

УДК 614.841.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Романов Ярослав Сергеевич,

Слушатель магистратуры

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС

России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева. Санкт-Петербург,

Московский проспект, 149,

gameromanov@mail.ru

Аннотация

Актуальность темы аргументируется кардинальным перестраиванием производственно-складской инфраструктуры в реалиях современной экономики. Складские комплексы, которые эволюционировали в высокотехнологичные логистические хабы с высокой концентрацией товарно-материальных ценностей и сложной архитектурой, становятся весьма уязвимыми звеньями в цепочках поставок. Цель в статье заключается в теоретико-методическом обосновании необходимости внедрения и модернизации автоматических установок пожаротушения (АУПТ) как ключевого инструмента сокращения экономических потерь на объектах производственно-складского назначения. В работе выявлено противоречие между существующей практикой формального соблюдения норм пожарной безопасности, в рамках которой полагаются на устаревшие методы защиты, и реальной потребностью бизнеса в гарантированном сохранении активов. Показано, что классические подходы зачастую демонстрируют низкую результативность в условиях высотного стеллажного хранения и интенсивных логистических потоков, допуская переход возгорания в стадию объемного развития с фатальными последствиями. Авторский вклад состоит в обосновании роли риск-ориентированного подхода к оценке эффективности систем пожаротушения. Предложена расчетная модель, позволяющая рассматривать затраты на внедрение АУПТ не как безвозвратные издержки, а в качестве инвестиции, благодаря которой многократно снижается математическое ожидание потерь. Аргументирована целесообразность интеграции инженерных систем защиты с технологиями промышленного интернета вещей (IIoT) в целях исключения человеческого фактора. К основным выводам относится положение о безальтернативности применения автоматических систем (главным образом, водяного типа с тонкораспыленной водой) для крупных логистических объектов класса А и А+. Изложенные материалы будут полезны руководителям логистических комплексов, специалистам по управлению рисками, инженерам по пожарной безопасности, представителям страхового сообщества.

Ключевые слова: автоматические установки пожаротушения, логистические центры, математическое ожидание потерь, непрерывность бизнеса, пожарная безопасность, производственно-складские комплексы, риск-менеджмент, экономическая эффективность

ENHANCING FIRE SAFETY EFFICIENCY IN INDUSTRIAL-WAREHOUSE COMPLEXES THROUGH THE IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC FIRE SUPPRESSION SYSTEMS

Romanov Yaroslav Sergeevich,

Master's Program Student,

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Hero of the Russian Federation, General of the Army E.N. Zinichev.

149 Moskovsky Avenue, St. Petersburg,

gameromanov@mail.ru

ABSTRACT

The relevance of this topic is driven by the radical transformation of industrial-warehouse infrastructure within the modern economy. Warehousing facilities, which have evolved into high-tech logistics hubs with high concentrations of material assets and complex architectural layouts, represent increasingly vulnerable links in supply chains. The aim of the article is to provide a theoretical and methodological rationale for the implementation and modernization of automatic fire suppression systems (AFSS) as a key tool for reducing economic losses at industrial-warehouse facilities. The study identifies a contradiction between the current practice of formal compliance with fire safety regulations – relying on outdated protection methods – and the real business need for guaranteed asset preservation. It is demonstrated that conventional approaches often show low effectiveness under conditions of high-bay racking systems and intensive logistics flows, allowing local ignition to progress into full-scale fire development with potentially catastrophic consequences. The author's contribution lies in substantiating the role of a risk-oriented approach in evaluating the effectiveness of fire suppression systems. A calculation model is proposed, enabling investment in AFSS to be viewed not as irretrievable cost, but as capital expenditure that significantly reduces the expected value of losses. The article also argues for the integration of engineering protection systems with Industrial Internet of Things (IIoT) technologies to eliminate human-factor risks. Key findings emphasize the non-alternativity of automatic fire suppression systems (primarily water-based systems using fine-spray technology) for large logistics facilities of classes A and A+. The presented material will be of practical value to logistics facility managers, risk management specialists, fire safety engineers, and insurance professionals.

Keywords: automatic fire suppression systems, logistics centers, expected loss value, business continuity, fire safety, industrial-warehouse complexes, risk management, economic efficiency

Введение

В современных экономических реалиях производственно-складская инфраструктура России претерпевает существенные преобразования. Они обусловлены развитием логистических цепочек, электронной коммерции, укрупнением промышленных узлов. Сам склад перестал быть стандартным местом хранения товаров; сегодня это высокотехнологичный хаб с высокой плотностью пожарной нагрузки, сложной архитектурой, круглосуточным режимом работы. В данной связи вопрос обеспечения пожарной безопасности (ПБ) соответствующих объектов переходит из плоскости

формального выполнения нормативных требований в сферу стратегического риск-менеджмента, обеспечения непрерывности бизнеса.

Значимость исследования детерминирована сохраняющимся высоким уровнем пожарной опасности на объектах экономики. Несмотря на развитие технологий мониторинга, пожары на складах и производствах продолжают наносить колоссальный экономический урон. Как представляется, основная проблема заключается не столько в частоте возгораний, сколько в скорости их распространения на огромных площадях, которые характерны для современных логопарков (класса А и А+). Классические методы обнаружения и тушения, полагающиеся на человеческий фактор или устаревшие системы сигнализации, зачастую демонстрируют недостаточную результативность в условиях высоких стеллажных конструкций и наличия легковоспламеняющихся материалов. Запаздывание в принятии мер по ликвидации очага возгорания даже на 5-10 минут способно привести к переходу пожара в стадию объемного развития, когда его тушение становится возможным лишь силами крупных подразделений МЧС, а ущерб исчисляется огромными суммами [3, 8].

Помимо этого, специфика производственных процессов нередко сопряжена с использованием сложного технологического оборудования. Его остановка вследствие пожара (или даже некорректной работы системы тушения, например, залива водой) влечет за собой каскадные экономические потери, превышающие прямой материальный ущерб. Вследствие этого повышение эффективности обеспечения ПБ требует комплексного подхода, в центре которого – внедрение и модернизация автоматических установок пожаротушения (АУПТ).

Материалы и методы

Изученные при подготовке статьи источники отражают множество подходов к исследованию пожарной безопасности производственных и складских объектов. Так, Ф.Д. Дертев [1], В.В. Маврин, О.Г. Циркина [3] используют проблемно-аналитический метод; авторы выявляют технические и организационные уязвимости. К.С. Золотарев [2] применяет оценочно-методический подход для анализа эффективности автоматических систем тушения в условиях сложной архитектуры. А.Н. Рева [6], А.С. Третьяков, Д.С. Луканин, А.А. Франк [7] рассматривают функциональные и эксплуатационные аспекты работы систем противопожарной защиты; Е.В. Троценко [8] систематизирует конструктивные и классификационные характеристики таких установок. А.И. Фомин, Д.А. Бесперстов [9] акцентируют внимание на информационной поддержке надзорной деятельности. В онлайн-материалах [4, 5, 10] подтверждается актуальность темы, демонстрируются экономические масштабы ущерба от пожаров на складах. Выбор публикаций обоснован необходимостью всестороннего рассмотрения технических, организационных, экономических факторов, которые влияют на эффективность внедрения автоматических установок пожаротушения в производственно-складских комплексах. При этом в литературе выявляется дефицит исследований, ориентированных на оценку результативности таких систем именно в условиях производственно-логистических комплексов, а также недостаточно информации о воздействии конструктивных параметров зданий на действенность тушения. Отмечается противоречие между высокой оценкой потенциала автоматических систем пожаротушения [2, 7] и сохраняющимися проблемами безопасности на реальных объектах [1, 3]. Это указывает на необходимость уточнения условий применения технологий.

При написании статьи по данной теме использовались: аналитико-сравнительный метод (для сопоставления научных позиций), структурно-функциональный анализ – в целях описания работы систем пожаротушения, статистический и экономический методы

(чтобы обосновать эффективность внедрения АУПТ на производственно-складском объекте).

Результаты и обсуждение

Анализ статистических данных за последние годы свидетельствует в пользу наличия тревожных тенденций в сфере пожарной безопасности объектов складского и производственного назначения. Согласно официальным данным и отчетам страхового сообщества, ущерб от пожаров в России остается на стабильно высоком уровне. Так, за 11 месяцев 2024 года он составил порядка 16 млрд рублей. При этом, хотя общее количество пожаров может демонстрировать незначительную волатильность, средняя потеря от одного крупного пожара на складе существенно возрастает [5].

По данным экспертов страхового рынка, средний размер заявленного убытка по риску «пожар» для складских объектов за последние пять лет приблизился к отметке 900 млн рублей. Крупные инциденты, подобные пожарам на распределительных центрах федеральных маркетплейсов в 2022-2024 годах, где ущерб оценивался в диапазоне 10-20 млрд рублей, наглядно демонстрируют уязвимость современных мега-складов перед огненной стихией [4]. Впрочем, статистика также указывает на действенность превентивных мер: на объектах, которые оборудованы современными АУПТ, вероятность перерастания локального возгорания в крупный пожар снижается на порядок [4].

Эффективность системы пожарной безопасности напрямую зависит от выбора типа АУПТ – он должен коррелировать с характером хранимого груза, объемом помещения, технологическим процессом. В таблице 1 представлено сопоставление наиболее распространенных типов автоматических установок пожаротушения применительно к рассматриваемым комплексам.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика АУПТ для производственно-складских объектов (составлено на основе [1, 6, 7, 9])

Тип АУПТ	Огнетушащее вещество	Преимущества	Недостатки	Применимость на складах
Водяное (спринклерное, дренчерное)	Вода (в том числе, тонкораспыленная)	Низкая стоимость вещества, высокая теплоемкость, безопасность для людей	Риск порчи товара водой. Сложность монтажа трубной разводки. Зависимость от водоснабжения	Высокая (универсальные склады, стеллажное хранение)
Пенное	Раствор пенообразователя	Эффективная изоляция горючих материалов; снижение расхода воды	Необходимость утилизации пены. Ограниченный срок хранения пенообразователя. Коррозионная активность	Средняя (склады ГСМ, химические производства)
Газовое	Инертные газы, хладоны	Отсутствие ущерба материальным	Высокая стоимость. Необходимость	Низкая (серверные, архивы, малые)

		ценностям. Возможность тушения электрооборудования под напряжением	герметизации помещения. Опасность для персонала (вытеснение кислорода)	склады электроники)
Порошковое	Огнетушащий порошок	Универсальность, низкая стоимость монтажа, широкий диапазон температур эксплуатации	Слеживаемость порошка; сложность уборки после срабатывания	Средняя (локальные зоны, неотапшиваемые)
Аэрозольное	Твердотопливный аэрозолеобразующий состав	Автономность, компактность. Отсутствие трубной разводки	Высокая температура струи. Невозможность остановить реакцию после запуска	Ограниченная (небольшие объемы, кабельные каналы)

Как следует из таблицы 1, для крупных складских комплексов наиболее рациональным, по-видимому, остается водяное пожаротушение, особенно с применением технологий тонкораспыленной воды, которые сводят к минимуму вторичный ущерб от пролива. Между тем, выбор конкретной системы должен базироваться как на технических характеристиках, так и на расчете экономической эффективности.

Внедрение АУПТ целесообразно рассматривать как инвестиционный проект, где капитальные затраты (CAPEX) на установку компенсируются снижением вероятного ущерба (риск-ориентированный подход). Для иллюстрации данного тезиса в таблице 2 приведен расчет результативности внедрения спринклерной системы пожаротушения для условного склада площадью 10 000 кв. м. Расчеты произведены автором на основе агрегированных данных о среднем ущербе и эффективности систем [2, 10].

Таблица 2 – Оценка экономической эффективности внедрения АУПТ (расчетная модель) (составлено на основе [2, 10])

Показатель	Единица измерения	Значение без АУПТ	Значение с АУПТ	Примечание
Вероятность возникновения пожара (P)	доля ед.	0,02	0,02	АУПТ не предотвращает возгорание, но ограничивает его
Коэффициент успешной ликвидации на ранней стадии (K)	доля ед.	0,15 (ручное тушение)	0,92 (автоматическое)	Данные основаны на статистике эффективности автоматики
Средний ожидаемый ущерб при пожаре (L)	млн руб.	900,0	15,0	С учетом локализации очага и уменьшения площади горения

Математическое ожидание потерь ($R = P \times (1-K) \times L$)	млн руб./год	15,3	0,024	Риск снижается за счет высокого коэффициента успешной ликвидации
Сокращение вероятного экономического ущерба	млн руб./год	-	15,276	Экономический эффект от смягчения рисков
Стоимость владения системой (амортизация + ТО)	млн руб./год	0	2,5	Эксплуатационные расходы (ОРЕХ)

Приведенные данные наглядно демонстрируют, что, невзирая на существенные первоначальные вложения, математическое ожидание потерь при наличии АУПТ снижается многократно. Экономия достигается как за счет сохранения товарно-материальных ценностей, так и благодаря снижению страховых тарифов, которые для защищенных объектов могут быть значительно ниже.

Одновременно с этим, для повышения результативности обеспечения пожарной безопасности одних лишь технических средств недостаточно. Требуется интеграция инженерных систем в единый контур управления предприятием. В качестве рекомендаций по усовершенствованию системы ПБ предлагается следующее:

- внедрение интеллектуального мониторинга. Так, использование адресных систем с функцией самодиагностики и интеграцией в ИИТ (промышленный интернет вещей) поможет свести к минимуму ложные срабатывания и сократить время реакции;

- зонирование защиты. Применение комбинированных методов тушения (к примеру, вода для стеллажей и газ для серверных комнат управления складом) в целях оптимизации затрат и эффективности;

- регулярный аудит, тренировки. Техническую исправность системы рекомендуется подкреплять готовностью персонала. Человеческий фактор остается критическим звеном даже при наличии автоматики.

Заключение

Подводя итоги исследования, необходимо отметить, что обеспечение пожарной безопасности производственно-складских комплексов в современных реалиях является комплексной задачей. Она требует выработки системного подхода к риск-менеджменту. Проведенный анализ статистических данных и технических характеристик систем пожаротушения позволяет сделать однозначный вывод о безальтернативности интеграции автоматических установок пожаротушения (АУПТ) для крупных объектов логистики и промышленности.

Результаты показывают, что, хотя количество пожаров на складах варьируется, тяжесть их последствий неуклонно растет в связи с укрупнением объектов, концентрацией материальных ценностей. Внедрение АУПТ предоставляет возможность существенно снизить математическое ожидание потерь. При этом ключевым фактором успеха служит не просто наличие системы, а ее грамотное проектирование — с обязательным учетом специфики объекта — и интеграция в общую систему управления безопасностью предприятия.

Новизна представленных рекомендаций проявляется в обосновании перехода от формального соблюдения норм пожарной безопасности к риск-ориентированной модели,

где АУПТ рассматривается как актив, который генерирует экономическую выгоду за счет предотвращенного ущерба и обеспечения непрерывности бизнес-процессов.

В качестве перспективных векторов дальнейших исследований представляется целесообразным изучение возможностей применения искусственного интеллекта, нейросетей в системах раннего обнаружения возгораний (видеоаналитика дыма и пламени), что может стать следующим эволюционным шагом в развитии систем безопасности производственно-складских комплексов. С авторской точки зрения, именно синергия передовых инженерных решений, организационных мер, экономической оценки рисков способна обеспечить по-настоящему надёжную защиту современной промышленной инфраструктуры России.

Список литературы:

1. Дертев Ф.Д. Особенности пожарной безопасности на объекте производственного назначения // Вестник науки. – 2024. – Т. 1. – № 7 (76). – С. 785-790.
2. Золотарев К.С. Оценка эффективности автоматических систем пожаротушения в высотных зданиях // Вестник науки. – 2025. – Т. 4. – № 11 (92). – С. 1115-1123.
3. Маврин В.В., Циркина О.Г. Проблемные вопросы обеспечения пожарной безопасности складских зданий и помещений производственного объекта // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2024 год. Результаты научных мероприятий. – Иваново: 2025. – С. 74-79.
4. Мордовина М., Пашкова Л., Серков Д. Страховщики оценили ущерб от пожара на складе Wildberries // URL: <https://www.rbc.ru/society/13/01/2024/65a252b49a79473bc9426147> (дата обращения: 20.12.2025).
5. МЧС оценило ущерб от пожаров в России в 16 млрд рублей // URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7404113> (дата обращения: 20.12.2025).
6. Рева А.Н. Работа систем автоматической противопожарной защиты в логистическом комплексе // Актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: 2022. – С. 113-117.
7. Третьяков А.С., Луканин Д.С., Франк А.А. Принцип работы автоматических систем тушения пожара // XI Международная научно-практическая заочная конференция «ЭТАП-2024», посвященная 220-летию КФУ. – Набережные Челны: 2024. – С. 645-652.
8. Троценко Е.В. Автоматические системы пожаротушения // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – № 1 (18). – С. 65-69.
9. Фомин А.И., Бесперстов Д.А. Информационное обеспечение надзорной деятельности в области пожарной безопасности на предприятиях угольной промышленности // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2021. – № 4. – С. 67-72.
10. 900 млн р. – средний размер ущерба по пожарам на складах за последние 5 лет // URL: <https://www.asn-news.ru/news/89406> (дата обращения: 20.12.2025).

References:

1. Dertev F.D. Features of fire safety at an industrial facility // Bulletin of Science. – 2024. – Vol. 1. – No. 7 (76). – Pp. 785-790.
2. Zolotarev K.S. Evaluation of the effectiveness of automatic fire extinguishing systems in high-rise buildings // Bulletin of Science. – 2025. – Vol. 4. – No. 11 (92). – Pp. 1115-1123.
3. Mavrin V.V., Zirkina O.G. Problematic issues of ensuring fire safety of warehouse buildings and premises of a production facility // Collection of materials of scientific events of the educational and scientific complex "State Supervision" for 2024. The results of scientific events. – Ivanovo: 2025. – Pp. 74-79.
4. Mordovina M., Pashkova L., Serkov D. Insurers assessed fire damage at Wildberries warehouse // URL: <https://www.rbc.ru/society/13/01/2024/65a252b49a79473bc9426147> (date of request: 12/20/2025).
5. The Ministry of Emergency Situations estimated the damage from fires in Russia at 16 billion rubles // URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7404113> (date of request: 12/20/2025).
6. Reva A.N. The operation of automatic fire protection systems in the logistics complex // Current issues of ensuring fire safety of facilities for various purposes. Collection of articles of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. – Penza: 2022. – Pp. 113-117.
7. Tretyakov A.S., Lukanin D.S., Frank A.A. The principle of operation of automatic fire extinguishing systems // XI International scientific and practical correspondence conference "STAGE-2024", dedicated to the 220th anniversary of KFU. – Naberezhnye Chelny: 2024. – Pp. 645-652.
8. Trotsenko E.V. Automatic fire extinguishing systems // Scientific Journal of Young Scientists. – 2020. – No. 1 (18). – Pp. 65-69.
9. Fomin A.I., Besperstov D.A. Information support of supervisory activities in the field of fire safety at coal industry enterprises // Bulletin of the Scientific Center for safety of work in the coal industry. – 2021. – No. 4. – Pp. 67-72.
10. 900 million rubles. – the average amount of damage caused by fires in warehouses over the past 5 years // URL: <https://www.asn-news.ru/news/89406> (date of request: 12/20/2025).