

УДК 656

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ:
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УМНОГО ДОМА КАК ИНСТРУМЕНТ
РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ**

Стадницкий А.А., магистрант

Панфилов Е.М., магистрант

Рубинов П.В., доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов*

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме экологического ущерба от пожаров в образовательных учреждениях. Проанализирована статистика пожаров в образовательных организациях Российской Федерации и Тамбовской области за 2023–2024 годы. Рассмотрены действующие методики расчета вреда атмосферному воздуху при пожарах согласно Приказу Минприроды России № 59 от 28.01.2021 и ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду 2025 года. Представлена концепция интеграции автоматической противопожарной системы в технологию умного дома для школьных зданий. Проведено экономическое обоснование внедрения системы раннего обнаружения пожаров, показывающее снижение материального и экологического ущерба в 2-3 раза при сроке окупаемости 3-5 лет.

Ключевые слова: пожарная безопасность, образовательные учреждения, экологический ущерб, загрязнение атмосферы, умный дом, система раннего обнаружения пожаров, Тамбовская область, экономическая эффективность.

**ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM FIRES IN EDUCATIONAL
BUILDINGS OF TAMBOV REGION: IMPLEMENTATION OF SMART
HOME SYSTEM AS AN EARLY FIRE DETECTION TOOL**

Stadnitsky A.A., Master's student

Panfilov E.M., Master's student

Rubinov P.V., Associate Professor of the Department of Environmental Management
and Protection

FSBEI HE "Tambov State Technical University", Tambov

Abstract. The article addresses the current problem of environmental damage from fires in educational institutions. Fire statistics in educational organizations of the Russian Federation and Tambov region for 2023–2024 are analyzed. Current methods for calculating atmospheric air damage from fires are considered according to the

Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 59 dated January 28, 2021, and payment rates for negative environmental impact in 2025. The concept of integrating an automatic fire protection system into smart home technology for school buildings is presented. Economic justification for implementing an early fire detection system is provided, demonstrating a 2-3 times reduction in material and environmental damage with a payback period of 3-5 years.

Keywords: fire safety, educational institutions, environmental damage, atmospheric pollution, smart home, early fire detection system, Tambov region, economic efficiency.

Введение

Пожары в образовательных учреждениях представляют комплексную угрозу: риск для жизни людей, материальные потери, длительное нарушение учебного процесса и значительное загрязнение окружающей среды. Современные школьные здания насыщены полимерными строительными материалами, синтетической мебелью и электронным оборудованием, горение которых приводит к выбросу в атмосферу токсичных соединений.

Развитие технологий умного дома открывает перспективы создания интегрированных систем противопожарной защиты [7], способных обнаруживать возгорание на начальной стадии и автоматически координировать действия по минимизации последствий. Особую актуальность проблема приобретает для Тамбовской области [4], где функционирует развитая сеть образовательных учреждений.

Статистический анализ пожаров в образовательных учреждениях

Анализ данных МЧС России показывает устойчивый рост пожаров в образовательных организациях [3]. За девять месяцев 2024 года зарегистрировано 247 пожаров против 211 в 2023 году – прирост составил 17,1%. Погиб один человек, травмировано двое. Первопричиной в 68,4% случаев стал аварийный режим электрооборудования, что указывает на системные проблемы с технической эксплуатацией зданий.

Неосторожное обращение с огнем вызвало 17,0% пожаров, поджоги – 8,9%. Региональная картина неоднородна. В Тамбовской области за аналогичный период 2024 года произошло 34 пожара против 49 в 2023-м – снижение на 30,6%. Положительная динамика связана с реализацией региональных профилактических программ, однако абсолютные показатели требуют дальнейшего совершенствования систем противопожарной защиты.

Таблица 1. Причины пожаров в образовательных учреждениях РФ (2024 г.) [3]

Причина пожара	Количество	Доля, %
Аварийный режим электрооборудования	169	68,4
Неосторожное обращение с огнем	42	17,0

Поджоги	22	8,9
Прочие причины	14	5,7

Преобладание электротехнических причин обосновывает необходимость систем раннего обнаружения, поскольку неисправности электросетей часто проявляются локальными возгораниями, которые автоматические датчики фиксируют до развития открытого пламени [9].

Экологический аспект пожаров в образовательных учреждениях

Состав выбросов. При горении материалов школьного интерьера в атмосферу поступают загрязняющие вещества различных классов опасности [6]. Оксид углерода (класс опасности 2) образуется при дефиците кислорода, диоксид углерода (класс 4) – продукт полного окисления. Высокие температуры инициируют синтез оксидов азота (класс 2). Полимерные материалы генерируют специфические токсиканты: хлороводород из поливинилхлорида (линолеум, оконные профили), формальдегид из древесностружечных плит, изоцианаты из полиуретановой мебельной обивки. Особую опасность представляют диоксины (класс 1) – канцерогенные соединения, образующиеся при горении хлорсодержащей органики.

Таблица 2. Основные загрязняющие вещества при пожарах [6][10]

Вещество	Класс опасности	Источник
Оксид углерода (CO)	2	Неполное сгорание
Оксиды азота (NOx)	2	Высокотемпературное окисление
Хлороводород (HCl)	2	ПВХ-материалы
Формальдегид	2	ДСП, мебель
Бензол, ПАУ	1	Органические материалы
Диоксид серы (SO ₂)	3	Серосодержащие материалы
Твердые частицы	3	Продукты горения

Средняя горючая нагрузка в школьных помещениях достигает 30–50 кг/м². При площади пожара 100 м² в атмосферу выбрасываются тонны токсичных продуктов, что по масштабу сопоставимо с аварийным выбросом небольшого предприятия [10].

Нормативная база расчета ущерба. Методическую основу исчисления вреда атмосферному воздуху составляет Приказ Минприроды России от 28.01.2021 № 59, действующий с 16 февраля 2021 года [1]. Методика учитывает массу сверхнормативных выбросов, класс опасности веществ, таксы вреда и экологическую значимость территории.

Ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2025 году регулируются Постановлением Правительства РФ от 17.04.2024 № 492 с

изменениями от 24.09.2024 № 1290. Применяется коэффициент 1,32 к базовым ставкам 2024 года. На особо охраняемых территориях коэффициент удваивается.

Для образовательных учреждений расчет усложняется многокомпонентным составом выбросов. Требуется определение удельных выходов каждого вещества на единицу сгоревшей массы с учетом материального состава горючей загрузки. При крупном пожаре экологические платежи могут превысить миллион рублей [8].

Концепция умного дома с интегрированной противопожарной защитой

Архитектура системы. Умный дом – это программно-аппаратный комплекс, автоматизирующий управление инженерными системами здания [7]. Интеграция противопожарной подсистемы создает единую платформу безопасности, реагирующую на угрозы без участия человека.

Аппаратный уровень включает сенсорную сеть (фотоэлектрические дымовые извещатели, термодатчики, газоанализаторы CO/CO₂, комбинированные извещатели с алгоритмами распознавания образов задымления), контроллеры (центральная панель с микропроцессором, GSM/4G-модулями связи, резервным питанием), исполнительные устройства (оповещатели речевые и световые, реле управления вентиляцией и электропитанием, дренчерные установки пожаротушения).

Программный уровень обеспечивает обработку данных датчиков, логику принятия решений, интерфейсы мониторинга через веб-панель и мобильное приложение. При срабатывании извещателя система автоматически активирует оповещение, передает сигнал тревоги в пожарную охрану и ответственным лицам, отключает приточную вентиляцию в зоне возгорания, включает дымоудаление, разблокирует эвакуационные выходы, переводит лифты на первый этаж.

Преимущества интегрированного подхода. Ключевое преимущество – обнаружение возгорания на стадии тления, когда пламя отсутствует. Дымовые датчики регистрируют задымление за 3–5 минут до появления открытого огня. Газовые анализаторы фиксируют повышение концентрации CO еще раньше. Выигрыш времени критичен: каждая минута задержки удваивает площадь распространения огня.

Автоматизация исключает человеческий фактор. Система не зависит от присутствия персонала, срабатывает круглосуточно, включая выходные и каникулярные периоды. Удаленный мониторинг позволяет ответственным лицам контролировать объект из любой точки, получать push-уведомления о событиях безопасности [7].

Интеграция с инженерными системами усиливает защиту. Отключение приточной вентиляции предотвращает приток свежего воздуха, питающего

горение. Активация дымоудаления ограничивает распространение токсичных газов. Управление освещением обеспечивает видимость путей эвакуации. При наличии дренчерной установки автоматический пролив локализует очаг до прибытия пожарных расчетов [9].

Экономическое обоснование внедрения

Инвестиционные затраты. Стоимость оснащения школьного здания площадью 3500 м² автоматической пожарной сигнализацией с оповещением составляет 500–1500 тыс. руб. в зависимости от конфигурации [8]. Интеграция в умный дом добавляет 200–400 тыс. руб. на программное обеспечение, коммуникационные модули и разработку мобильного приложения. Общие капитальные затраты – 700–1900 тыс. руб.

Ежегодное техническое обслуживание оценивается в 12–18 руб./м² в месяц, что для рассматриваемого объекта дает 500–750 тыс. руб./год. Обслуживание включает плановые проверки, ремонт, замену элементов питания, обновление программного обеспечения.

Таблица 3. Экономическая эффективность системы [8]

Показатель	Значение
Капитальные затраты	700 – 1900 тыс. руб.
Эксплуатационные расходы	500 – 750 тыс. руб./год
Снижение материального ущерба	в 2–3 раза
Снижение страховых премий	10–30%
Срок окупаемости	3–5 лет

Составляющие экономического эффекта. Материальный ущерб от пожара в школьном здании исчисляется миллионами рублей: стоимость ремонта конструкций, замены оборудования, утраченного имущества. Раннее обнаружение сокращает площадь и интенсивность горения, снижая прямой ущерб в 2–3 раза. Если среднестатистический пожар без системы раннего обнаружения причиняет ущерб 5 млн руб., то при наличии системы потери ограничиваются 1,5–2,5 млн руб.

Экологический ущерб пропорционален массе сгоревших материалов. Локализация возгорания на площади 20–30 м² вместо 100–150 м² снижает выбросы загрязняющих веществ в 3–5 раз. Соответственно уменьшаются экологические платежи и штрафные санкции [6].

Страховые компании предоставляют скидки при наличии сертифицированных автоматических систем противопожарной защиты. Снижение страховой премии на 10–30% для крупного образовательного учреждения составляет 50–200 тыс. руб. ежегодно.

Косвенные убытки включают простой учебного процесса, аренду временных помещений, психологический ущерб. Предотвращение развитого пожара исключает эти потери, которые могут многократно превышать прямой

материальный ущерб.

Суммарный годовой эффект от внедрения системы оценивается в 400–600 тыс. руб., что при капитальных затратах 700–1900 тыс. руб. обеспечивает окупаемость за 3–5 лет [8]. С учетом 15-летнего срока службы оборудования чистая приведенная стоимость проекта положительна.

Выводы

Статистика пожаров в образовательных учреждениях Российской Федерации демонстрирует негативную динамику: рост на 17,1% за девять месяцев 2024 года относительно 2023-го [3]. Доминирующая причина – аварийный режим электрооборудования (68,4%), что обосновывает необходимость автоматических систем раннего обнаружения. Тамбовская область показывает противоположную тенденцию со снижением пожаров на 30,6%, однако проблема остается актуальной.

Пожары в школьных зданиях генерируют значительное загрязнение атмосферы токсичными веществами, включая оксиды углерода, азота, хлороводород, формальдегид, диоксины [5]. Экологический ущерб рассчитывается по Методике Минприроды России (Приказ № 59 от 28.01.2021) [1] с применением ставок 2025 года (Постановление Правительства РФ № 492 от 17.04.2024) [2].

Интеграция автоматической противопожарной системы в концепцию умного дома обеспечивает раннее обнаружение возгораний, автоматическое оповещение служб, координацию инженерных систем для локализации очага. Преимущества включают обнаружение на стадии тления, независимость от человеческого фактора, удаленный мониторинг, интеграцию с вентиляцией и освещением.

Экономическое обоснование показывает положительную эффективность инвестиций. При капитальных затратах 700–1900 тыс. руб. и эксплуатационных расходах 500–750 тыс. руб./год система обеспечивает снижение материального ущерба в 2–3 раза, сокращение экологических платежей, уменьшение страховых премий на 10–30% [8]. Срок окупаемости составляет 3–5 лет.

Внедрение технологий умного дома с интегрированной противопожарной защитой в образовательных учреждениях Тамбовской области позволит закрепить положительную динамику снижения пожаров, минимизировать экологический ущерб атмосферному воздуху, повысить безопасность учащихся и персонала.

Список литературы

1. Приказ Минприроды России от 28.01.2021 № 59 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL:

<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102050023> (дата обращения: 29.10.2024).

2. Постановление Правительства РФ от 17.04.2024 № 492 «О применении в 2024 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду» // Там же. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202404190021>.

3. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории РФ за 12 месяцев 2024 года. - М.: МЧС России, 2025. - URL:
https://87.mchs.gov.ru/uploads/resource/2025-04-25/11-statisticheskie-danneye_1745532917320520496.pdf?ysclid=mhfbjs4ip0513381135.

4. Козачек А.В. Загрязненность атмосферного воздуха Тамбовской области в свете необходимости обеспечения здоровья населения / А. В. Козачек, Ю. В. Зеленева, Н. П. Беляева [и др.] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – Т. 20, № 1. – С. 214-218.

5. Козачек А. В. Экологические основы природопользования : учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / А. В. Козачек ; А. В. Козачек. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 442 с. – (Серия Среднее профессиональное образование).

6. Гармышев В. В. Экологические последствия загрязнения воздуха при пожарах в жилых зданиях г. Иркутска // Вестник ВСГУТУ. 2013. №3 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-posledstviya-zagryazneniya-vozduha-pri-pozharah-v-zhilyh-zdaniyah-g-irkutska> (дата обращения: 30.10.2025).

7. Чебодаев А.В., Михеева Н.Б., Кочергин С.Э., Чебодаев С.А. Технико-Экономические и социальные аспекты системы "Умный дом" для работников агропромышленного комплекса России // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. 2024. №1 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehniko-ekonomicheskie-i-sotsialnye-aspekyti-sistemy-umnyy-dom-dlya-rabotnikov-agropromyshlennogo-kompleksa-rossii> (дата обращения: 30.10.2025).

8. Янчук А. В. Экономическая эффективность внедрения систем раннего пожаротушения // Вестник науки. 2025. №9 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-effektivnost-vnedreniya-sistem-rannego-pozharotusheniya> (дата обращения: 31.10.2025).

9. Беляков, Г. И. Пожарная безопасность : учебник для вузов / Г. И. Беляков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 282 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17042-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:

<https://urait.ru/bcode/561109>.

10. Шанина Е.В., Шанина Е.В. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами бытовых пожаров города Кызыла // Современная техника и технологии. 2015. № 7 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.s nauka.ru/2015/07/7556> (дата обращения: 28.10.2025).