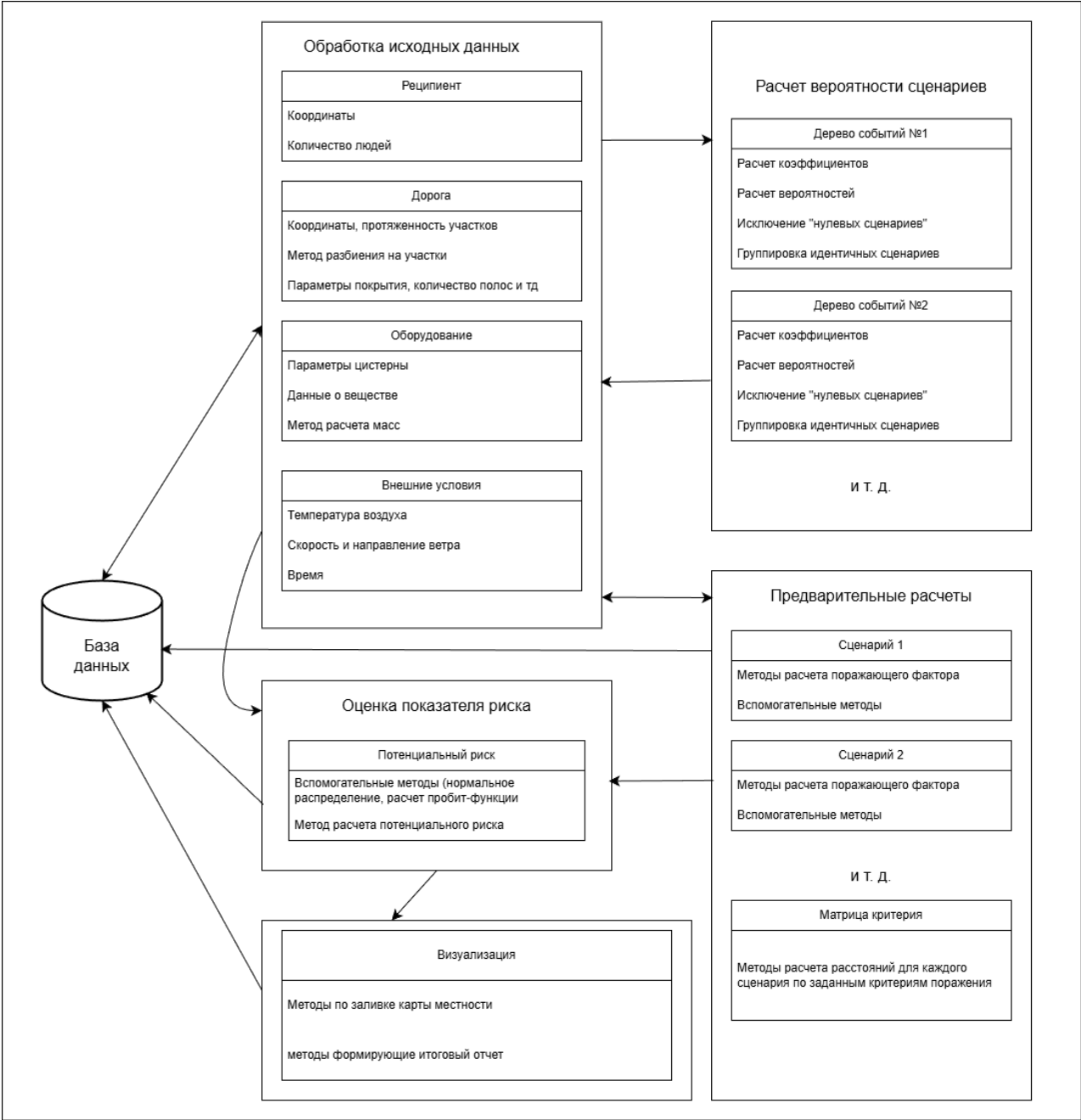


Рис. 1. Структура программного модуля для оценки потенциального риска для участков транспортирования опасных веществ автомобильным транспортом

На основе данного метода в рамках работы требуется разработать структуру программного модуля оценки потенциального риска для дальнейшей его разработки при помощи объектно-ориентированного программирования. Структурно программный модуль будет поделен на 5 тематических групп блоков.

Первая группа – «обработка исходных данных». В данной группе несколько блоков которые реализуют получение величин и параметров из базы данных и непосредственно от пользователя с последующим созданием ключевых для работы программы объектов – точка (или точки), для которой производится расчет, дорога, оборудование и объект с иными внешними условиями, требуемыми для решения поставленной задачи. Класс «точка расчета» создает объект, который хранит данные о месторасположении. Класс «дорога» реализует объект, хранящий в себе данные о маршруте автоцистерны, и метод разбиения пути на элементарные участки, путем определения узловых точек маршрута. Класс «оборудование» создает объект с характеристиками и параметрами цистерны, требуемыми для расчета, а также данные вещества, перевозимого в ней. Объект с иными внешними условиями хранит в себе величины, полученные из базы данных, таких как метеорологические условия. Структура программного модуля для оценки потенциального риска для участков транспортирования опасных веществ автомобильным транспортом приведена на рисунке 1.

Вторая группа – «расчет вероятности сценариев». Содержит в себе несколько классов, представляющих собой адаптированные версии деревьев событий, взятых из приказа № 411 Ростехнадзора [5]. В них реализованы методы расчета коэффициентов, требуемых для расчета вероятности того или иного сценария исходя из данных о используемом оборудовании, полученных благодаря первой группе. А также методы расчета итоговых вероятностей, включающие в себя исключение «нулевых» сценариев, и группировку идентичных сценариев. После чего передается полученный массив вероятностей каждого сценария в соответствующие поля параметров «Оборудования».

Третья группа – блок «предварительных расчетов». Классы данной группы написаны для каждого типового сценария, таких как, пожар пролива, взрыв топливно-воздушной смеси, пожар-вспышка, пролив, содержит методы по расчету расстояний для определенного критерия поражения (прямая и обратные задачи, некоторые вспомогательные методы), и класс, который собирает все полученные данные в сгруппированные массивы данных (матрица критерия), которые отправляются в соответствующие поля-параметры «Оборудования».

Четвертая группа – «оценка показателя риска». Класс, собирающий все данные воедино для итогового расчета потенциального риска. Данные отправляются в базу данных, и на вход в следующую группу для последующего формирования готового отчета.

Пятая группа – «визуализация». Группа классов на основе расчетов определяет цвет заливки градиента потенциального риска и окрашивает карту местности в соответствии с ним. Выгружает итоговый отчет о потенциальном риске.

Был проведен анализ существующего методического аппарата для поиска подходящего метода расчета потенциального пожарного риска для автоцистерны. На основе проанализированного метода была разработана структура программного модуля, для дальнейшей его реализации на языке C#.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: утв. приказом МЧС России от 26.06.2024 года № 533 //КонсультантПлюс: информационная сеть. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_485176/ (дата обращения: 20.02.2025 г.)

3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 №123-ФЗ.

4. Бызов А.П., Попова Я.А. Методы оценки и способы снижения индивидуального пожарного риска при транспортировании пожаровзрывоопасных веществ автомобильным транспортом // Науч.-аналит. журн. «Вестник СПУГПС МЧС России». 2024. № 4. С. 30–41. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-4-30-41.

5. Приказ Ростехнадзора от 28.11.2022 №411 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей»».

УДК 614.8

М.Р. Тазиев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ОЦЕНКИ РИСКА ПОРАЖЕНИЯ ОСКОЛКАМИ ПРИ АВАРИИ BLEVE

Актуальность. При взрыве BLEVE рост давления в сосуде с сжиженным газом или жидкостью под воздействием высокой температуры сопровождается потерей прочности не смачиваемой металлической части резервуара вплоть до разрушения и разгерметизации.

Авария BLEVE является одной из наиболее опасных для объектов нефтегазового комплекса, так как всегда сопровождается разлетом осколков оболочки сосуда [1].

Попадание этих осколков в соседние объекты часто приводят к эскалации аварии по принципу «домино». Осколки же являются причиной большинства смертей при авариях данного типа [2].

Рекомендации по расчету вероятности поражения осколками при разрушении резервуара или трубопровода содержатся в Приложениях N 8 Методик [3, 4]. Первая Методика позволяет провести расчет оборудования с газом под давлением, а вторая содержит дополнение для неё, позволяющее проводить расчеты и для жидкостей.

В математическом аппарате данных методик не описана область ограничения модели. Отсутствуют как физическая модель, на которой основана методология, так и ограничения по исходным данным, откуда вытекают следующие неточности:

1. Обе методики предполагают, что масса m и угол вылета осколка носит случайный характер. Также предполагается, что при разрушении наземного оборудования образуется 10 и более фрагментов. Рекомендаций по верхнему ограничению количества или статистические данные документы [3, 4] не содержат. Нет рекомендаций и для задания средней массы осколка.

2. В таблицах 1 методик приведены формулы для расчета скорости первичных осколков для разных типов аварийных элементов, в том числе для наземных цилиндрических сосудов. Сосуды такого типа могут быть вертикальными и горизонтальными, differing по конструкции и характеристиками. В данной методике такого различия не делается.

3. В методике [4] приведена формула для расчета температуры жидкости в сосуде с учетом предохранительного клапана. Для величины давления срабатывания клапана не приведена размерность, что делает её использование невозможным.

Цель работы. В рамках данной работы были уточнены и дополнены некоторые аспекты данных методик, а также проведена апробация предложенный нововведений с использованием программного комплекса.

Методы исследования. Дополнения к данным методикам были найдены с использованием научной и методической литературы, посвящённой проблематике оценки риска взрывов BLEVE, а для проверки результатов в среде разработки Visual Studio был создан программный комплекс, позволяющий проводить расчет риска поражения осколками согласно методикам из приказов Ростехнадзора с дополнениями, описанными далее.

Результаты. Рекомендации по определению количества и средней массы осколков содержатся в ряде документов.

В руководстве Центра по безопасности химических процессов (CCPS) [5] приведена формула (1), выведенная Холденом и Ривсом на основе анализа последствий аварии, случившейся на терминале компании PEMEX в Мехико сити в 1984 г.:

$$N_{\text{оск}} = -3,77 + 0,0096V_{\text{рез}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{оск}}$ – число осколков; $V_{\text{рез}}$ – объем сосуда, м³.

Формула применима для сосудов объемом от 700 до 2500 м³.

В руководстве отмечается, что в среднем при взрыве образуется от 2 до 10 осколков, при этом для сферических сосудов характерен равномерный разлет фрагментов во все стороны, а при взрыве цилиндрических фрагменты летят в основном в направлении оси сосуда.

В то же время в методике [6] при взрыве цилиндрических сосудов прогнозируется от 2 до 3 осколков, а для сферических – от 10 до 20.

Если же коснуться вопроса о разнице между горизонтальными и вертикальными цилиндрическими резервуарами, то первые должны выдерживать давление в 40 кПа, а вторые – только 2 кПа [7]. Таким образом горизонтальный резервуар способен выдерживать давление, при котором вертикальный резервуар развалится ещё до создания условий для взрыва BLEVE.

Апробация. Созданный программный комплекс позволяет проводить расчеты для цилиндрических и сферических сосудов с жидкостью или сжатым газом. Для расчета плотности распределения вероятности были использованы результаты анализа из [8]. Проверка результатов проводилась для вертикального стального резервуара объемом 1000 м³ и массой 21,5 т. В соответствии с РБ-Г-05-039-96 и [6] средняя масса осколков определялась по формуле (2):

$$M_{\text{оск}} = M_{\text{об}}/N_{\text{оск}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{оск}}$ – средняя масса осколка; $M_{\text{об}}$ – масса оболочки сосуда; $N_{\text{оск}}$ – число осколков.

Результаты расчета представлены на рисунке 1.

Программа для расчета поражения осколками при BLEVE

Расчет вероятности поражения осколками при взрыве BLEVE

Параметры резервуара

Цилиндр Форма резервуара

Жидкость Тип вещества

1000 Объем резервуара, м3

21500 Масса оболочки, кг

7800 Плотность металла оболочки, кг/м3

Параметры газа

5,96 Избыточное давление, атм

Кэф. сопротивления осколка

2

Результаты

Расчет числа осколков

5,83 Число осколков

Расчет массы осколков

3687,82161234991 Масса осколков

Расчет энергии взрыва

10200000000 Эф. энергия взрыва, Дж

Расчет скорости для Жидкости

644,900437839150 Скорость для жидкости

Расчет скорости для СУГ

218,155844156295 Скорость для СУГ

Расчет параметров полета осколка

0,60720278026411 Площадь ср. миделя, м2

0,11938192334409 Параметр W

8096,61644180404 Макс. дальность, м

0,00617541912222 Норм. дальность, м

0,06247158326733 Функция плотности вероятности

Параметры жидкости (задан АИ-95)

0,5 Доля энергии, ставшей механической

2000 Удельная теплоемкость, Дж/кг*К

0,8 Коэф. заполнения

750 Плотность, кг/м3

50 Температура, К

33 Температура кипения, К

Параметры мишени

5 Радиус мишени, м

12 Высота мишени, м

50 Расстояние от взрыва, м

100 Выделенная площадь, м2

Расчет вероятности поражения мишени

3,848927362902037E-06

Расчет вероятности поражения площади

2,4560040237146884E-06

Программа для расчета поражения осколками при BLEVE

Расчет вероятности поражения осколками при взрыве BLEVE

Параметры резервуара

Цилиндр Форма резервуара

Жидкость Тип вещества

1000 Объем резервуара, м3

21500 Масса оболочки, кг

7800 Плотность металла оболочки, кг/м3

Параметры газа

5,96 Избыточное давление, атм

Кэф. сопротивления осколка

2

Результаты

Расчет числа осколков

10 Число осколков

Расчет массы осколков

2150 Масса осколков

Расчет энергии взрыва

10200000000 Эф. энергия взрыва, Дж

Расчет скорости для Жидкости

644,900437839150 Скорость для жидкости

Расчет скорости для СУГ

218,155844156295 Скорость для СУГ

Расчет параметров полета осколка

0,42390545853070 Площадь ср. миделя, м2

0,09969465361242 Параметр W

7118,97496949749 Макс. дальность, м

0,00702348304553 Норм. дальность, м

0,06664596571116 Функция плотности вероятности

Параметры жидкости (задан АИ-95)

0,5 Доля энергии, ставшей механической

2000 Удельная теплоемкость, Дж/кг*К

0,8 Коэф. заполнения

750 Плотность, кг/м3

50 Температура, К

33 Температура кипения, К

Параметры мишени

5 Радиус мишени, м

12 Высота мишени, м

50 Расстояние от взрыва, м

100 Выделенная площадь, м2

Расчет вероятности поражения мишени

4,480125470166682E-06

Расчет вероятности поражения площади

2,9799331857502315E-06

Рис. 1. Результаты расчета с использованием программного комплекса

Результаты. Для расчета слева количество осколков было рассчитано по формуле (1), а правого была задана минимальная для методики величина осколков в 10 штук. Во втором случае вероятность поражения мишени оказалась выше в 1,16 раза. Для шарового резервуара объемов 2000 м³ МПа массой 104 т число осколков равно 15,43, масса каждого 8684 кг, а для аналогичного резервуара объемом 600 м³ и массой 46 т образовывалось 2 осколка массой более 20 т каждый.

Достоверность результатов сомнительна из-за уже упомянутой неопределенности, связанной с цилиндрическими резервуарами, оценки числа осколков западных методик [5] и [6] противоречат друг другу, формула (1) ограничена в применении, а её результаты в некоторых случаях противоречат допущениям методик Ростехнадзора. Кроме того, если в СТО Газпром 2-2,3-400-2009 [9] приведены статистические данные по количеству осколков и их средней массе для трубопроводов, то для сосудов таких данных недостаточно.

Важно отметить, что методика [3] никак не затрагивает вопрос направления полета осколков. Область разлета осколков можно описать, как круг, а вероятность полета осколка в определенном направлении рассчитывать по формуле (3):

$$P_{\text{оск}} = N_{\text{оск}}/360, \quad (3)$$

где $P_{\text{оск}}$ – вероятность полета осколка в заданном направлении; $N_{\text{оск}}$ – число осколков.

Формула (3) применима для такой маленькой цели, как человек, но для значительно большего объекта придется рассчитывать часть сектора, которую занимает объект с учетом расстояния от места взрыва, а также дальности полета осколков. Кроме того, использование данной формулы делает вопрос количества образующихся осколков ещё более актуальным, а для горизонтальных резервуаров необходимо будет учесть направление оси, в котором осколки полетят вероятнее всего [5].

Выводы. Из вышесказанного следует, что текущая методология оценки риска поражения осколками при взрыве BLEVE сопряжена с белыми пятнами как в самой методологии, так в определении наиболее важных входных параметров для неё, а актуальность проблемы не оставляет сомнений в необходимости её дальнейшего совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Abbasi Tasneem, Abbasi S.A. The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management Journal of Hazardous Materials. – 2007. – No. 141. – P. 489–519.
2. Grossel, S.S. (2001). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis: 2nd Edition. Journal of Loss Prevention in The Process Industries, 14(5), 438–439. [https://doi.org/10.1016/S0950-4230\(01\)00002-X](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(01)00002-X)
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2022 г. № 454 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа» [Электронный ресурс] URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1024145468> (дата обращения 28.02.2025)
4. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 февраля 2023 г. № 69 «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах» [Электронный ресурс] URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1024145490> (дата обращения 28.02.2025)
5. CCPS. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. – 2-nd. ed. – New York: AIChE, 2000. – 744 p.
6. CPR-14E. Methods for the calculation of Physical Effects. Yellow book. – 3-rd. ed. – Hague: VROM, 2005.
7. Колесников Е.Ю. О модельной неопределенности пожарного риска наземного резервуара с бензином // Пожаровзрывобезопасность. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-modelnoy-neopredelennosti-pozharnogo-riska-nazemnogo-rezervuara-s-benzinom> (дата обращения: 17.02.2025).
8. Колесников Е.Ю., Коренькова А.М., Румянцева Н.В. Сравнение последствий воздействия поражающих факторов сценариев эскалации аварии на резервуаре с жидким сероводородом. Проблемы анализа риска. 2023;20(6):40–57.
9. Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром» стандарт организации СТО Газпром 2-2,3-400-2009 : введен впервые : введен 2010-06-22 / Открытое Акционерное Общество «Газпром». – М: ОАО «Газпром», 2010. – 361 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА ДЛЯ ВЕЩЕСТВ,
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ВОДОЙ СО ВЗРЫВОМ ИЛИ ГОРЕНИЕМ

Для проведения категорирования помещений и наружных установок в некоторых случаях требуется расчет такого параметра, как избыточное давление взрыва. В зависимости от него помещение или установка будет отнесена к той или иной категории, и соответственно будут применяться разные требования обеспечения пожарной безопасности.

Полная методика расчета избыточного давления взрыва представлена в СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». В данном нормативном документе дается расчет избыточного давления взрыва для:

1. Горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

2. Горючих пылей:

– для смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли

– веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом с образованием волн давления.

Рассматривая данные алгоритмы расчета стоит обратить внимание на группу веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом с образованием волн давления. В СП 12.13130 нам представлена лишь формула избыточного давления для данных веществ и материалов, и значения некоторых коэффициентов. Химические реакции с водой для данных веществ могут протекать различными процессами горения и взрыва, например, с выделением взрывчатого вещества или же просто тепла. Отсюда возникают вопросы «Как найти массу вещества, участвующего во взрыве? Как найти количество выделившегося тепла?»

В работе основной задачей являлось выделение основных группы протекания процессов горения и взрыва для дальнейшего составления алгоритма расчета избыточного давления по каждой группе.

В данной работе рассматриваются особенности протекания процессов и горения веществ при взаимодействии с водой. На основе перечня веществ и материалов, при тушении которых опасно применять воду и другие огнетушащие вещества на основе воды, выделяются основные сценарии протекания реакций.

Для начала определимся с определением рассматриваемых веществ. Определение такому явлению веществ представлено, например, в книжке Саушева В.С. «Пожарная безопасность хранения химических веществ». Оно звучит следующим образом: «Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой и другими веществами – явление, при котором источником зажигания служит тепловое проявление химической реакции, а горючим веществом является как исходное вещество, так и продукты его взаимодействия с водой или другим веществом».

Можно выделить следующие возможные протекания реакции:

Первый вариант протекания реакции происходит с выделением большего количества тепла. Примером такой реакции является взаимодействие негашеной извести с водой. Реакция проходит очень бурно. Такие реакции называют экзотермическими. Однако такие реакции могут протекать в виде взрыва, если количества выделившейся энергии очень большое, или же просто в виде разогревания как, например, натрий сернистый, который сильно разогревается до 400°. Однако даже такое разогревания очень опасно, т.к. может вызвать возгорание рядом находящихся горючих веществ.

Второй возможный вариант протекания процессов горения и взрыва происходит с веществами, упомянутыми в таком документе как ДОПОГ. Данная группа получила номер 4.3. Наиболее яркими и популярными представителями таких веществ являются щелочные металлы и их различные соединения. Исходя из названия группы, можно сказать, что процесс взаимодействия с водой происходит с выделением воспламеняющихся газов. В процессе горения и взрыва участвует непосредственно выделяющийся газ, например, водород или его соединения. Но, как правило, такие реакции являются ионными реакциями, которые также могут быть реакциями соединения. В свою очередь, реакции соединения являются экзотермическими. И хотя количество выделяемой энергии может быть недостаточно большим для взрывообразной волны, но ее может быть достаточно для нагрева выделяющегося взрывоопасного газа, что, соответственно, может привести к взрыву этого самого газа. Например, титан и его сплавы с водой выделяют большое количество тепла и помимо этого, разлагают воду на водород и кислород.

Третий вариант схож со вторым, однако выделяется не газ, а иное взрывоопасное вещество в виде, например, жидкости. Так, например, гидросульфит натрия с водой выделит серу, а перекись натрия с холодной водой выделит перекись водорода, что в свою очередь уже может привести к опасному развитию аварии. Однако с горячей водой, пероксид натрия уже выделит кислород, а не перекись водорода.

Ну и четвертый вариант, когда вещество очень чувствительно к внешним воздействиям. Наиболее яркими представителями таких веществ являются гремучая ртуть и нитроглицерин. Одного удара струи достаточно, чтобы произошел взрыв. Происходит это из-за резкого сжатия части вещества. При стремительном и сильном сжатии вещество нагревается, что приводит к химической реакции, сопровождающейся выделением большого количества энергии и образованием газообразных продуктов.

Таким образом можно выделить четыре группы протекания реакций горения и взрыва при взаимодействии с водой. Понимая природу процессов горения и взрыва, необходимо разработать алгоритм расчета избыточного давления взрыва для данных веществ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: утвержден Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 (ред. от 09.12.2010) Об утверждении свода правил Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (вместе с СП 12.13130.2009...): введен 01.05.2009. – Москва: МЧС РФ, 2009. – 33с. (с изм. от 10.02.2021)
2. Организация Объединенных Наций (ООН). Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ). Том 1. / Организация Объединенных Наций. – Нью-Йорк и Женева: 01.01.2017. – 804 с.
3. Клячин С.И. Теория горения и взрыва. Часть 2. Взрывы и взрывчатые вещества: учебное пособие / С.И. Клячин. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2020. – 144с.
4. Саушев В.С. Пожарная безопасность хранения химических веществ. – М.: Стройиздат, 1982. – 128 с.
5. Справочник начальника караула ПЧ [Электронный ресурс]: сайт. – URL: https://sibpsa.ru/innovation/sprav_2021/pages/7-tush/index_tushenie2-2.html (дата обращения 17.02.2025)
6. Acetyl [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://acetyl.ru/o/ncalol1.php> (дата обращения 17.02.2025)
7. CHEMEGE.RU [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://chemege.ru/peroksid-natrij/> (дата обращения 17.02.2025)
8. Studarium [Электронный ресурс]: сайт. – URL: Классификация реакций, подготовка к ЕГЭ по химии (дата обращения 18.02.2025)
9. ЯКласс [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://www.yaklass.ru/p/himija/11-klass/khimicheskie-reakcii-6995740/klassifikacija-khimicheskikh-reakcii-po-raznym-priznakam-6964758/re-d1b7f93b-0608-4de5-8ef2-e1f782b30300> (дата обращения 18.02.2025)
10. НАУКА для тебя [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://scienceforyou.ru/teoriya-dlja-podgotovki-k-egje/klassifikacija-himicheskikh-reakcij> (дата обращения 18.02.2025).

ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ТЕРМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПРЕГРАД

Федеральный закон №123-ФЗ [1] обязывает разрабатывать мероприятия по ограничению распространения пожара и определяет одним из способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничения последствий их воздействия применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага.

СП 2.13.130.2020 [2] предусматривает разделение зданий и сооружений на противопожарные отсеки и секции путем установки противопожарных преград.

Противопожарные преграды в зависимости от способа предотвращения распространения опасных факторов пожара подразделяются на следующие типы: 1) противопожарные стены; 2) противопожарные перегородки; 3) противопожарные перекрытия; 4) противопожарные разрывы; 5) противопожарные занавесы, шторы и экраны (экранные стены); 6) противопожарные водяные завесы; 7) противопожарные минерализованные полосы; 8) зона, свободная от пожарной нагрузки [1].

Сейчас активно разрабатываются новые модели противопожарных преград, комбинируются различные способы повышения огнестойкости. Наибольшее внимание исследователи уделяют противопожарным шторам, экранам и водяным завесам. Ключевым параметром в расчёте противопожарных преград является тепловое сопротивление, поэтому множество работ посвящены разработке математических моделей для расчета тепловых сопротивлений новых преград.

Так работа [3] посвящена оптимизации противопожарных штор, в которых предусмотрено орошение, авторы предлагают вместо штор ограждать защищаемый объект огнезащитным экраном, выполненного из пористого материала, в структуре которого при создании капельновоздушной среды из охлаждающей жидкости проявляется непрерывный физический эффект испарительного охлаждения. Была разработана математическая модель, результаты расчетов, выполненных благодаря этой модели, согласовывались с экспериментальными данными. Это подтвердило адекватность модели и позволило рассчитать оптимальные расходы воды в зависимости от размеров экранов. Однако стоит отметить, что в данном случае до конца не решена проблема вытекающей воды.

В работе [4] проводится оценка тепловых характеристик противопожарной шторы при изменении геометрических размеров, количества слоев, используемых материалов. Рассматриваются следующие исполнения штор: один слой текстильного полотна; два слоя текстильного полотна, разделенные воздушной прослойкой; текстильное полотно с нанесенным на него вспучивающимся материалом. В результате было определено, что конструкция с нанесенным вспучивающимся покрытием обладает наибольшим тепловым сопротивлением.

Противопожарные преграды разрабатываются и под конкретные источники пожаров. Работы [5, 6] посвящены именно этому.

В работе [5] испытываются два опытных образца (из стеклопластика; из стеклопластика и бетона) на специально разработанной установке для имитации ландшафтного пожара, устанавливаются закономерности изменения температуры и получают уравнения для определения параметров для создания противопожарных преград из стеклопластика.

Работа [6] посвящена разработке новой конструкции противопожарной преграды (в виде ограждающей стены с волноотражающим козырьком), которая бы позволила обеспечить пожарную и экологическую защиту нефтехранилищ.

Как видно из перечисленных ранее работ, для каждого нового решения в конструкции противопожарных преград необходимо разрабатывать свои математические модели, которые бы описывали процесс переноса тепла при пожаре, а также были бы подтверждены экспериментальными данными. Однако для терморасширяющихся противопожарных преград это ещё не было сделано.

Разработка математической модели для определения теплового сопротивления требуется для различных вариантов терморасширяющихся преград:

- с вспучивающимся материалом в качестве среднего слоя (в данном случае именно за счет вспучивающегося материала будет происходить терморасширение);
- с воздушной прослойкой, образующейся при тепловом воздействии пожара (с возможностью удаления нагретого воздуха и без неё);
- с использованием металлического покрытия (для уменьшения передачи теплоты излучением с поверхности) и, соответственно, без него.

Для определения правильности составленной математической модели необходимо сопоставить её с экспериментальными данными. Стоит отметить, что в перечисленных ранее работах, а также в неупомянутых статьях, связанных с испытанием противопожарных преград, описывают различные эксперименты, поэтому важной задачей также является выбор подходящей методики проведения эксперимента для получения достоверных данных.

Таким образом, терморасширяющиеся противопожарные преграды могут являться перспективным направлением развития противопожарных преград. Для определения параметров, при которых преграда будет наиболее эффективно выполнять свои функции, необходимо разработать математическую модель изменения теплового сопротивления, подтвержденную результатами экспериментальных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. 2023 года).
2. СП 2.13130.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты : утвержден Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : введен 2020-09-12.
3. Заикин С.В., Страхов В.Л. Трансформируемые огнезащитные ограждающие конструкции повышенной огнестойкости // Вестник МСГУ. 2009. № 4. С. 107–112. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformiruemye-ognezashitnye-ograzhdayushchie-konstruktsii-povyshennoy-ognestoykosti-1>
4. Кораблев В., Минкин Д., Шарков А., Романов Н. Тепловой режим огнезащитной шторы в условиях интенсивного теплового воздействия // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 4. С. 29–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovoy-rezhim-ognezashitnoy-shtory-v-usloviyah-intensivnogo-teplovogo-vozdeystviya>
5. Лазарев А.А., Мальцев А.Н. О проблеме создания противопожарных преград для защиты от ландшафтных пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. №4 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-probleme-sozdaniya-protivopozharnyh-pregrad-dlya-zaschity-ot-landshaftnyh-pozharov>
6. Хабиуллаев С.Ш., Абдурахмонова С.П. Разработка усовершенствованной формы противопожарной преграды для обеспечения экологической и пожарной безопасности нефтехранилищ // Экономика и социум. 2022. №2-2 (93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-usovershenstvovannoy-formy-protivopozharnoy-pregrady-dlya-obespecheniya-ekologicheskoy-i-pozharnoy-bezopasnosti>

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Пожарная безопасность является одной из ключевых составляющих обеспечения защиты жизни людей, сохранности имущества и инфраструктуры. В условиях современного строительства, характеризующегося увеличением этажности и сложности зданий, а также использованием новых материалов и технологий, возрастает значимость автоматических средств противопожарной защиты. Эти системы играют значительную роль в своевременном обнаружении возгораний, предотвращении их распространения и минимизации возможного ущерба. Однако, несмотря на активное внедрение таких систем, вопросы их надежности и адаптации к различным условиям эксплуатации остаются недостаточно изученными.

Цель работы – провести анализ эффективности автоматических средств противопожарной защиты для выявления их влияния на повышение уровня защищенности объектов и персонала.

Данная цель была достигнута решением задач, которые включают в себя изучение нормативно-правовых актов и статистик за прошлое время, благодаря которым возможно определить вид пожарной автоматики, участвующий в большинстве пожаров.

Количество спасенных на пожарах в 2023 г. по сравнению с 2022 г. снизилось – на 7,44% [1]. Динамика изменения представлена на рисунке 1.

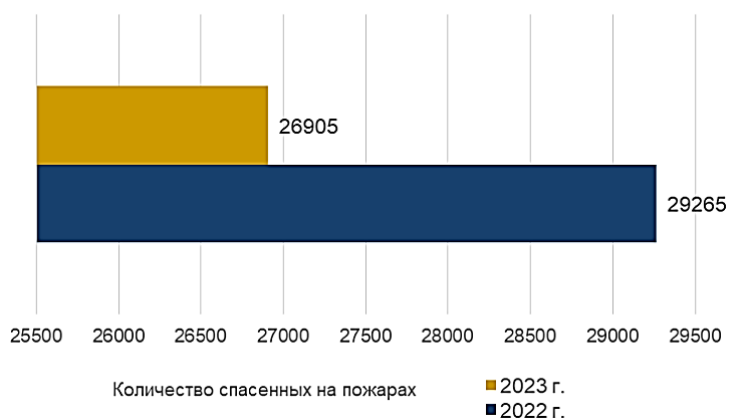


Рис. 1. Динамика изменения числа спасенных людей на пожарах в 2022–2023 гг.

Данная статистика выявляет важность и актуальность темы противопожарной защиты, благодаря которой улучшается возможность увеличить число спасенных людей в будущем.

«Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий. Более того, системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности» [2].

Рассмотрим автоматические средства противопожарной защиты, в которую входят: охранно-пожарная и пожарная сигнализация; установка или модуль пожаротушения; система противодымной защиты; система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; система передачи извещений. Её результаты приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Результаты работы (состояние) пожарной автоматики при пожарах в 2023 г.

Вид пожарной автоматики	Результаты работы автоматики	Количество пожаров, ед.	Погибло, чел.	Травмировано, чел.	Прямой ущерб, тыс. руб.	Спасено, чел.
Охранно-пожарная и пожарная сигнализация	Сработала	2007	21	94	1594138	694
	Неисправна	111	5	7	20006	0
Установка или модуль пожаротушения	Сработала	141	2	7	78578	80
	Неисправна	7	0	1	0	7
Система противодымной защиты	Сработала	47	7	10	0	23
	Неисправна	5	1	7	0	0
Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре	Сработала	289	6	4	489057	162
	Неисправна	13	2	1	6320	2
Система передачи извещений	Сработала	60	0	2	3705	63
	Неисправна	2	0	0	0	0

Эффективность систем противопожарной защиты зависит от качественной установки, технического обслуживания, правильного проектирования, регулярной эксплуатации. Соответственно, нарушения на любом из этих этапов могут привести к сбоям в ее работе, тем самым не обеспечивая более высокий уровень безопасности для людей и имущества. Более того, для повышения общей эффективности защиты рассматривается и допускается сочетание таких различных систем, как пожарная сигнализация и автоматическое тушение [4].

Современные требования к пожарной безопасности зданий и сооружений становятся все более строгими в связи с усложнением архитектурных решений, увеличением плотности застройки и ростом числа людей, находящихся в зданиях. Для систем противопожарной защиты необходимо проведение качественных индивидуальных и комплексных испытаний после завершения строительно-монтажных и пуско-наладочных работ [5].

Таким образом, проведенный анализ эффективности автоматических средств противопожарной защиты подтверждает их значительную роль в повышении уровня безопасности объектов и защиты персонала. Отдельно следует отметить охранно-пожарную и пожарную сигнализацию, участвующую в большинстве пожаров. Наблюдается множество неисправностей при пожарах, понижающих эффективность данного средства противопожарной защиты, из-за чего стоит больше уделять качеству проектирования, установки, эксплуатации, а также испытаний систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году [Электронный ресурс]. / МЧС России – URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2023-god> (дата обращения: 21.02.2024)
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
3. Статистика ВНИИПО 2023 год «Пожары и пожарная безопасность. Статистика пожаров и их последствий» [Электронный ресурс]. / ФГБУ ВНИИПО МЧС России – URL: <https://ptm01.ru/statistika-vniipo-2023-god-pozhary-i-pozharnaya-bezopansost-statistika-pozharov-i-ix-posledstvij>
4. Атаков А.В. Анализ существующих систем противопожарной защиты общественных зданий // Вестник науки. 2024. №9 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-sistem-protivopozharnoy-zaschity-obschestvennyh-zdaniy> (дата обращения: 10.03.2025).
5. Демин А.В. Важность систем противодымной защиты. Проектирование, проведение качественных испытаний // Вестник магистратуры. 2020. №3-2 (102). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-sistem-protivodymnoy-zaschity-proektirovanie-provedenie-kachestvennyh-ispytaniy/viewer>

ОЦЕНКА ЧАСТОТ АВАРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЛЛЬНО-ФАКТОРНОГО МЕТОДА
ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Цель работы: применение подхода, основанного на балльно-факторной корректировке частоты аварии, для надземных резервуаров типа резервуар вертикальный стальной (РВС).

Актуальность проводимого исследования заключается в необходимости учета факторов различной природы, влияющих на частоту возникновения аварий на сооружениях опасных производственных объектов при разработке компенсирующих мероприятий в случае необходимости отступления от требований в области безопасности или разработке мероприятий по снижению риска [1,2].

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Балльная оценка применяемых компенсирующих мероприятий (факторов) для РВС по разработанной методике.

2. Оценка степени снижения частоты аварий с учетом компенсирующих мероприятий.

При использовании балльно-факторной оценки необходимо учитывать все возможные параметры работы системы, такие как технические, технологические, организационные факторы возникновения аварии и факторы внешней среды. Существующие методики оценки риска аварий не позволяют учесть влияние широкого круга факторов, влияющих на вероятность аварии на РВС [3, 4]. Опыт проведения экспертизы промышленной безопасности обоснований безопасности опасных производственных объектов позволил выявить типовой комплекс мероприятий, компенсирующих отступления от требований промышленной безопасности, который представлен в таблице 1. Данные мероприятия были соотнесены с балльной корректировкой подфакторов методики.

На основе положений действующего ГОСТ 31385–2023, регламентирующего общие технические условия по строительству и эксплуатации вертикальных стальных резервуаров для хранения и перекачки нефти разработана группа технических факторов, влияющих на вероятность аварии на РВС [5].

Авторами было пройдено анкетирование по определению весов факторов методом парных сравнений, результаты которого приведены в таблице 2.

Расчет степени снижения вероятности аварии на резервуаре производился по формуле (1):

$$\frac{P_a}{P_{a0}} = \frac{\sum_{i=1}^6 q_i (5 - \sum_{j=1}^{n_i} B_{ij})}{5}, \quad (1)$$

где P_a – частота возникновения аварии; P_{a0} – вероятность возникновения аварии до применения метода балльной оценки; q_i – вес i -ого фактора; B_{ij} – балльная корректировка i -ого подфактора в j -й группе; n_i – количество подфакторов в i -ом факторе.

$$\frac{P_a}{P_{a0}} = \frac{0,11 \cdot (5 - 0) + 0,06 \cdot (5 - 0) + 0,13 \cdot (5 - 0)}{5} + \\ + \frac{0,28 \cdot (5 - (2 + 2 + 2 + 2)) + 0,04 \cdot (5 - (2 + 2 + 2 + 1 + 1)) + 0,38 \cdot (5 - (1 + 1))}{5}.$$

В случае если $\sum_{j=1}^{n_i} B_{ij} > 5$, то $\sum_{j=1}^{n_i} B_{ij} = 5$.

$$\frac{P_a}{P_{a0}} = \frac{0,11 \cdot (5 - 0) + 0,06 \cdot (5 - 0) + 0,13 \cdot (5 - 0)}{5} + \\ + \frac{0,28 \cdot (5 - (5)) + 0,04 \cdot (5 - (5)) + 0,38 \cdot (5 - (1 + 1))}{5} = 0,528.$$

Таблица 1 – Применение методики для компенсирующих мероприятий
из обоснования безопасности

№ п/п	Компенсирующее мероприятие из ОБ ОПО	Положение ГОСТ 31385– 2023	Балльная корректировка подфактора
1	Толщина стенки поясов проектируемого резервуара РВС – 5000 принимается с учетом обеспечения прочности и устойчивости, с припуском на коррозию поясов стенки и окраек днища 1 мм.	10.1.4	1
2	Согласно требованиям п. 6.3.6 ГОСТ 31385–2016 минимальный срок службы защитных покрытий для антикоррозионной защиты резервуаров составляет 10 лет. Проектными решениями должно быть предусмотрено увеличение минимального срока службы защитных покрытий для антикоррозионной защиты внутренней и наружной поверхности резервуара до 20 лет.	10.1.3	1
3	При проектировании резервуара должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие проведение мониторинга герметичности конструкций резервуара, в том числе днища, перечень которых должен быть установлен в проектной документации.	10.2.4	2
4.1	а) частичное диагностирование (без выведения из эксплуатации) один раз в течение 5 лет после пуска в эксплуатацию, последнего технического диагностирования или ремонта;	10.2.4	2
4.2	б) полное диагностирование (с выводом из эксплуатации, очисткой и дегазацией) один раз в 10 лет после последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования	10.2.4	2
5	Для резервуара предусмотрен радиографический контроль – 100 % горизонтальных стыковых сварных соединений между первым и четвертым поясами стенки, между четвертым и пятым поясами – 50 %, между пятым и шестым поясами – 25 %.	9.5.7	2
6	Для резервуара предусмотреть радиографический контроль – 100 % вертикальных стыковых сварных соединений между первым и вторым поясами стенки, между третьим и четвертым поясами – 50 %, между пятым и шестым поясами – 25 %.	9.5.7	2
7	Предусмотреть ультразвуковой контроль – 100 % вертикальных и горизонтальных сварных швов стенки резервуара.	9.5.9	2
8	Многослойные швы стыковых соединений металлоконструкций проектируемого резервуара при механизированной и ручной дуговой сварке надлежит выполнять способами, обеспечивающими уменьшение скорости охлаждения сварного соединения, технологическими участками обратноступенчатым способом, двойным слоем или каскадом.	9.1.4	2
9	Гидравлические испытания резервуара выполняют наливом до отметки 11,050м и выдержкой без избыточного давления 48 часов.	11.10	1
10	Проверку резервуара на избыточное давление (больше проектной на 25%) и вакуум (больше проектной на 50%) производят при закрытых люках и патрубках наливом и сливом воды с выдержкой под нагрузкой 60 мин.	11.12	1

Таблица 2 – Веса факторов, определяемых методом попарных сравнений

Обозначение	Фактор	Вес фактора
F1	Требования к проектированию резервуаров	0,11
F2	Требования к изготовлению конструкций	0,06
F3	Монтаж	0,13
F4	Сварка резервуара	0,28
F5	Срок службы и обеспечение безопасной эксплуатации резервуаров	0,04
F6	Испытания и приемка резервуаров	0,38

Таким образом, на основе полученных в результате анкетирования весов факторов, был применен метод балльной оценки: произведён расчет для степени снижения вероятности аварии на РВС по техническим причинам. По итогам вычислений за счет компенсирующих мероприятий из обоснования безопасности вероятность аварии на РВС снизилась на 47,2 %.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Ростехнадзора от 29.12.2022 № 478 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов».
2. 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).
3. Орловский П.С. Методика балльной оценки факторов влияния на возникновение пожароопасной ситуации для надземных емкостей автомобильных газозаправочных станций / П.С. Орловский, А.П. Бызов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – № 2(33). – С. 157–167. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.63.55.009.
4. Андреев А.В. Методика балльно-факторной оценки частоты иницирующих пожароопасные ситуации событий для подземных емкостей автомобильной газозаправочной станции / А.В. Андреев, А.П. Бызов, П.С. Орловский // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2023. – № 4(68). – С. 131-141.
5. ГОСТ 31385–2023. Межгосударственный стандарт резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.

УДК 614.841.44

А.С. Шеин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СКОРОСТЬ ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ПОЖАРЕ В КОТЕЛЬНОЙ

Цель работы – выявить и систематизировать факторы, влияющие на скорость эвакуации персонала при пожаре в котельной, а также предложить практические рекомендации по повышению эффективности эвакуационных мероприятий. Анализ этих факторов и учет их взаимодействия позволяют снизить риск человеческих жертв и минимизировать возможные потери при их наличии.

Ежегодно в нефтяной и нефтеперерабатывающей отрасли России происходит в среднем 12 крупных пожаров. Большая часть возгораний (73%) приходится на весенне-летний сезон. Однако самые сложные условия для работы пожарных служб наблюдаются зимой. Время, необходимое для ликвидации возгораний в резервуарах, варьируется в зависимости от сезона: летом – 5,5 часов, весной и осенью – 6,6 часов, зимой – 8,5 часов (при экстремально низких температурах ниже -25°C может достигать 10 часов). Зимние пожары обычно более продолжительны и требуют привлечения большего количества персонала и техники.

Возгорания на предприятиях нефтегазовой отрасли наносят существенный вред окружающей среде. Это связано с выбросом токсичных продуктов горения, использованием противопожарных средств и интенсивным тепловым излучением [1].

Основными причинами пожаров в котельных является нарушение технологического режима, неисправность электрооборудования, а также самовозгорание промасленной ветоши и других легковоспламеняющихся материалов. Эти проблемы особенно актуальны на предприятиях, где используются вещества, представляющие высокую пожарную опасность, такие как горючие масла, химические растворители, углеводороды и другие легковоспламеняющиеся жидкости [2–3].

Пожары на объектах ТЭК, в целом, требуют особого внимания и осторожности при разработке и соблюдении технологических регламентов, обеспечении исправности всех систем безопасности и проведении регулярных проверок оборудования.

Эвакуация персонала котельной должна учитывать план этого предприятия, наличие оборудования и ограждающих конструкций, что в свою очередь будет влиять на количество возможных путей эвакуации для разных сценариев развития аварии [4].

Исходя из этого, можно выделить следующие основные факторы, влияющих на скорость эвакуации персонала при пожаре на объекте топливно-энергетического комплекса, а именно в котельной:

- планировка и конструкция зданий;
- наличие и исправность систем противопожарной защиты и систем управления эвакуацией людей;
- характеристики людей, работающих на данном предприятии;
- иные факторы.

Разные объекты могут отличаться друг от друга. Наличие узких проходов, лестниц и технологического оборудования создает физические барьеры, замедляющие движение людей. Ограниченное количество эвакуационных выходов и их удаленность от рабочей зоны во время эвакуации также представляют собой сложность при проведения эвакуационных мероприятий [5].

Кроме того, использование тяжелого промышленного оборудования и наличие зон повышенной опасности, например, вокруг резервуаров с горючими веществами, затрудняет разработку оптимальных маршрутов эвакуации. Важным элементом является система пожарной сигнализации и аварийного освещения, которая должна своевременно информировать персонал о необходимости эвакуации и периодически давать ориентир в условиях задымления.

Особенности пожара, такие как скорость его распространения, образования дыма и выбросов газа, напрямую влияют на время для эвакуации. При этом, в котельных возможны ситуации, когда возгорание может произойти мгновенно. Дым и продукты горения снижают видимость, вызывают раздражение и повышают панику среди работников [6].

Наличие четко продуманных планов эвакуации, где указаны все маршруты, запасные выходы из здания, являются залогом успешного спасения персонала в случае пожара. Современные автоматизированные системы управления эвакуацией, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям, значительно повышают эффективность.

Координация действий также играет важную роль. На объектах ТЭК важно назначать ответственных лиц за эвакуацию отдельных участков, чтобы избежать хаоса и направить потоки людей в безопасную зону.

Эвакуация персонала усложняется человеческим фактором и реагированием на чрезвычайные ситуации. Паника, дезориентация, замедленная реакция на сигналы систем пожарной сигнализации и оповещения – все это влияет на эффективность эвакуации.

Физические характеристики персонала, такие как возраст, уровень подготовки и наличие медицинских ограничений, также играют важную роль. На объектах с многонациональными

коллективными аспектами возникает языковой барьер, поэтому инструкции и оповещения должны быть доступны на нескольких языках [7].

На удаленных объектах ТЭК, таких как электростанции и котельные в Арктике, эвакуация усложняется климатическими условиями. Экстремальные температуры, сильные ветровые нагрузки и обледенение требуют дополнительных мер безопасности, таких как утепленные трассы, антискользящие покрытия и резервные системы энергоснабжения.

Одним из перспективных решений для оценки эвакуации людей на объектах топливно-энергетического комплекса является использование программного комплекса AnyLogic. Этот инструмент обеспечивает широкие возможности для исследования и анализа процессов, включая эвакуацию людей из помещений.

AnyLogic оснащен инструментами и библиотеками, которые позволяют быстро разрабатывать модели с высокой детализацией. Платформа поддерживает проектирование, документирование моделей и проведение экспериментов в компьютерной среде. Благодаря гибкости иерархической структуры, пользователи могут создавать модели, отражающие сложные системы. Визуальные формы, такие как потоковые диаграммы и блок-схемы, обеспечивают лучшее понимание процессов даже для людей, не имеющих специального образования в области пожарной безопасности [8].

Применение AnyLogic для моделирования эвакуации в котельных позволяет оценить эффективность существующих маршрутов эвакуации, выявить наиболее уязвимые места и предложить их усовершенствование. Имитационное моделирование таких случаев дает возможность разрабатывать оптимальные планы действий, повышать уровень безопасности и повышать готовность персонала.

Эффективная эвакуация персонала на объектах топливно-энергетического комплекса, а именно в котельных, является важнейшим элементом обеспечения безопасности в условиях высокой взрывопожарной опасности. Одним из методов управления процессом эвакуации является ее моделирование с использованием современных программных инструментов, таких как AnyLogic, для анализа, выявления уязвимых мест и оптимизации маршрутов эвакуации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Калагина Ю.М. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».
2. Клубань В.С., Молчанов С.В. Пожарная безопасность особо важных объектов топливно-энергетического комплекса // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 3. – С. 13–13.
3. Житникова, Т.С. Оценка потенциального риска для аварий, связанных с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков для Санкт-Петербурга / Т.С. Житникова, А.П. Бызов // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2022. – № 3(43). – С. 12–20. – EDN AKIONA.
4. Факторы, влияющие на скорость эвакуации людей на пожаре / Е.А. Мартынов, Д.В. Ковальков, О.В. Лобанова, Н.Ю. Клименти // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (firesafety 2019) : Материалы I Всероссийской научно-практической конференции: в 2 томах. Том II. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. – С. 95–98. – EDN SAKJHH.
5. Сравнение результатов моделирования динамики развития омп с реальным случаем пожара / Авдеева М.О., Доронин А.С., Лобанова Д.Е. Безопасность жизнедеятельности. 2025. № 1 (289). С. 36–40.
6. Пузач С.В. и др. О необходимости учета совместного воздействия токсичных продуктов горения при определении времени блокирования путей эвакуации // Ройтмановские чтения: сб. мат. – 2022. – С. 96–99.
7. Применение методов имитационного моделирования к разработке схемы эвакуации при пожаре / Авдеева М.О., Бызов А.П., Климова И.В., Доронин А.С. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12. № 4 (64). С. 215–221.
8. Применение метода имитационного моделирования для расчета и оценки пожарного риска здания / Авдеева М.О., Узун О.Л., Доронин А.С., Загладимов К.И. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3 (59). С. 170–175.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

В настоящее время отрасль нефтегазовой промышленности, являющаяся частью топливно-энергетического комплекса, играет ведущую роль в экономике России и всего мира. Рост числа энергоемких производств, увеличение потребления электроэнергии населением, а также расширение использования продуктов нефтегазовой промышленности приводит к тому, что объемы нефти и газа в будущем будут увеличиваться. В связи с этим есть вероятность того, что будет возрастать и количество пожаров на объектах данной отрасли [1].

Согласно статистическим данным по пожарам и их последствиям, опубликованным в информационно-аналитическом сборнике ФГБУ ВНИИПО МЧС России, на объектах нефтегазовой промышленности в 2023 году произошло 20 пожаров, прямой ущерб которых составил 151 тыс. руб., и на которых погиб один человек. Информация по пожарам на данных объектах за последние 5 лет представлена в табл. 1 (за 2022 год статистические данные отсутствуют) [2].

Таблица 1 – Статистические данные по пожарам и их последствиям на объектах нефтегазовой промышленности за 2019–2023 гг.

	Год	ПАО «ГАЗПРОМ»	ОАО «АК «Транснефть»	ОАО «НК «Роснефть»	ПАО «ЛУКОЙЛ»	ОАО «АК «Транснеф тепродукт»	ОАО «Газпром нефть»	Всего
Количество пожаров, ед.	2019	34	1	14	3	0	2	54
	2020	16	0	14	3	0	1	34
	2021	22	3	10	6	0	1	42
	2023	9	1	3	7	0	0	20
Прямой ущерб, тыс. руб.	2019	7440	0	199	522	0	0	8161
	2020	4217	0	144	0	0	0	4361
	2021	494	0	0	160	0	0	654
	2023	151	0	0	0	0	0	151
Погибло людей, чел.	2019	1	2	0	0	0	0	3
	2020	0	0	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0	0	0
	2023	0	0	1	0	0	0	1
Травмировано, чел.	2019	3	0	0	0	0	0	3
	2020	0	0	2	0	0	0	2
	2021	0	0	1	0	0	0	1
	2023	0	0	0	0	0	0	0

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что в последние годы наблюдается тенденция на снижение количества пожаров и, как следствие, на снижение прямого ущерба, количества погибших и травмированных. Несмотря на положительную динамику, тема, связанная с повышением пожарной безопасности в нефтегазовой отрасли, всё ещё остается актуальной, поскольку на таких объектах в большинстве случаев развивается углеводородный температурный

режим пожара, скорость распространения пламени, условия протекания которого в сравнении с показателями стандартного температурного режима сильно отличаются. Именно поэтому пожары в данной отрасли могут иметь серьезные последствия, такие как потеря жизни, значительные экономические убытки и экологические повреждения. Таким образом, обеспечение пожарной безопасности таких объектов является приоритетной задачей, заключающейся в снижении риска возникновения пожара и повышении устойчивости строительных конструкций к высоким температурам. Одним из эффективных способов повышения устойчивости конструкций является нанесение огнезащитных покрытий на конструкции.

Проблематика в данной сфере исследования заключается в том, что на данный момент в России нет стандартизированных методик испытаний, которые бы адекватно отражали поведение огнезащитных покрытий при воздействии углеводородного пламени. Это создает сложности в оценке их эффективности и может привести к неверным выводам о безопасности [3].

С 1 июня 2015 г. в России начал действовать ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 [4], который ввел такие термины, как углеводородный, наружный и медленно развивающийся температурные режимы. Этот стандарт аналогичен европейскому EN 1363-2:1999, однако в нем отсутствуют детали о проведении испытаний в условиях углеводородного горения.

Целью исследования является разработка методики проведения испытаний огнезащитных покрытий в условиях углеводородного пожара с учетом существующих стандартов. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Анализ существующих методик проведения испытаний огнезащитных покрытий.
2. Определение ключевых параметров углеводородного горения.
3. Разработка адаптированной к углеводородному пожару методики испытаний на основе существующих стандартов.

В работе использовались следующие методы исследования: анализ существующих стандартов с целью выявления их сильных и слабых сторон в контексте углеводородного горения, синтез полученных данных.

В России методика проведения испытаний огнезащитных покрытий в условиях стандартного температурного режима изложена в ГОСТ Р 53295-2009 [5]. Этот стандарт описывает методы испытаний, определяющие способность огнезащитных материалов замедлять распространение огня и защищать конструкции от термического воздействия. Испытания проводятся с использованием стандартных образцов, которые подвергаются воздействию открытого пламени или высоких температур. Оцениваются такие параметры, как время до начала разрушения покрытия, температура на обратной стороне образца и другие характеристики, которые влияют на его огнезащитные свойства.

Скорость распространения огня и условия возникновения углеводородного пожара значительно отличаются от характеристик стандартного пожара. В случае углеводородного возгорания температура может быстро достигать 1100 °С (рис. 1). Этот тип горения возникает при разгерметизации трубопроводов или корпусов с жидкими или газообразными углеводородами. Процесс сопровождается образованием высокотемпературных газовых потоков, которые способны разрушать вспучивающиеся покрытия из-за интенсивной газовой эрозии и абляции. Эти факторы требуют пересмотра условий испытаний огнезащитных покрытий для обеспечения их эффективности в реальных условиях эксплуатации.

Разработка методики испытаний.

Образцы огнезащитных покрытий должны быть подготовлены согласно ГОСТ Р 53295-2009 [5] с учетом рекомендованных толщин и способов нанесения.

Испытания следует проводить в специально оборудованной лаборатории с использованием установки для моделирования углеводородного горения. Установка должна обеспечивать: поддержание температуры до 1200 °С, возможность контроля концентрации кислорода в камере, систему мониторинга теплового излучения.

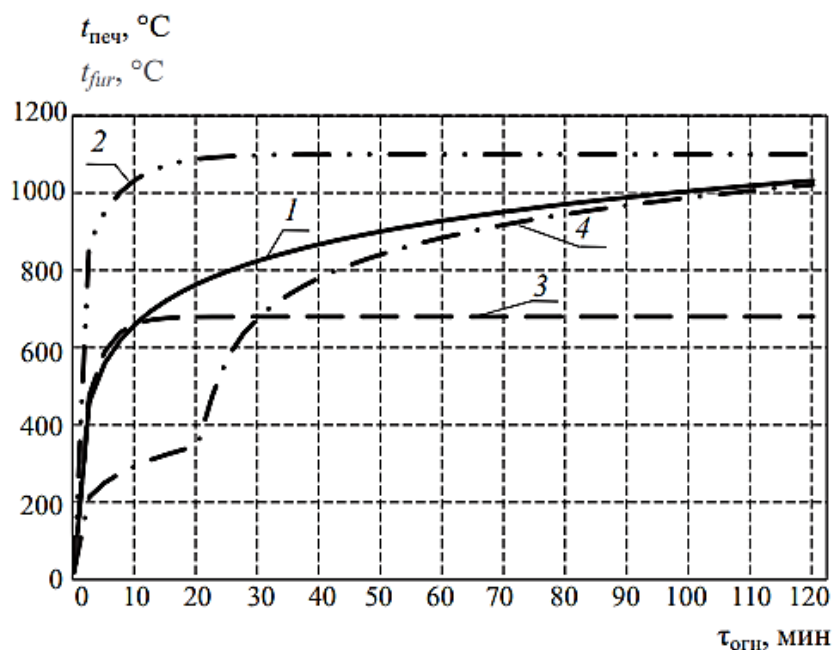


Рис.1. Температурные режимы: 1 – стандартный; 2 – углеводородный; 3 – наружный; 4 – медленно развивающийся (тлеющий)

Испытания проводятся в несколько этапов:

1. Образцы помещаются в зону горения, где осуществляется поджог углеводородного топлива (например, пропана). Параметры горения фиксируются с помощью датчиков температуры и теплового потока.

2. В течение всего испытания проводится оценка состояния покрытия: его целостность, изменение цвета, трещинообразование и отслоение. Записываются данные о времени выдержки и температуре на поверхности покрытия.

3. Изучение токсичности и состава продуктов горения, образующихся при воздействии на покрытие.

4. Результаты испытаний должны быть оценены по следующим критериям: время защиты от прогрева базового материала, степень разрушения огнезащитного покрытия, токсичность выделяющихся газов.

Разработанная методика проведения испытаний огнезащитных покрытий в условиях углеводородного пожара позволит более точно оценивать их эффективность и безопасность в реальных условиях эксплуатации. Адаптация существующих стандартов к специфике углеводородного горения является необходимым шагом для повышения уровня пожарной безопасности объектов, связанных с хранением и переработкой углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дыбаль Д.А. Пассивная огнезащита в условиях углеводородного пожара / Д.А. Дыбаль, О.Н. Шишилов, И.В. Гарустович // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2017. – № 6. – С. 16–19.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году : информационно-аналитический сборник / В. С. Гончаренко Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко [и др.]. – Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. – 110 с.
3. Черкасов Е.Ю. Огнестойкость стальных конструкций при воздействии стандартного и углеводородного режимов пожара / Е.Ю. Черкасов, А.А. Воронцова, А.В. Митько // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2021. – № 12(120). – С. 100–102.
4. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Альтернативные и дополнительные методы.
5. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛЮКОНАТА КАЛЬЦИЯ
В КАЧЕСТВЕ ВСПУЧИВАЮЩЕГО АГЕНТА В ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ СОСТАВАХ

В настоящее время одним из эффективных способов повышения огнестойкости строительных конструкций является применение вспучивающихся огнезащитных покрытий. Огнезащитное действие таких лакокрасочных материалов основано на многократном увеличении исходной толщины при тепловом воздействии и образовании теплоизоляционного слоя на защищаемой поверхности [1].

В состав лакокрасочных материалов входят пленкообразователи, растворители, пластификаторы, пигменты, наполнители, сиккативы, отвердители и другие добавки. Помимо перечисленных компонентов интумесцентные композиции должны содержать значительное количество веществ, способствующих объемному расширению.

Наиболее распространено применение в огнезащитных красках в качестве вспучивающих агентов триады компонентов: полифосфата аммония, меламин и пентаэритрит [2]. Существуют составы, содержащие в качестве компонента, способствующего интумесценции, интеркалированный графит [3]. Несмотря на успехи в применении существующих рецептур огнезащитных вспучивающихся покрытий, повышение огнезащитных свойств интумесцентных составов является важной задачей в контексте снижения пожарной опасности зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения.

Одним из способов создания нового огнезащитного вспучивающегося материала с усовершенствованными огнезащитными характеристиками является применение альтернативных компонентов, способствующих образованию пенококсового слоя.

Особый интерес представляет введение в состав в качестве вспучивающего агента глюконата кальция. Данное вещество демонстрирует значительное объемное расширение при пиролизе при высоких температурах. Кроме того, кальциевая соль глюконовой кислоты обладает высокой распространенностью и малой токсичностью.

Использование глюконата кальция в интумесцентных составах может позволить создать материал с улучшенными огнезащитными характеристиками.

Исходя из этого, целью данной работы было исследовать возможность применения глюконата кальция в качестве вспучивающего агента в огнезащитных составах.

Основой любого лакокрасочного материала, в том числе огнезащитного, являются пленкообразователи. Они также участвуют в физико-химических процессах, протекающих при вспучивании. Как правило, в качестве связующих применяются различные полимеры, склонные к карбонизации при термическом разложении. Пенококсовый слой формируется при протекании большого числа физико-химических процессов при термическом разложении полимера. Поэтому связующее в интумесцентном составе может определять структуру пенококсового слоя. Кроме того, от выбора пленкообразователя зависят эксплуатационные характеристики покрытий. Интумесцентные составы, спроектированные с использованием одного и того же вспучивающего агента, могут иметь различные свойства, в том числе огнезащитные, в зависимости от свойств используемых основ.

В данном исследовании в качестве связующих использовались пять основ: силиконовая, алкидная, полиэфирная, эпоксидная, силикатная.

Для получения образцов в выбранные основы вводили порошкообразный глюконат кальция при постоянном интенсивном перемешивании. Концентрация вспучивающего агента составила от 20 до 60% по массе в зависимости от основы.

Полученные составы были нанесены на металлическую подложку и высушивались в течение 30 суток при температуре 20 °С и постоянных значениях атмосферного давления и влажности воздуха.

Далее определялся коэффициент вспучивания.

Образцы выдерживались в муфельной печи при температуре 600 °С в течение 5 минут.

Коэффициент вспучивания определен как отношение толщины вспученного слоя к толщине исходного образца (формула (1):

$$k = h/h_0, \quad (1)$$

где h_0 – исходная толщина покрытия, h – толщина вспученного покрытия [4].

Определение толщины производилось с помощью штангенциркуля.

Результаты определения коэффициента вспучивания для каждого образца представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты вспучивания

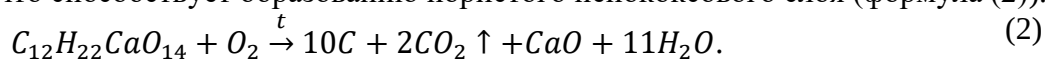
Связующее	Концентрация глюконата кальция, % масс.				
	20	30	40	50	60
	Коэффициент вспучивания				
Силиконовая основа	2,19	1,53	4,10	3,26	-
Алкидная основа	2,68	3,69	1,21	-	-
Полиэфирная основа	5,39	5,15	4,57	3,93	-
Эпоксидная основа	3,29	2,33	2,08	1,72	1,61
Силикатная основа	1,61	1,09	-	-	-

Как видно из таблицы, наибольшим коэффициентом вспучивания обладает образец, полученный при добавлении глюконата кальция в полиэфирную основу. Наименьший коэффициент вспучивания показал состав на силикатной основе.

Согласно [4] коэффициент вспучивания должен составлять не менее 2. Результаты эксперимента показали, что при добавлении определенного количества глюконата кальция в использованные органические основы возможно добиться получения состава, обладающего способностью к объемному расширению. При этом образцы характеризуются различными физико-механическими свойствами в зависимости от выбранного связующего и концентрации глюконата кальция. Составы на органических основах обладали оптимальными для лакокрасочных материалов реологическими свойствами. Добавление порошка глюконата кальция в силикатную основу характеризуется быстрым отверждением смеси. Это вызвано коагуляцией кремнезема из раствора силиката натрия органическим веществом. Кроме того, соединения некоторых двухвалентных металлов, в данном случае кальциевой соли глюконовой кислоты, являются отвердителями используемой силикатной основы. Очевидно, что данный образец нерационально использовать в качестве покрытия из-за отсутствия необходимых для красок характеристик. Однако, он имеет высокую твердость, механическую прочность, а также, исходя из состава, обладает химической стойкостью. Также отсутствие ограничений, связанных с реологическими свойствами, позволяют ввести большее количество вспучивающего агента, что может привести к повышению значения коэффициента вспучивания. Перечисленные свойства делают возможным применение такого материала для огнезащиты в агрессивных средах.

Различия наблюдались в морфологии пенококсового слоя. Известно, что вспенивание вызвано дегидратацией гидроксильных групп. Наибольшее терморасширение глюконата кальция происходит при температуре 150–250 °С. Первичным продуктом разложения является аморфный углерод. При температуре 300 °С образуется карбонат кальция, а далее при

повышении температуры – оксид кальция [5]. Также в процессе термоллиза выделяется углекислый газ, что способствует образованию пористого пенококсового слоя (формула (2)).



Термическое разложение глюконата кальция оказывает различное воздействие на состав в целом в зависимости от выбранного связующего, что подтверждается различием строения пористой структуры образующегося пенококсового слоя (рис. 1).

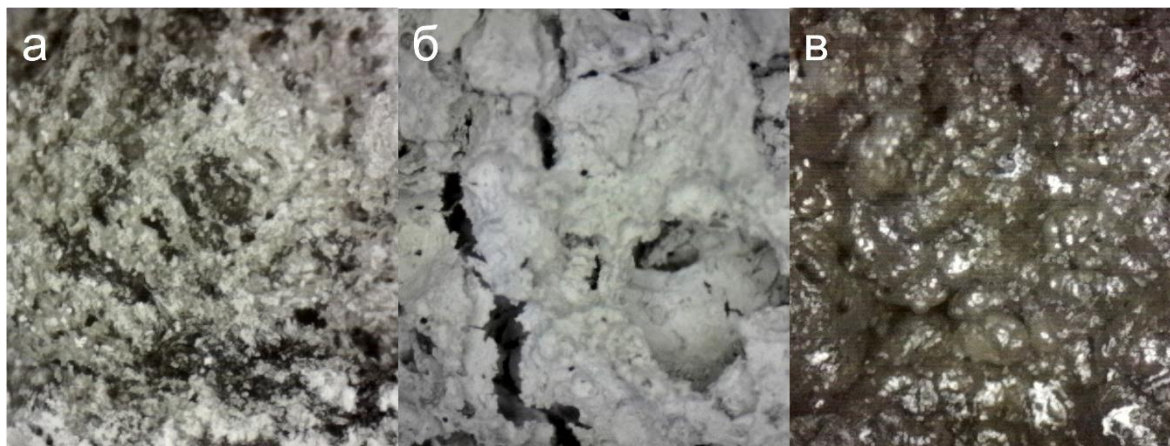


Рис. 1. Структура пенококсового слоя составов на силиконовой (а), полиэфирной (б), силикатной (в) основах

От характера пор и их распределения по слою зависит теплопроводность, а следовательно, и огнезащитная эффективность составов. Данный аспект следует учитывать при составлении рецептур огнезащитных композиций. Для получения композиции с оптимальными характеристиками, в перспективе, необходимо учитывать и другие факторы, влияющие на огнезащитные свойства, например, возможность нанесения, адгезия лакокрасочного материала к металлической подложке, исследование теплофизических характеристик, адгезия пенококсового слоя. Также следует рассмотреть возможность применения исследуемого вспучивающего агента не только в качестве компонента тонкослойной огнезащиты, но и в других огнезащитных материалах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lucherini A. & de Silva D. (2024). Modelling intumescent coatings for the fire protection of structural systems: a review. *Journal of Structural Fire Engineering*. 15. 10.1108/JSFE-10-2023-0038
2. Chen Zhongwei & Yu Yuan (2020). Surface-modified ammonium polyphosphate with (3-aminopropyl) triethoxysilane, pentaerythritol and melamine dramatically improve flame retardancy and thermal stability of unsaturated polyester resin. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 143.10.1007/s10973-020-10282-0.
3. Ullah S., Ahmad F. & Al-Sehemi A. (2021). Effects of expandable graphite on char morphology and pyrolysis of epoxy based intumescent fire-retardant coating. *Journal of Applied Polymer Science*. 138. 10.1002/app.51206.
4. ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте (с Изменением № 1).
5. Labuschagne J. & Focke W. (2003). Metal catalysed intumescence: Characterisation of the thermal decomposition of calcium gluconate monohydrate. *Journal of Materials Science*. 38. 1249–1254. 10.1023/A:1022818022650

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Секция «Охрана труда»	3
<i>Абдуганиев А.С., Ефремов С.В.</i> Анализ системы охраны труда агропромышленного комплекса	3
<i>Алексеева Д.А., Салкуцан В.И.</i> Оценка времени, выделяемого на регламентированные перерывы	6
<i>Бахарева А.А.</i> Анализ специфических факторов в рамках специальной оценки условий труда для кабинных экипажей гражданской авиации	8
<i>Безденежных А.С.</i> Анализ опыта внедрения культуры безопасности на предприятиях топливно-энергетического комплекса.....	11
<i>Богданова А.А.</i> Сравнительный анализ используемых технологий бережливого производства в сфере охраны труда	13
<i>Денисенко Д.Ю.</i> Оценка эффективности автоматизированной системы организации обучений по охране труда	15
<i>Ефременко Ю.О., Румянцева Н.В.</i> Роль воды в жизни человека через призму охраны труда.....	17
<i>Зеленко А.В., Каверзнева Т.Т.</i> Улучшение условий труда обжарщика кофе	20
<i>Каверзнева Т.Т., Шершнев И.Ю., Шершнев А.И.</i> Анализ текучести кадров на примере водителей спецтранспорта в аэропортах	22
<i>Каратеева А.Е.</i> Оценка условий труда и профессиональных рисков хирурга	25
<i>Красильников А.И.</i> Внедрение геймификации при обучении по охране труда.....	27
<i>Красных А.В.</i> Эффективность внедрения чат-бота в процессы охраны труда	30
<i>Ксенофонтова Е.Н., Кудинов В.В.</i> Разработка мер по управлению профессиональными рисками.....	32
<i>Курмышов В.Ю., Каверзнева Т.Т.</i> Оценка изменения условий труда токаря при автоматизации производства	35
<i>Лисов Д.В., Шарманов В.В.</i> Учет уровня безопасности на строительной площадке при расчете страховых премий	38
<i>Логвинова Ю.В., Полюхович М.А., Каченкова В.Д.</i> Разработка математической модели для учета влияния возраста и стажа работника на безопасность при производстве работ.....	41
<i>Логинова О.В., Пишеничникова А.Д.</i> Анализ эффективности работы цифровых технологий в системе управления охраной труда.....	44
<i>Лысов В.В., Бурлов В.Г.</i> Снижение количества несчастных случаев при проведении строительных работ.....	47
<i>Лысых Е.А.</i> Результаты оценки производственного контроля и их взаимосвязь с результатами СОУТ	50
<i>Матвеева Ю.К.</i> Использование возможностей искусственного интеллекта при создании курса обучения по охране труда	52
<i>Миронов А.К., Курмышов В.Ю., Петухова М.А.</i> Разработка средств индивидуальной защиты рук для работ в условиях Крайнего Севера	55
<i>Неброева А.А.</i> Анализ возможности применения генеративных нейросетей для обеспечения задач охраны труда	58
<i>Парфенов А.Ю.</i> Оценка социальной эффективности методов обучения вопросам охраны труда работников	61
<i>Петельчук Е.И., Ульянов А.И.</i> Влияние погодно-климатических условий на заболеваемость бурильщиков нефтяных скважин в условиях Крайнего Севера.....	63
<i>Пишеничникова А.Д., Кудинов В.В.</i> Анализ эффективности методов оценки результатов аудита системы управления охраной труда	66

Спицын М.А. Оценка рисков на атомных электростанциях – методы выявления и снижения угроз для обеспечения безопасности сотрудников	69
Степанов Т.А. Анализ проблемы текучести кадров в организациях сферы услуг	72
Столбова У.А., Румянцева Н.В. Подходы к оценке руководителя как лидера по вопросам безопасности	74
Суховский Д.А., Давлятишин Р.Х. Анализ травматизма в животноводстве	76
Суховский Д.А., Шкрабак Р.В. Обоснование мероприятий по охране труда в системе «человек-животное-машина-среда»	78
Трушевская В.В., Колесников Е.Ю. Оценка шумовой обстановки на Литейном проспекте в городе Санкт-Петербурге	81
Шавуров С.А., Ульянов А.И. Модель использования VR контента для обучения по охране труда	84
Шапилова Д.К. Напряженность труда фармацевтов	86
Шевчук А.С., Лазурина О.А., Полюхович М.А. Разработка метода использования информационной модели для улучшения условий труда промышленного альпиниста	89
Яковлева Е.В., Быков М.О. Оценка эффективности программного обеспечения для распознавания объектов в опасных зонах	90
Секция «Защита в чрезвычайных ситуациях»	94
Бякова А.В., Ивахнюк С.Г., Шаранов В.С. Исследование следов термических повреждений металлических конструкций в условиях воздействия взрыва методом рамановской спектроскопии	94
Васильева А.В. Требования времени и необходимость разработки новой модели детского противогаза	96
Горшенина Д.А. Применение существующих методов защиты производственных объектов от беспилотных летательных аппаратов	99
Коленкова М.И., Пелех М.Т. Межсистемные аварии: анализ аварий котельных в России	101
Кондинский И.Н., Чумаков Н.А. Профессиональные деловые качества работников как фактор принятия решений при чрезвычайных ситуациях на опасном производственном объекте	103
Лазарева А.А., Цаплин В.В. Сценарии возможных чрезвычайных ситуаций на судостроительном заводе	105
Мамедова А.Г., Климова И.В. Загрязнение окружающей среды ракетным топливом	108
Кузнецова А.Ю., Писарев С.Н. Подготовка специалистов для арктического региона России по общим вопросам безопасности	110
Павлова В.Г. Роль психологической подготовки населения в обеспечении эффективной эвакуации из городов-спутников АЭС	113
Прохорова А.В., Узун О.Л. Уязвимости и наиболее слабые элементы экономических объектов при ударах современными средствами поражения	115
Соколова К.В. Совершенствование системы защиты объектов нефтегазового комплекса от современных средств поражения	117
Шитова А.Р., Узун О.Л. Сравнительный анализ программ обучения РХБЗ неработающего населения в США, СССР и современной России	120
Секция «Управление безопасностью»	123
Писарев С.Н., Павлова В.Г. Транспортно-логистические ограничения при эвакуации населения в условиях радиационной чрезвычайной ситуации	123
Писарев С.Н., Соловьева А.А. Ранжирование приоритетов при оценке комплексной безопасности в ходе строительства атомной электростанции	126
Шершинева А.И., Шершнев И.Ю. Разработка информационно-управляющей системы обеспечения информационной безопасности на основе естественно-научного подхода	128
Гаврин А.А. Сценарии разлива СПГ при морской транспортировке	130
Тишков Д.А. Методика расчета вероятности разрушения соседних резервуаров в результате разлета осколков при взрыве внутри наземного резервуара	132

<i>Бызов А.П., Турубаров Д.Г.</i> Совершенствование методики оценки количества опасного вещества, участвующего в аварии при частичной разгерметизации оборудования	134
<i>Писарев С.Н., Шаров Д.Н.</i> Совершенствование мероприятий по защите персонала автозаправочных станций от атак беспилотных летательных аппаратов.....	136
<i>Клопов Н.Д.</i> Оценка стоимости среднестатистической жизни человека	138
<i>Шевляков А.Д.</i> Анализ опасности на опасном производственном объекте молочной промышленности	141
<i>Кольчурин И.А.</i> Оценка антропогенного влияния предприятия по переработке культур масленичного вида.....	144
<i>Умарбекова Ш.Н., Мищенко Е.В.</i> Экологические проблемы Кыргызстана и пути их решения: комплексный подход.....	148
<i>Ясянкина П.О., Русскова И.Г.</i> К вопросу нормирования электромагнитных полей на транспорте	151
<i>Цветков В.О.</i> Применение методов ИИ для прогнозирования ЧС техногенного характера.....	154
Секция «Пожарная и промышленная безопасность»	157
<i>Акопов Д.В.</i> Проблемы обеспечения промышленной безопасности на предприятии фармацевтической промышленности	157
<i>Будюк А.Т.</i> Исследование вскрытия спринклерных оросителей с принудительным пуском от ионисторов в условиях отрицательных температур окружающей среды	160
<i>Буркова А.А.</i> Оценка возможности возникновения взрывопожароопасных смесей при подготовке резервуаров к техническому обследованию и ремонту	163
<i>Возный В.В.</i> Исследование ионистора 10FX2,7V NANOFORCE. Заряд ионистора малым током	165
<i>Горбицкая А.П., Пелех М.Т.</i> Совершенствование диспетчерской службы на примере пожарно-спасательного гарнизона	168
<i>Доронин А.С., Андреев А.В.</i> Сравнительный анализ библиотек для обнаружения признаков дыма и пламени на основе методов компьютерного зрения	171
<i>Емельянова А.Н.</i> Снижение пожарной опасности лакокрасочных материалов на основе органических растворителей.....	173
<i>Зудова Е.Д.</i> Расчет материальной эффективности систем сдерживания пожара.....	175
<i>Зудова Е.Д., Балабанов И.Д.</i> Моделирование динамики пожара классов «А» и «В» в ограниченном объёме.....	177
<i>Иванова А.И., Бызов А.П.</i> Анализ причин и факторов возникновения и развития аварий на объектах газоперерабатывающего комплекса	180
<i>Караваяева А.Н., Климова И.В.</i> Анализ аварий на разрезах и рудниках	182
<i>Кекенова Л.В., Васильев М.А.</i> Оценка влияния стабильности характеристик систем пожарной сигнализации на работоспособность	185
<i>Кириллова П.А., Симонова М.А.</i> Обоснование актуальности необходимости совершенствования расчета взрыва пылевоздушных смесей	187
<i>Киселева В.С., Иванов А.В.</i> Механизмы повышения термической стабильности водосодержащих огнетушащих и защитных составов, применяемых в роботизированных установках пожаротушения	190
<i>Кислушкин В.О.</i> Проблемы управления процессами эвакуации людей при пожаре в условиях террористической угрозы.....	192
<i>Косинова А.С., Бабикова А.С.</i> Применение вспучивающихся композиций УФ-отверждения для защиты деревянных изделий.....	194
<i>Кудрявцев В.С., Вагин А.В., Шабунина Д.Е.</i> Определение времени достижения критических значений опасных факторов пожара в вагоне метрополитена	196
<i>Кудрявцева Л.М.</i> Формирование факторов для балльно-факторной оценки частоты аварий на площадочных объектах магистральных нефтепроводов	199
<i>Кузнецов Ю.Д., Колесников Е.Ю.</i> О необходимости количественного учета неопределенности при моделировании процесса спринклерного пожаротушения	201

<i>Курова О.А.</i> Применение информационных технологий в обеспечении безопасности транспортировки опасных грузов автомобильным транспортом.....	204
<i>Лазурина О.А., Шевчук А.С., Колесников Е.Ю.</i> Описание модели системы речевого оповещения о безопасных путях эвакуации при пожаре	207
<i>Лушкина В.А., Симонова М.А.</i> Проблема обеспечения пожарной безопасности морских нефтегазодобывающих платформ, оснащенных атомными реакторами малой мощности.....	209
<i>Мельникова В.М., Симонова М.А.</i> Проблематика эксплуатации различных видов пожарных извещателей в условиях масляного тумана на металлургических предприятиях	211
<i>Меркулова З.А., Климова И.В.</i> Сравнительный анализ законодательства в области промышленной безопасности в России и за рубежом.....	213
<i>Молодцова А.М.</i> Анализ пожарной безопасности на предприятиях общественного питания	216
<i>Монгуш Ч.Ш.</i> Влияние модификации огнезащитного состава на устойчивость к низким температурам.....	218
<i>Новиков Н.С.</i> Проблема проверки аспирационных пожарных извещателей и основные направления её решения.....	220
<i>Ондрин А.А., Гравит М.В.</i> Применение противопожарных штор в атриуме высотного бизнес-центра.....	223
<i>Пашенко Н.В., Симонова М.А.</i> Дисперсность пыли при механической обработке различных видов древесины	226
<i>Петухова М.А.</i> Анализ пожарной безопасности жилого комплекса.....	229
<i>Прищенок А.В., Васильев М.А.</i> Исследование зависимости параметров пожара и удельной оптической среды от концентрации продуктов горения	231
<i>Проценко Т.В.</i> Исследование процессов подавления испарения сжиженного азота применением порошковых составов	234
<i>Сажин А.А.</i> Разработка программного комплекса автоматизированного расчета основных показателей риска аварий для объектов нефтепродуктообеспечения, в том числе для объектов транспортирования опасных веществ железнодорожным транспортом.	236
<i>Симаков С.А., Гравит М.В.</i> Противопожарная зона как эффективное объемно-планировочное решение для обеспечения безопасности в высотном здании апарт-отеля.....	238
<i>Симонов Г.К., Попова Я.А.</i> Разработка структуры программного модуля оценки потенциального пожарного риска для автоцистерн, осуществляющих транспортирование пожаровзрывоопасных веществ.....	241
<i>Тазиев М.Р.</i> Совершенствование математического аппарата оценки риска поражения осколками при аварии BLEVE	244
<i>Трофимович А.В., Симонова М.А.</i> Особенности протекания процессов горения и взрыва для веществ, взаимодействующих с водой со взрывом или горением	247
<i>Хмылева С.А., Симонова М.А.</i> Проблема расчета теплового сопротивления терморасширяющихся противопожарных преград.....	249
<i>Цыденов А.Ц.</i> Анализ эффективности автоматических средств противопожарной защиты	251
<i>Шадрина Я.Ю., Бызов А.П., Кудрявцева Л.М.</i> Оценка частот аварий с применением балльно-факторного метода для вертикальных стальных резервуаров.....	253
<i>Шеин А.С.</i> Анализ факторов, влияющих на скорость эвакуации персонала при пожаре в котельной.....	255
<i>Щербакова К.Л.</i> Разработка методики проведения испытаний огнезащитных покрытий в условиях углеводородного пожара	258
<i>Якимова А.К., Симонова М.А.</i> О возможности применения глюконата кальция в качестве вспучивающего агента в интумесцентных составах	261

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА – 2025

**Сборник материалов
Всероссийской конференции**

1–4 апреля 2025 года

Часть 3

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 16.04.2025. Формат 60×84/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 16,75. Тираж 32. Заказ 1886.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного редакционной коллегией,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.