

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2025, Том 12, № 4 / 2025, Vol. 12, Iss. 4 <https://resources.today/issue-4-2025.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/02INOR425.pdf>

DOI: 10.15862/02INOR425 (<https://doi.org/10.15862/02INOR425>)

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Иорданова, А. В. Особенности управления пожарной безопасностью с использованием технологий Интернета вещей и искусственного интеллекта / А. В. Иорданова, И. О. Кирильчук, Ю. С. Паукова, К. А. Ноздрачева // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/02INOR425.pdf>. DOI: 10.15862/02INOR425.

For citation:

Iordanova A.V., Kirilchuk I.O., Paukova Ju.S., Nozdracheva K.A. Features of fire safety management using Internet of Things and artificial intelligence technologies. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2025;12(4): 02INOR425. Available at: <https://resources.today/PDF/02INOR425.pdf>. DOI: 10.15862/02INOR425. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 004.896

Иорданова Анастасия Владимировна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Доцент кафедры «Охраны труда и окружающей среды»

Кандидат технических наук

E-mail: asy.gnezdilova@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7780-497X>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=950648

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAH-7282-2020>

Кирильчук Ираида Олеговна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Доцент кафедры «Охраны труда и окружающей среды»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: iraida585@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8636-9340>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=619294

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/N-8966-2016>

Паукова Юлия Сергеевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Аспирант

E-mail: paukova.julia@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4249-9931>

Ноздрачева Ксения Алексеевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
E-mail: ksusha.nozdracheva2006@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6096-5341>

**Особенности управления пожарной
безопасностью с использованием технологий
Интернета вещей и искусственного интеллекта**

Аннотация. Статья посвящена идентификации и анализу особенностей управления пожарной безопасностью на предприятиях и в организациях при внедрении интеллектуальной системы пожарной безопасности, разработанной на основе технологий Интернета вещей и искусственного интеллекта. Анализируя статистические данные, авторами статьи были выявлены основные причины возникновения пожаров. Одной из главных причин является нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования. С целью снижения количества пожаров по данной причине авторами предлагается использовать интеллектуальную систему пожарной безопасности, включающую в себя различные технические устройства, разработанные на основе технологий промышленного Интернета вещей и искусственного интеллекта. В статье подробно описана суть технологий обеспечения пожарной безопасности, разработанных с использованием промышленного Интернета вещей и искусственного интеллекта, а также представлены примеры реализации описанных технологий. К ним относятся: «умные» датчики и извещатели, автоматизированные системы пожаротушения, облачные платформы для дистанционного мониторинга пожарной обстановки, «умные» огнетушители, роботы-пожарные. Проанализировав всю изложенную информацию, авторами статьи также были выявлены определенные проблемы, связанные как с нормативно-правовыми аспектами внедрения данного рода устройств на предприятиях и в организациях, так и непосредственно с самими устройствами. К таковым проблемам относятся: отсутствие нормативной базы для подобного рода устройств, отсутствие автономности как ключевого требования к устройствам пожарной безопасности, различия в методиках испытаний интеллектуальных устройств пожарной безопасности. В заключении авторами статьи предложен ряд мероприятий по минимизации описанных выше рисков.

Ключевые слова: пожарная безопасность; управление; интеллектуальная система; датчик; Интернет вещей; искусственный интеллект; автоматизированная система

Введение

Ежегодно на территории всей Российской Федерации происходит более трехсот тысяч пожаров с общим ущербом более пятнадцати миллиардов рублей [1]. Каждый третий пожар, произошедший в жилых и общественных зданиях, а также на промышленных предприятиях, не обходится без пострадавших или погибших. На рисунке 1 представлена гистограмма распределения количества пожаров, произошедших в период с 2020-го по 2024 года.

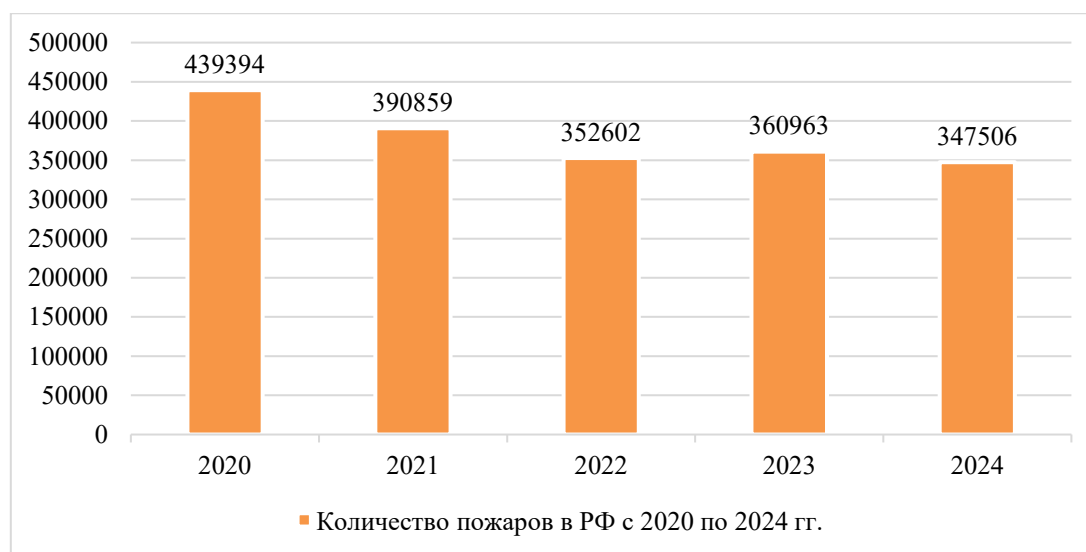


Рисунок 1. Количество пожаров с 2020 по 2024 гг. в Российской Федерации (составлено авторами на основании статистических данных)

На рисунке 2 представлено распределение количества пожаров по причинам их возникновения.



Рисунок 2. Основные причины пожаров и их количество
(составлено авторами на основании статистических данных)

Анализируя диаграмму на втором рисунке, можно увидеть, что второй по величине причиной возникновения пожаров после неосторожного обращения с огнем является нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования. Кроме того, существует и тенденция к увеличению количества пожаров, происходящих по данной причине.

На сегодняшний день существуют эффективные инновационные технологии раннего предупреждения о пожарах, которые могут свести к минимуму возникновение пожаров по причине неисправности электрооборудования.

Эти технологии позволяют анализировать и интерпретировать поступающие данные в режиме реального времени, обнаруживать закономерности, контролировать условия окружающей среды, различать нормальную деятельность и потенциальную опасность пожара [2; 3].

Современные технологии Internet of Things (IoT) и Artificial intelligence (AI) проникают во все сферы жизни общества, включая и пожарную безопасность. Используя определенные алгоритмы, интеллектуальные системы пожарной безопасности способны не только быстро и точно обнаружить возгорание, минимизируя ложные срабатывания, но икратно увеличить возможность раннего предупреждения пожара. Кроме того, подобные системы с легкостью интегрируются в уже существующий в помещении контур безопасности, который включает в себя автоматическое пожаротушение, аварийное освещение и контроль доступа.

Однако, несмотря на все описываемые преимущества при внедрении интеллектуальных систем пожарной безопасности существуют и определенные проблемы, связанные как с нормативно-правовыми аспектами внедрения данного рода устройств на предприятиях и в организациях, так и непосредственно с самими устройствами (модели и методы проектирования интеллектуальных систем пожарной безопасности).

Таким образом, цель данного исследования заключается в идентификации особенностей управления пожарной безопасностью на предприятиях и в организациях при внедрении интеллектуальной системы пожарной безопасности, разработанной на основе технологий IoT и AI.

Материалы и методы

Приборы и устройства, разработанные на основе технологий промышленного Интернета вещей (IoT) относятся к физическим устройствам, которые подключены в сети Интернет с помощью беспроводных технологий и способны обмениваться данными с другими аналогичными устройствами, а также сохранять и анализировать эти данные. Как правило, подобного рода устройства состоят из следующих основных элементов: датчики, программное обеспечение, протоколы беспроводной связи LoRaWAN или NB-IoT. Это позволяет им с легкостью взаимодействовать друг с другом, получать команды и выполнять различные функции. Применяемые в их конструкции энергоэффективные технологии передачи данных и энергопотребления позволяет им работать от встроенного источника питания до 5 лет в автономном режиме. Концепция устройств IoT заключается в том, чтобы позволить объектам и устройствам в нашей физической среде общаться и взаимодействовать друг с другом, а также с людьми, чтобы создать умную и взаимосвязанную экосистему. Эти устройства можно найти в различных областях, и одна из них — это интеллектуальные системы пожарной безопасности [4; 5].

В процессе написания статьи авторами был использован комплексный метод исследования, включающий анализ и обобщение научно-технических достижений в области управления пожарной безопасностью на предприятиях и в организациях, методы группировки и абстракции, алгоритмизация, а также эмпирические наблюдения и исследования.

Результаты исследования

В рамках обеспечения пожарной безопасности на предприятиях и в организациях Российской Федерации возможно использование следующих технологий Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI):

1. «Умные» датчики и извещатели, синхронизированные с AI.

Датчики, разработанные на основе технологий IoT, способны анализировать следующие показатели:

- уровень задымленности;
- температуру;
- влажность;
- уровень содержания углекислого или угарного газа (а также других веществ, выделяющихся в процессе горения).

Кроме того, подобного рода датчики способны отличать ложные срабатывания (например, выделение пара на кухне) от реальных угроз возникновения пожара. Данные, полученные датчиком передаются на сервер, где система искусственного интеллекта их обрабатывает и прогнозирует риск возможного возгорания за несколько часов до его реального возникновения.

При возникновении пожара срабатывает система оповещения, включающая «умные» извещатели, которые способны не только подать звуковой сигнал, но и осуществлять голосовое сопровождение во время эвакуации, направляя людей по наиболее подходящему маршруту [6].

И датчики и извещатели интегрированы в общую систему безопасности. При их срабатывании также происходит автоматическое отключение электрооборудования, открытие эвакуационных выходов. Алгоритм работы «умного» извещателя представлен на рисунке 3.

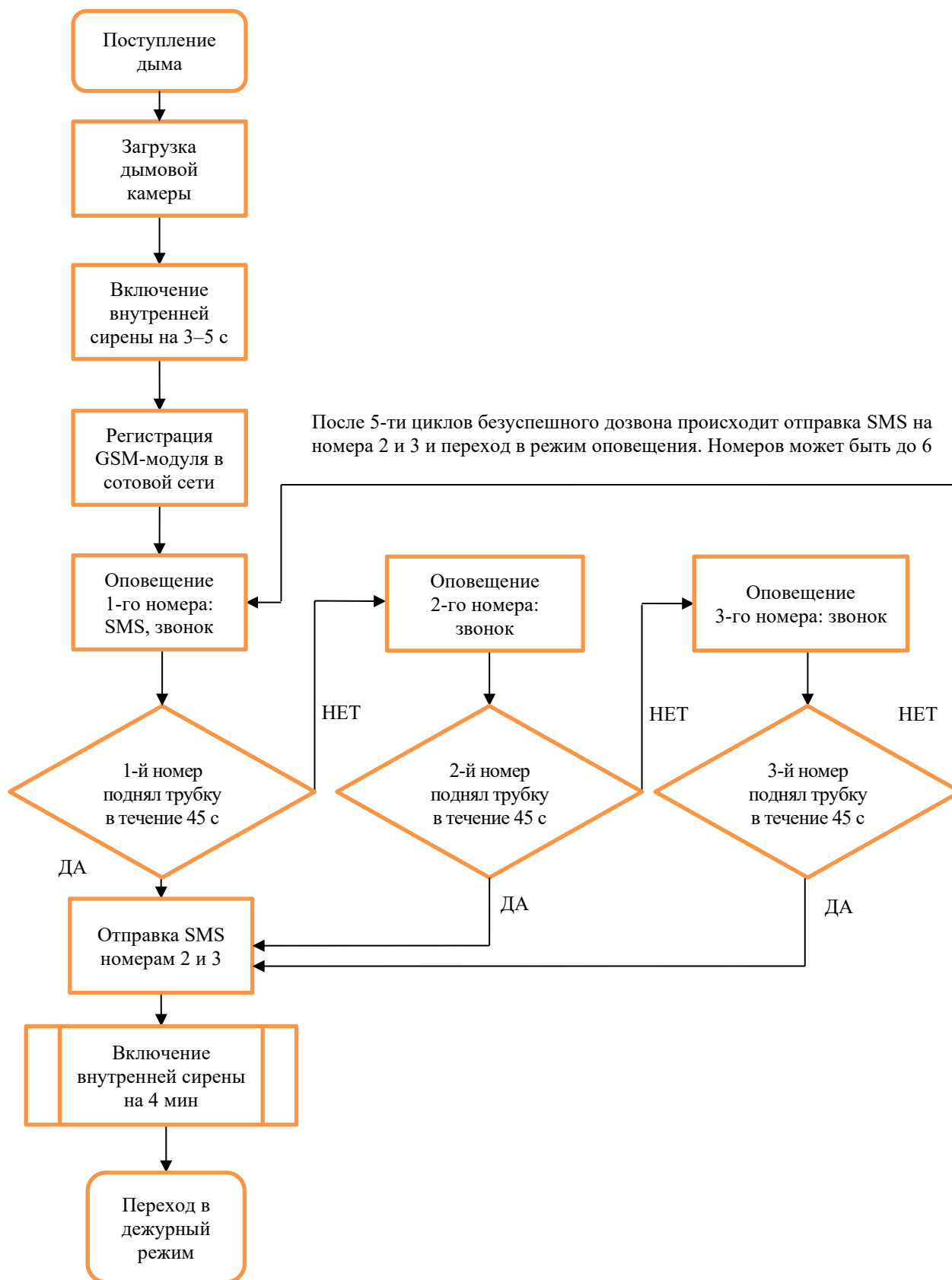


Рисунок 3. Алгоритм работы «умного» извещателя (составлено авторами)

2. Автоматизированные системы пожаротушения на основе IoT.

Автоматизированные системы пожаротушения, разработанные на основе технологий IoT, позволяют произвести автоматическое тушение очага возгорания на ранней стадии, что минимизирует ущерб от пожара. Работает система следующим образом: датчики фиксируют перегрев оборудования, включается система оповещения и активизируется тушение. Огнетушащее вещество (вода, пена или газ) подбирается с учетом категории помещения, где произошло возгорание [7].

К преимуществам данной системы можно отнести высокую скорость реакции, возможность интеграции с другими системами безопасности и минимизацию ущерба за счет раннего обнаружения очага возгорания. Схема реализации системы автоматизированного пожаротушения на основе IoT представлена на рисунке 4.

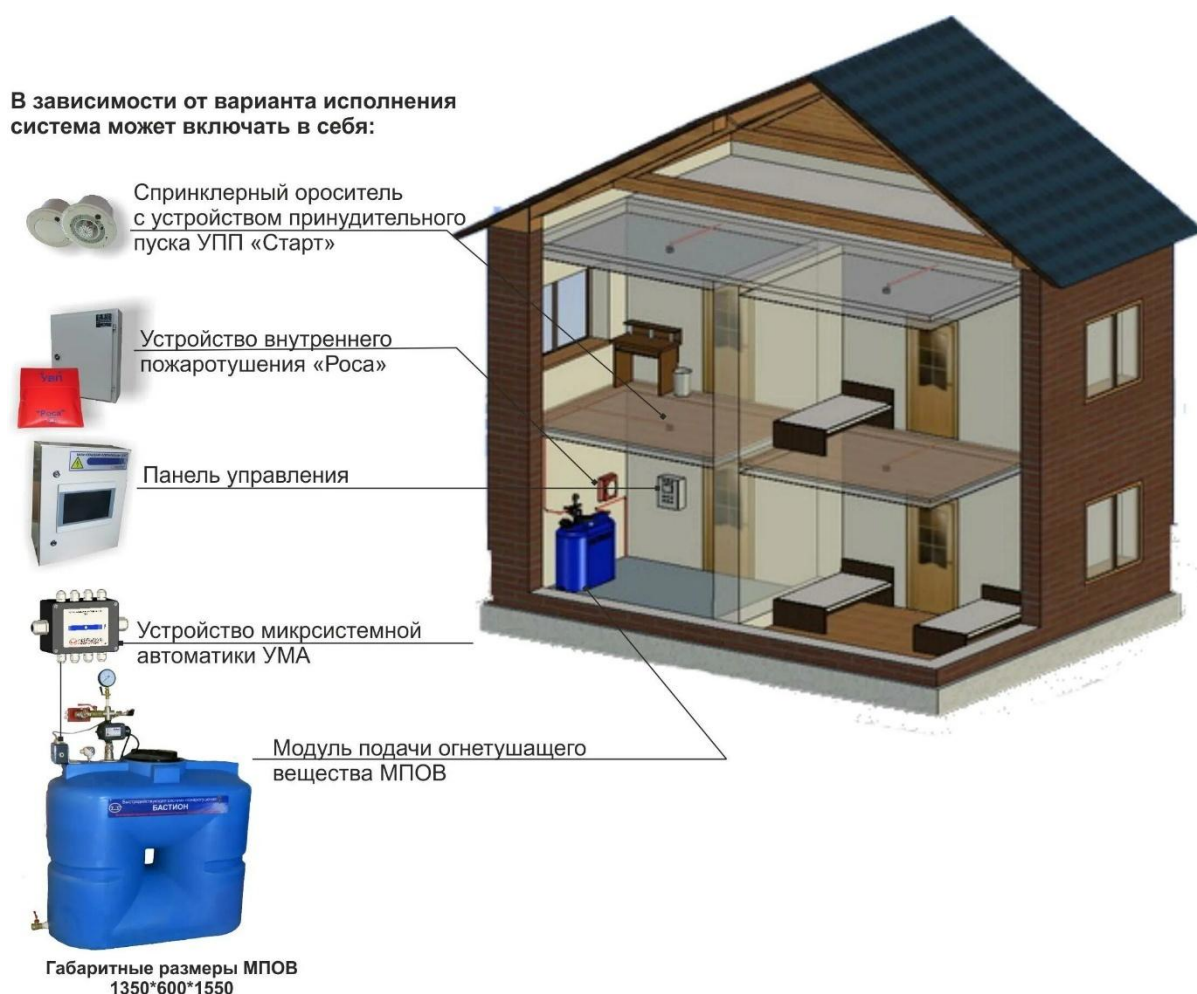


Рисунок 4. Схема реализации системы автоматизированного пожаротушения на основе IoT (источник: <https://edno.pf/img/blog/post/14d3b15d-2619-437c-9e55-7049bd706d4a.jpg>)

3. Облачные платформы для дистанционного мониторинга пожарной обстановки.

Облачные платформы на основе AI, интегрированные со спутниками и беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), позволяют контролировать пожарную безопасность объекта дистанционно из любой точки. Система способна анализировать получаемые данные в режиме реального времени и отправлять уведомления пользователю при малейших отклонениях от нормальных значений [8; 9].

Такие системы в настоящее время используют для контроля лесных пожаров. БПЛА отслеживают изменения температуры или задымление в лесных массивах, а платформа с интегрированным AI прогнозирует на основе полученных данных возможность возникновения пожара и его распространение.

К преимуществам данных систем можно отнести: мониторинг в режиме реального времени, прогнозирование возникновения и распространения пожара, минимизация ущерба в виду оперативности реагирования на возникшую угрозу. Пример реализации данной технологии представлен на рисунке 5.



Рисунок 5. Дистанционный мониторинг лесного пожара с использованием БПЛА (источник: https://avatars.mds.yandex.net/i?id=826890b09c14b0bc71045197e89b4ce6_1-5299516-images-thumbs&n=13)

4. «Умные» огнетушители.

Первичные средства пожаротушения также легко интегрируются в системе IoT. В настоящее время существуют разработки огнетушителей с дистанционным управлением, оснащенные датчиками и специальной электронной карточкой.



Рисунок 6. Огнетушители на основе IoT (источник: <https://i.pinimg.com/736x/19/54/e5/1954e546bcf40d12cc21c3f9c512bfc6.jpg>)

Датчики позволяют анализировать окружающую обстановку и при необходимости автоматически активировать огнетушитель. Уникальная электронная карточка позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние огнетушителя, необходимость его технического обслуживания или перезарядки.

Согласно российскому законодательству любые огнетушители, введенные в эксплуатацию, должны подвергаться техническому обслуживанию, с целью поддержания их в надлежащем рабочем состоянии. Техническое обслуживание огнетушителей включает в себя: ремонт, проверку исправности всех технических узлов огнетушителя, перезарядку, испытания. При внедрении огнетушителей, разработанных на основе IoT, все эти операции происходят практически без участия человека. Пример реализации данного вида огнетушителей представлен на рисунке 6.

5. Роботы-пожарные.

В условиях экстремально высоких температур и сильного задымления, где присутствие человека физически невозможно, могут применяться такие высокотехнологичные устройства как роботы-пожарные. Как правило, они оснащаются специальными водяными пушками и системами навигации на основе LiDAR (Light Detection And Ranging). LiDAR — это система навигации, основанная на определении дальности до объекта при помощи света. Она позволяет роботам-пожарным эффективно перемещаться в экстремальных условиях эксплуатации [10].

К преимуществам данной технологии можно отнести: снижение рисков для пожарных, высокую точность тушения очага возгорания, работу в экстремальных условиях. Один из разработанных роботов-пожарных представлен на рисунке 7.



Рисунок 7. Робот-пожарный с системой навигации на основе LiDAR
(источник: <https://vdo.pf/img/blog/post/42fc6a7d-35ab-4070-b018-b73df9f57682.jpg>)

Следует отметить, что внедрение технологий Интернета вещей и искусственного интеллекта в пожарную безопасность — это один из важных шагов к снижению количества пожаров, и как следствие, к уменьшению жертв и минимизации ущерба. Это связано с тем, что главной особенностью использования технологий IoT и AI в системах пожарной безопасности является не только реакция на уже возникший пожар, а предупреждение возгорания.

Обсуждение и заключения

Таким образом к преимуществам использования устройств на основе IoT относятся:

- способность более быстрого обнаружения пожара по сравнению с традиционными датчиками;
- возможность дистанционного мониторинга состояния IoT датчиков и своевременное планирование профилактических работ;
- возможность интеграции IoT устройств с другими интеллектуальными системами с целью создания единой платформы безопасности.

Следует отметить, что использование предприятиями описанных выше технологий сопровождается также и определенными сложностями:

1. Отсутствие нормативной базы для устройств IoT в пожарной безопасности.

В Российской Федерации на сегодняшний день не разработан единый стандарт для датчиков пожарной безопасности на основе IoT. Соответственно, производители данных устройств могут трактовать требования действующих стандартов самостоятельно. Кроме того, при сертификации «умных» датчиков сертификационные организации используют разные критерии оценки, а заказчики, в свою очередь, сталкиваются с проблемами при выборе подходящих им устройств.

2. Различия в методиках испытаний устройств пожарной безопасности на основе IoT.

Действующие нормативные документы, регламентирующие условия и порядок испытаний датчиков пожарной безопасности, предписывают строгие процедуры их проверки: продолжительное тестирование стабильности работы устройств, оценка помехоустойчивости, проверка чувствительности датчиков в условиях максимально приближенных к реальным. Датчики на основе IoT чаще всего проходят испытания только в лабораторных условиях, что не позволяет проверить их работу при сетевых помехах или перепадах напряжения. Это в свою очередь ведет к риску несрабатывания данных устройств в условиях реально возникшего пожара, что нарушает требования пожарной безопасности.

3. Отсутствие автономности как ключевого требования к устройствам пожарной безопасности.

Практически все имеющиеся в данный момент на рынке «умные» датчики пожарной безопасности разработаны с учетом постоянного подключения к сети и внешнему источнику питания. Это приводит к целому ряду проблем с автономностью: при нестабильном интернет-соединении датчик может не передать соответствующий сигнал, использование литий-ионных аккумуляторов со сроком службы не более 2–3 лет, отсутствие резервного канала для передачи сигнала тревоги.

Стоит также отметить, что производители IoT-датчиков всячески пытаются решить эти проблемы с автономностью с помощью разработки гибридных моделей, сочетающих в себе несколько каналов связи и передачи сигналов.

В качестве мер по минимизации описанных выше рисков можно предложить следующие мероприятия:

- подготовить и утвердить единый стандарт для IoT устройств пожарной безопасности;
- ужесточить требования к автономности и каналам связи для разрабатываемых приборов;
- разработать мероприятия по поддержке отечественных производителей при изготовлении IoT устройств гибридного формата.

Таким образом, устранив указанные риски, можно обеспечить пожарную безопасность предприятий и сохранить жизни людей, не отказываясь при этом от внедрения современных информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозова В.С. Анализ статистики пожаров, произошедших на промышленных предприятиях на территории Российской Федерации / В.С. Морозова // Молодой ученый. — 2024. — № 12(511). — С. 42–44. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65110692> (дата обращения: 25.09.2025).
2. Толпекина М.Е. Проблемы и необходимость внедрения информационных технологий для анализа пожарной обстановки / М.Е. Толпекина, В.Э. Потапенко // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. — 2020. — № 2(6). — С. 434–437. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43947793> (дата обращения: 25.09.2025).
3. Кухтяев А.Д. Разработка интеллектуальной системы пожарной безопасности производства / А.Д. Кухтяев // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 4(142). — URL: <https://research-journal.org/archive/4-142-2024-april/10.23670/IRJ.2024.142.33> (дата обращения: 01.10.2025). — DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.33
4. Иорданова, А.В. Управление производственной и экологической безопасностью в Российской Федерации с использованием технологий Индустрии 4.0 / А.В. Иорданова, И.О. Кирильчук, Д.Е. Гладилин, К.А. Персидская // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/44INOR123.pdf> (дата обращения: 01.10.2025). — DOI: 10.15862/44INOR123.
5. Иорданова, А.В. Анализ особенностей использования промышленного Интернета вещей для обеспечения производственной и экологической безопасности / А.В. Иорданова, Д.Е. Гладилин, Ю.Ю. Курасова, К.А. Персидская // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 3. — URL: <https://resources.today/PDF/06INOR323.pdf> (дата обращения: 01.10.2025). — DOI: 10.15862/06INOR323.
6. Зиятбекова, Г. Применение интеллектуальных систем пожарной безопасности в умных городах / Г. Зиятбекова, А. Бурегулов, Т. Мазак, А. Саметова, Б. Жолдасова // Вестник КазУТБ. — 2023. — Т. 2. — № 19. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=63644602> (дата обращения: 01.10.2025). — DOI: 10.58805/kazutb.v.2.19-84.
7. Миханошина, Ю.Л. Проектирование интеллектуальной автоматической системы точечного адаптивного пожаротушения / Ю.Л. Миханошина, Е.В. Сыпин // Южно-Сибирский научный вестник. — 2013. — № 2(4). — С. 108–111. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20279929> (дата обращения: 02.10.2025).
8. Вычерова, Н.Р. Разработка системы раннего обнаружения лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта / Н.Р. Вычерова, Е.А. Будевич, А.Э. Беляев // Resources and Technology. — 2022. — Т. 19. — № 4. — С. 85–101. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50509927> (дата обращения: 02.10.2025). — DOI: 10.15393/j2.art.2022.6523.

9. Орешина, М.Н. Использование информационных технологий при разработке автоматизированной системы контроля возгорания торфяников / М.Н. Орешина, А.П. Зверев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — № 12. — С. 578–582. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60054380> (дата обращения: 04.10.2025). — DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-578-579.
10. Селезнева, А.И. Исследование и разработка роботизированного аппарата для тушения пожаров / А.И. Селезнева, А.А. Никифоров, А.Р. Мустафин // Технологический суверенитет машиностроительного комплекса России: Материалы II Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 19–20 сентября 2024 года. — Москва: ООО «Первое экономическое издательство», 2024. — С. 311–315. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82562305> (дата обращения: 04.10.2025). — DOI 10.18334/9785912925337.311-315.

Iordanova Anastasia Vladimirovna

Southwest State University, Kursk, Russia

E-mail: asy.gnezdilova@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7780-497X>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=950648

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAH-7282-2020>

Kirilchuk Iraida Olegovna

Southwest State University, Kursk, Russia

E-mail: iraida585@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8636-9340>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=619294

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/N-8966-2016>

Paukova Julia Sergeevna

Southwest State University, Kursk, Russia

E-mail: paukova.julia@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4249-9931>

Nozdracheva Ksenia Alekseevna

Southwest State University, Kursk, Russia

E-mail: ksusha.nozdracheva2006@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6096-5341>

Features of fire safety management using Internet of Things and artificial intelligence technologies

Abstract. The article is devoted to the identification and analysis of the features of fire safety management at enterprises and organizations when implementing an intelligent fire safety system developed on the basis of Internet of Things and artificial intelligence technologies. Analyzing the statistical data, the authors of the article identified the main causes of fires. One of the main reasons is the violation of the rules for the installation and operation of electrical equipment. In order to reduce the number of fires for this reason, the authors propose using an intelligent fire safety system that includes various technical devices developed on the basis of industrial Internet of Things and artificial intelligence technologies. The article describes in detail the essence of fire safety technologies developed using the industrial Internet of Things and artificial intelligence, as well as provides examples of the implementation of the described technologies. These include: smart sensors and detectors, automated fire extinguishing systems, cloud platforms for remote monitoring of the fire situation, smart fire extinguishers, and fire fighting robots. After analyzing all the information presented, the authors of the article also identified certain problems related to both the regulatory aspects of the introduction of this type of device in enterprises and organizations, as well as directly with the devices themselves. These problems include the lack of a regulatory framework for such devices, lack of autonomy as a key requirement for fire safety devices, and differences in testing methods for intelligent fire safety devices. In conclusion, the authors of the article propose a number of measures to minimize the risks described above.

Keywords: fire safety; management; intelligent system; sensor; Internet of Things; artificial intelligence; automated system