

Научная статья

УДК: 614.849

doi: 10.34987/2712-9233.2025.80.94.002

Обзор автоматических систем пожаротушения в зданиях высотного строительства для обеспечения безопасности и эффективного управления при аварийных ситуациях

Хасенова Алия Нуржановна¹

Кузьмичёв Александр Андреевич¹

Гололобов Дмитрий Александрович²

¹*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан*

²*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

Автор ответственный за переписку: Александр Андреевич Кузьмичёв, Kuzmichev112@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются автоматические системы пожаротушения, которые играют ключевую роль в обеспечении безопасности людей. В частности, уделяется внимание современным системам обнаружения пожара, основанным на технологиях искусственного интеллекта, которые значительно повышают эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации. Представлена подробная классификация автоматических систем пожаротушения, что позволяет лучше понять разнообразие существующих технологий и их применение в разных сферах. В статье рассматриваются актуальные проблемы пожарной безопасности в высотных зданиях, такие как сложность доступа к верхним этажам, необходимость в специализированном оборудовании, увеличенное время начала тушения пожара. Обсуждаются возможные решения этих проблем и перспективы дальнейшего развития технологий в этой области.

Ключевые слова: автоматические системы пожаротушения, высотные здания, видео аналитика, анализ, искусственный интеллект, обнаружение.

Для цитирования: Хасенова А.Н., Кузьмичёв А.А., Гололобов Д.А. Обзор автоматических систем пожаротушения в зданиях высотного строительства для обеспечения безопасности и эффективного управления при аварийных ситуациях // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2025. № 1 (17). С. 11-15. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.80.94.002>.

Review of automatic fire extinguishing systems in high-rise buildings to ensure safety and effective management in emergency situations

Aliya N. Khassenova¹

Alexandr A. Kuzmichev¹

Dmitriy A. Gololobov²

¹*Academy of Civil Defense named after Malik Gabdullin Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan*

²*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia*

Corresponding author: Alexandr A. Kuzmichev Kuzmichev112@mail.ru

Abstract. The article discusses automatic fire suppression systems that play a key role in ensuring the safety of people. In particular, it focuses on modern fire detection systems based on artificial intelligence technologies, which significantly enhance the effectiveness of emergency response. A detailed classification of automatic fire suppression systems is presented, allowing for a better understanding of the diversity of existing technologies and their applications in various fields. The article also addresses current fire safety issues in high-rise buildings, such as the difficulty of accessing upper floors, the need for specialized equipment, and the increased time required to initiate fire suppression. Possible solutions to these problems and the prospects for further development of technologies in this area are discussed.

Keywords: automatic fire extinguishing systems, high-rise buildings, video analytics, analysis, artificial intelligence, detection.

For citation: Khassenova A. N., Kuzmichev A.A., Gololobov D.A. Review of automatic fire extinguishing systems in high-rise buildings to ensure safety and effective management in emergency situations // Actual problems of safety in the Technosphere 2025. № 1 (17). p. 11-15. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.80.94.002>.

Высотные здания представляют собой объекты повышенной пожарной опасности к которым предъявляются дополнительные требования пожарной безопасности [1-3]. Одним из ключевых аспектов обеспечения пожарной безопасности является использование автоматических систем пожаротушения (АСПТ). Автоматические системы пожаротушения предназначены для тушения пожара и недопущения его развития, сохранение жизни людей и защиты материальных ценностей. Перечень объектов, на которых обязательно наличие АСПТ [2], можно разделить на несколько основных групп:

1. Объекты с высокой динамикой развития пожара (склады, архивы, паркинги, производственные здания и т.д.)
2. Технически сложные объекты (высотные здания, тоннельные комплексы, метро и т.п.) и объекты с массовым пребыванием людей (торговые центры, театры, административные здания, гостиницы и т.д.).
3. Уникальные объекты (музеи, здания культурно-зрелищного, религиозного назначения и т.д.) и объекты критической инфраструктуры (центры обработки данных, помещения связи, электростанции).

В связи с тем, что небольшое возгорание при свободном горении может приводить к невосполнимым материальным потерям, оперативное тушение пожара на начальной стадии пожара становится крайне важным аспектом безопасности. ГОСТ Р 54081-2010 определяет понятие начальной стадии пожара, которая ограничена 5-ю минутами свободного горения. В условиях, требующих скорость принятия мер, АУП позволит оперативно подать огнетушащее вещество в очаг возгорания [4].

Проблемные вопросы пожарной безопасности в высотных зданиях

Одной из ключевых проблем - сложность доступа пожарных расчетов к месту возгорания, особенно на верхних этажах. Ограниченная высота выдвижных лестниц существенно затрудняет эвакуацию людей и не всегда позволяет достигнуть места пожара в случае экстренной ситуации.

Кроме того, подача воды на большие высоты осложняется и требует значительных затрат времени. Скорость доставки огнетушащих средств будет заметно ниже, чем для стандартных зданий. Это связано с увеличенной длиной рукавных линий, что в свою очередь затрудняет как сам процесс тушения, так и управление операцией.

В связи с вышеописанными проблемами, становится очевидным, что необходимо внедрение дополнительных мер пожарной безопасности в высотных зданиях. В частности, эффективная работа автоматических систем пожаротушения представляет собой действенную меру, позволяющую минимизировать ущерб от пожара.

Классификация автоматических систем пожаротушения

Спринклерные системы пожаротушения: Наиболее распространённый тип системы пожаротушения, включает в себя сеть труб с распределёнными спринклерами, которые активируются при воздействии на них повышенных температур, распыляя воду или иное пожаротушащее вещество для тушения пламени.

Дренчерные системы пожаротушения: В отличие от спринклерных систем, в которых спринклеры срабатывают индивидуально при достижении определенной температуры, дренчерные системы активируют подачу воды одновременно через все оросители секции пожаротушения. Эти системы часто используются в местах с высокой пожарной опасностью, где требуется быстрое и интенсивное тушение пожара. Вода подается сразу на всю зону риска, обеспечивая максимальное охлаждение и защиту территории.

Газовые системы тушения: высокоэффективные установки, которые используют специальные газообразные вещества для подавления огня путем снижения концентрации кислорода в зоне горения до уровня, недостаточного для поддержания процесса горения. Современные разработки включают применение экологически чистых газовых агентов, таких как инертные газы (например, аргон, азот), которые безопасны для окружающей среды и не оставляют следов после выпуска. Среди последних инноваций стоит отметить использование газовых смесей, сочетающих эффективность традиционных огнетушащих веществ с минимальными рисками для здоровья людей и оборудования. Например, смеси на основе углекислого газа (CO₂) или хладонов, которые обеспечивают быстрое распространение и равномерное распределение газа в помещении.

Пенные системы пожаротушения: основаны на применении пены — специального состава, который образуется при смешивании пенообразующего раствора с водой и воздухом. Пена наносится на поверхность горящего материала, создавая пленку, которая блокирует доступ кислорода к очагу пожара. Пену активно применяют при тушении жидких горючих материалов, таких как нефть, нефтепродукты и растворители, поскольку она способна покрывать большие площади и предотвращать повторное воспламенение жидкости.

Современные пенные системы отличаются повышенной эффективностью благодаря использованию низкопенных растворов, которые легче проникают вглубь горящей массы и обеспечивают глубокое проникновение пены внутрь очага пожара. Разработка новых пенообразующих составов позволила снизить расход воды и повысить экологичность системы. Такие системы часто применяются на промышленных предприятиях, складах топлива и автозаправочных станциях.

Системы пожаротушения методом пульверизации воды

Системы пожаротушения с применением метода пульверизации воды используют воду, распыленную в виде мельчайших капель. Эти системы работают по принципу быстрого охлаждения зоны возгорания, что позволяет существенно уменьшить температуру горящих материалов и снизить интенсивность пламени. Мелкодисперсная вода, разбрызгиваемая в воздухе, эффективно поглощает тепло и увеличивает влажность вокруг очага пожара, затрудняя процесс дальнейшего распространения.

Такие системы менее агрессивны по сравнению с традиционными системами водяного пожаротушения, что делает их подходящими для применения в общественных зданиях, офисах и культурных учреждениях.

Повышение эффективности автоматических систем пожаротушения

Видеоаналитика — это автоматизированная технология, которая применяет методы компьютерного зрения для извлечения данных через анализ последовательностей изображений. Программное обеспечение для видеоаналитики строится на основе набора алгоритмов машинного зрения, позволяющих осуществлять видеомониторинг и анализ данных без необходимости участия человека.

Ключевые функции видеоаналитики (представлены в таблице 1) основаны на задачах компьютерного зрения, включающих:

- поиск, отслеживание, классификацию и идентификацию объектов;
- извлечение данных из изображений;
- анализ полученной информации [6].

Таблица 1. Обзор функций

№ п/п	Функция	Характеристика
1.	Улучшение изображений	Применение методов и алгоритмов для восстановления и улучшения изображений включает такие процессы, как шумоподавление, устранение размытия и другие техники, а также увеличение чёткости изображений с помощью нейросетевых подходов.
2.	Детектирование движения	Сравнение нескольких последовательных кадров сцены служит для определения начала движения объекта в пределах этой сцены.
3.	Распознавание лиц	Автоматическая локализация лица на статическом или динамическом изображении, а при необходимости — идентификация личности на основе отличительных характеристик.
4.	Распознавание бесцельного поведения	Использование алгоритмов распознавания, таких как Loitering, позволяет отслеживать перемещение объекта.
5.	Распознавание пропажи, либо оставленных без присмотра объектов	Система выдает предупреждения в случае выявления брошенного предмета или пропажи объекта.

Видеообнаружение пожара представляет собой эффективное средство информационной поддержки борьбы с огнем, так как оно позволяет быстро идентифицировать возгорание на ранней стадии и незамедлительно принять необходимые меры [7].

Анализ современных систем обнаружения пожара на основе искусственного интеллекта

FireAI — это система, разработанная для обнаружения пожаров с использованием видеокамер и алгоритмов ИИ. Она способна анализировать видеопоток в реальном времени и обнаруживать признаки пожара, такие как дым и огонь. FireAI использует методы глубокого обучения для распознавания образов и паттернов, что делает ее особенно эффективной в сложных условиях эксплуатации.

SmokeBot — это система роботизированного обнаружения и тушения пожаров, которая использует ИИ для анализа данных с различных датчиков и камер. Роботы SmokeBot могут автономно перемещаться по объекту и выполнять задачи по тушению пожара. Система разработана для работы в сложных и опасных условиях, таких как промышленные предприятия и склады, где традиционные системы могут быть менее эффективными.

DeepAI Fire Detection — это система, основанная на глубоких нейронных сетях, предназначенная для обнаружения пожаров на видеопотоке. Она обучена на больших наборах данных, содержащих изображения и видеоматериалы с пожарами. Использование передовых методов машинного обучения позволяет DeepAI Fire Detection достигать высокой точности и надежности в различных условиях.

Hikvision Fire Detection Cameras. Hikvision, известный производитель систем видеонаблюдения, разработал серию камер с функцией обнаружения пожаров. Эти камеры оснащены ИИ-алгоритмами для анализа видеопотока и обнаружения признаков пожара. Hikvision предлагает комплексные решения для видеонаблюдения и пожарной безопасности, что делает их продукцию популярной среди предприятий и организаций.

Учитывая большие экономические затраты на установку таких систем, необходима разработка системы с внедрением в уже существующие системы видеонаблюдения, что позволит значительно сэкономить, а так-же увеличить зону покрытия системами обнаружения пожаров таких мест, в которых установка традиционных систем невозможна, по примеру прилегающих территорий.

Ранее проведенные исследования показывают, что в начале 21 века произошло значительное развитие технологий пожарной автоматики.

К основным достижениям в этой области можно отнести:

В системах пожарной сигнализации: модульные приемно-контрольные устройства и радиоканальные системы, способные автоматически маршрутизировать сигналы тревоги.

В области обнаружения пожара: аспирационные дымовые извещатели, тепловые с линейными и многоточечными зонами обнаружения пламени, а также мультикритериальные системы с видеоканалом.

Автоматические установки пожаротушения, использующие новые типы огнетушащих веществ и их комбинации.

Новые оповещатели и указатели направления движения, а также цифровые системы передачи аудиоинформации.

В сфере видеомониторинга пожара - цифровые и сетевые видеокамеры, а также электронные видеорегистраторы [2].

Заключение

Автоматические системы пожаротушения – важнейший элемент противопожарной безопасности высотных зданий. Современные технологии, включая тонкораспылённую воду, интеллектуальные датчики и интеграцию с автоматизированными системами управления зданиями (АСУЗ), существенно увеличивают эффективность борьбы с пожарами. Эти инновации позволяют более точно обнаруживать возгорания, быстро реагировать на них и оптимизировать процессы тушения, что в свою очередь снижает риск ущерба и повышает безопасность объектов. Однако успешная работа таких систем требует не только грамотного проектирования, но и регулярного технического обслуживания.

Для повышения безопасности необходимо учитывать специфику высотных зданий, комбинировать различные методы тушения и внедрять современные инновационные решения.

Список использованных источников:

1. Кузьмичев А.А. Интеграция и оптимизация автоматических систем пожаротушения в зданиях высотного строительства для обеспечения безопасности и эффективного управления при аварийных ситуациях: дис. канд. технич. наук. — Москва, 2023. — 234 с.
2. Нормы оборудования зданий, помещений и сооружений системами автоматической пожарной сигнализации, автоматическими установками пожаротушения и оповещения людей о пожаре СН РК 2.02-11-2023.
3. Республика Казахстан. Министерство по чрезвычайным ситуациям. Об утверждении технического регламента «Общие требования к пожарной безопасности»: Приказ Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 17 августа 2021 г. № 405 // официальный сайт правовой информации Республики Казахстан. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V21000405> _ (дата обращения: 05.04.2024).
4. Республика Казахстан. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий»: от 9 июня 2023 г. № 435 // Министерства строительства и ЖКХ Республики Казахстан. – URL: <https://mcs.gov.kz/ru/document/tekhnicheskij-reglament-o-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy-stroitelnykh-materialov-i-izdeliy> (дата обращения: 05.04.2024).
5. Кыргызская Республика. Государственный стандарт. Технический регламент «Требования по оборудованию зданий, помещений и сооружений системами автоматического пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Общие технические условия»: КР СТ 2430–2013 // Национальный орган по стандартизации Кыргызской Республики. – Бишкек, 2013. – URL: <https://www.standart.gov.kg/public/showDocument.php?lang=ru&id=4168> (дата обращения: 05.04.2024).
6. Обзор перспективных, информативных технологий видеоаналитики // CyberLeninka: сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 10.01.2024).
7. Жданкин, С. С. О эффективности применении систем видео детекции для обнаружения пламени / С.С. Жданкин, К. В. Тандин, Н. С. Изупов // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. – 2024. – № 3 (15). – С. 79-86. – DOI 10.34987/2712-9233.2024.23.46.001. – EDN TELMXD.

Статья поступила в редакцию 15.01.2025, одобрена после рецензирования 15.03.2025, принята к публикации 26.03.2025.

The article was submitted 15.01.2025, approved after reviewing 15.03.2025, accepted for publication 26.03.2025.