

Научная статья

УДК 614.841.41; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-125-138

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С ВЫСОКОЙ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКОЙ

✉ Актерский Юрий Евгеньевич;

Шупнёв Дмитрий Сергеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ aue2002@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается комплексная проблема обеспечения пожарной безопасности объектов культурного наследия, характеризующихся высокой пожарной нагрузкой. Проанализированы специфические риски, связанные с конструктивными особенностями таких объектов, наличием горючих материалов и ограниченной применимостью традиционных мер противопожарной защиты. Обоснована необходимость перехода от парадигмы ликвидации последствий к системе проактивного управления рисками. В работе систематизированы современные и перспективные направления снижения пожарной опасности, включающие организационно-профилактические мероприятия, адаптированные системы автоматического тушения, противопожарное зонирование, а также инновационные подходы на основе цифровых технологий (цифровые двойники, AI-мониторинг) и роботизированных комплексов. Особое внимание уделено принципу минимального вмешательства в исторический облик объекта. Доказано, что только интеграция традиционных и инновационных решений позволяет создать эффективную и сбалансированную систему защиты уникальных памятников культуры.

Цель работы – поиск, обоснование и разработка новых более эффективных средств и методов снижения пожарной опасности объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой.

Методологическую основу работы составили анализ, синтез, статистический, системно-структурный методы, метод прогнозирования. В результате проведенного исследования обоснована необходимость разработки новых методов снижения пожарной опасности объектов культурного наследия на основе комплексного использования традиционных и перспективных решений с применением цифровых моделей и BIM-технологии для эффективного управления объектовыми системами пожарной автоматики.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, пожарная опасность, пожарная нагрузка, системы пожарной автоматики, цифровой двойник, противопожарный режим, превентивная защита

Для цитирования: Актерский Ю.Е., Шупнёв Д.С. Снижение пожарной опасности объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 1 (77). С. 125–138. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-125-138

Scientific article

REDUCING FIRE DANGER CULTURAL HERITAGE SITES WITH A HIGH FIRE LOAD

✉ Aktersky Yury E.;

Shupnev Dmitriy S.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ aue2002@yandex.ru

Abstract. The article deals with the complex problem of ensuring fire safety of cultural heritage sites characterized by a high fire load. The specific risks associated with the design features of such facilities, the presence of combustible materials and the limited applicability of traditional fire protection measures are analyzed. The necessity of transition from the paradigm of elimination of consequences to the system of proactive risk management is substantiated. The paper systematizes modern and promising areas of fire hazard reduction, including organizational and preventive measures, adapted automatic extinguishing systems, fire protection zoning, as well as innovative approaches based on digital technologies (digital twins, AI monitoring) and robotic complexes. Special attention is paid to the principle of minimal interference in the historical appearance of the object. It has been proven that only the integration of traditional and innovative solutions makes it possible to create an effective and balanced system for the protection of unique cultural monuments. The purpose of the work is to search, substantiate and develop new more effective means and methods of reducing the fire danger of cultural heritage sites with a high fire load. The methodological basis of the work consists of analysis, synthesis, statistical, system-structural methods, forecasting method. As a result of the conducted research, the necessity of developing new methods to reduce the fire danger of cultural heritage sites based on the integrated use of traditional and promising solutions using digital models and BIM technology for the effective management of facility fire automation systems is substantiated.

Keywords: cultural heritage sites, fire hazard, fire load, fire automation systems, digital twin, fire protection, preventive protection

For citation: Aktersky Yu.E., Shupnev D.S. Reducing fire danger cultural heritage sites with a high fire load // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 1 (77). P. 125–138. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-125-138

Введение

В соответствии с работами [1, 2] к объектам культурного наследия (ОКН) могут быть отнесены здания или группа зданий, представляющие собой историческую, архитектурную, художественную, научную, культурную национальную или мировую ценность. Все ОКН вносятся в специальный перечень – Единый государственный реестр объектов культурного наследия и могут иметь федеральный, региональный или местный статус. Включение объектов в реестр даёт им особую охрану государства, гарантирующую сохранность в том виде, в котором они были причислены к объектам культурного наследия. Однако их реальная безопасность и сохранность связаны с необходимостью постоянного решения большого количества различных проблем, важнейшей из которых является снижение пожарной опасности для исключения возможности возникновения на них масштабных пожаров. Особенно актуальной данная проблема является для объектов с высокой пожарной нагрузкой, к которым можно отнести исторические здания и сооружения деревянного зодчества, дворцовые, усадебные, театральные-культурные и музейные комплексы, библиотечные и архивные фонды, объекты религиозно-культурного назначения с уникальным внутренним убранством и отделкой [3]. Под высокой пожарной нагрузкой в данном случае понимается наличие на объектах

значительного количества горючих материалов и веществ (дерево, ткани, бумага, краски, полимерные материалы, горючие жидкости, электрооборудование и проводка и т.п.) на единицу площади, что может способствовать быстрому развитию пожара и достижению высоких температур. Полное уничтожение или даже частичная утрата подобных объектов может стать невосполнимой потерей для национальной или мировой культуры [5], что наглядно подтверждается статистикой крупных пожаров последних десятилетий (рис. 1):

- пожар в Троицком соборе Санкт-Петербурга (2006 г.);
- пожар в Национальном музее Бразилии (2018 г.);
- пожар в соборе Парижской Богоматери (Нотр-Дам де Пари, 2019 г.);
- пожар в здании Невской мануфактуры Санкт-Петербурга (2021 г.);
- пожар в здании доходного дома в Москве (2024 г.);
- пожар в замке Шато-де-Сюлли во Франции (2024 г.).



Рис. 1. Пожары на объектах культурного наследия
 (<https://yandex.ru/images/search?lr=120590&source=serp&stype=image&text=пожары%20на%20объектах%20культурного%20наследия%20картинки>)

В ходе проведенных исследований и анализа статистических данных установлено, что к основным причинам возникновения и критического развития пожаров на сложных объектах культурного наследия можно отнести следующие:

- повышенная пожарная опасность объектов (деревянные перекрытия и стропильные системы, деревянные перегородки в помещениях, большое количество горючих отделочных материалов, деревянная мебель, утварь и убранство);
- сложные объемно-планировочные и конструктивные решения, отсутствие противопожарных преград;
- наличие постоянных источников зажигания (старая электропроводка, системы отопления, использование открытого огня (масляные лампы, свечи в храмах и т.п.);
- большие объемы помещений (дворцовые комплексы, храмы, атриумы), способствующие быстрому развитию пожара и сложности для систем обнаружения и тушения;
- невысокая эффективность целевого применения существующих систем пожарной автоматики и систем оповещения и управления эвакуацией людей из-за высокой сложности объектов.

Установлено, что в современных условиях выявленные причины возможных пожаров на ОКН не могут быть полностью устранены с помощью традиционных систем и подходов к обеспечению их пожарной безопасности. Кроме того, известные методы и способы снижения пожарной опасности ОКН, регламентированные действующими нормативными документами, зачастую вступают в противоречие с требованиями сохранения целостности, подлинности и исторической ценности объектов. Современные системы пожарной автоматики, такие как проводные системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией, спринклерное пожаротушение могут сами нанести значительный ущерб ОКН от применения воды в качестве огнетушащего вещества, а прокладка необходимых кабелей и трубопроводов для них требует инвазивного вмешательства в исторические конструкции. Противопожарные пропитки для древесины не всегда применимы к отдельным конструкциям и конструктивным элементам, а необходимость установки противопожарных преград может нарушить целостность исторических интерьеров. Таким образом, основное противоречие заключается в поиске компромисса между обеспечением максимального уровня пожарной безопасности ОКН и минимальным вмешательством в их структуру и материалы. Исходя из сформулированного противоречия, целью данной работы является поиск, обоснование и разработка новых подходов и более эффективных средств и методов снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой без их повреждения и искажения исторической ценности.

Методы исследования

В настоящее время сохранение объектов культурного наследия является одной из важнейших задач нашего общества и государства, однако их уникальная ценность сопряжена с повышенными рисками пожарной опасности из-за высокой концентрации горючих материалов, существенных ограничений в применении современных противопожарных технологий, необходимости соблюдения баланса между нормативными требованиями пожарной безопасности объектов и реальными условиями их целевой эксплуатации.

Обеспечение пожарной безопасности ОКН представляет собой сложную нормативно-правовую, организационную и техническую задачу. С одной стороны, требуется соблюдение жестких правовых норм противопожарной защиты, с другой – недопустимо нарушение целостности, исторической ценности и аутентичности таких объектов.

Правовое регулирование мероприятий по снижению пожарной опасности ОКН в современных условиях базируется на следующих документах:

- Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (ФЗ № 73-ФЗ);
- постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»;
- СП 388.1311500.2018 «Объекты культурного наследия религиозного назначения. Требования пожарной безопасности»;
- Письмо МЧС России от 10 декабря 2024 г. № 43-7915-19 «О применении требований пожарной безопасности к объектам культурного наследия при проведении работ по их сохранению».

Особую правовую сложность представляет согласование требований пожарной безопасности с положениями ФЗ № 73-ФЗ, регламентирующего порядок реставрации и перепрофилирования ОКН.

Проанализируем особенности применения, достоинства и недостатки традиционных организационно-технических мероприятий, способов и средств снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой. К ним можно отнести:

- организационные мероприятия;
- пассивные способы огнезащиты;
- применение систем пожарной автоматики.

Организационные мероприятия по снижению пожарной опасности ОКН включают комплекс мер, направленных на соблюдение нормативно-правовых требований, обучение персонала, контроль состояния объекта и разработку специальных документов [3]. Эти меры должны учитывать специфику ОКН, включая необходимость сохранения их исторической ценности и ограничений, связанных с предметом охраны.

Наиболее важными для ОКН мероприятиями являются следующие:

- обучение и инструктажи персонала, включая ознакомление с требованиями противопожарного режима, правилами вызова пожарной охраны, действиями при пожаре;
- организация практических тренировок по эвакуации людей и материальных ценностей при срабатывании систем сигнализации и оповещения;
- регулярные осмотры пожароопасных экспонатов, конструкций, инженерных систем, путей эвакуации на предмет соответствия требованиям пожарной безопасности;
- проверка состояния огнезащитных покрытий, систем пожаротушения и сигнализации;
- регулярное обслуживание систем противопожарной защиты, включая первичные средства пожаротушения, и недопущение их использования не по назначению;
- контроль за состоянием инженерных сетей (электропроводка, отопление), так как устаревшие системы могут стать источником пожара;
- ограничение использования открытого огня и пожароопасных материалов в неположенных местах.

Организационные мероприятия должны быть адаптированы к конкретному объекту с учётом его конструктивных особенностей, функционального назначения и предмета охраны. Их реализация требует координации усилий собственников, пользователей ОКН и профильных специалистов (проектировщиков, реставраторов, экспертов по пожарной безопасности).

Пассивные способы огнезащиты ОКН направлены на снижение горючести материалов, ограничение распространения огня и сохранение структурной целостности объекта без активного вмешательства в момент пожара. Эти методы особенно важны для ОКН, где необходимо балансировать между требованиями пожарной безопасности и сохранением исторической аутентичности.

Среди наиболее распространенных методов пассивной огнезащиты ОКН можно выделить следующие:

- огнезащитная обработка (пропитка деревянных конструкций антипиренами, нанесение огнезащитных покрытий на несущие и ограждающие элементы и конструкции, использование огнестойких материалов при проведении ремонтных и реставрационных работ);
- зонирование и противопожарные преграды (выделение пожароопасных зон, устройство противопожарных перегородок из негорючих материалов, противопожарные шторы и завесы для защиты выставочных залов, хранилищ и других критически важных зон, монтаж противопожарных дверей с сохранением исторического облика объекта);
- защита инженерных систем (кабельные линии обрабатываются огнезащитными составами, снижающими распространение огня и выделение токсичных продуктов горения, воздуховоды и вентиляционные каналы изолируются огнестойкими материалами, чтобы предотвратить распространение дыма).

В процессе исследований установлено, что пассивные методы огнезащиты ОКН требуют индивидуального подхода, учитывающего историческую и культурную ценность объекта, его конструктивные особенности и современные требования безопасности. Комбинация огнезащитных покрытий, противопожарных преград и специальных решений позволяет минимизировать риски при сохранении аутентичности объекта.

Системы пожарной автоматики (СПА) в настоящее время продолжают играть важнейшую роль в обеспечении пожарной безопасности объектов культурного наследия, но их установка и целевое использование требуют особого подхода и соблюдения ряда обязательных условий, учитывающих как необходимость сохранения исторической ценности и неизменности объектов, так и обеспечение требуемого уровня их пожарной безопасности.

К ключевым системам пожарной автоматики, устанавливаемым на объектах культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой, можно отнести:

- систему пожарной сигнализации (СПС);
- систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ);
- систему противодымной вентиляции (СПДВ);
- автоматические установки пожаротушения (АУПТ).

Установлено, что комбинированное использование указанных СПА позволяет существенно снизить пожарную опасность объектов защиты за счет следующих достоинств, возникающих на основе комплексирования отдельных систем пожарной автоматики:

- возможность раннего обнаружения возгорания;
- минимизация времени реагирования на сигнал о возгорании;
- возможность интеграции СПА с инженерными системами объекта защиты;
- возможность гибкой настройки комплексной СПА под специфику конкретного объекта защиты;
- возможность фиксации и документирования причин возгорания и хронологии реагирования на него;
- снижение финансовых затрат на страхование объектов защиты и отдельных культурных ценностей.

Автоматические системы пожарной сигнализации на основе современных пожарных извещателей (дымовых, тепловых, газовых, комбинированных) способны с высокой достоверностью обнаруживать признаки возгорания или пожара на начальной стадии даже при отсутствии видимого пламени. Это является особенно критически важным для объектов с редкими ценными экспонатами, где даже незначительное воздействие огня или дыма может нанести непоправимый колоссальный ущерб. Возможность автоматической активации СОУЭ, СПДВ и АУПТ по сигналам от блоков управления СПС позволяет минимизировать временные затраты от момента обнаружения до начала организации тушения огня. Для исторических зданий и объектов культурного наследия с деревянными конструкциями это является решающим фактором в спасении объекта и уменьшении риска причинения вреда жизни и здоровью его персонала и посетителей. Также комплексное использование СПА на объектах культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой позволяет дополнительно в автоматическом режиме решать следующие задачи:

- отключать вентиляцию для предотвращения распространения дыма;
- закрывать противопожарные двери и шторы;
- включать дымоудаление;
- оповещать службы экстренного реагирования;
- зонировать защиту объектов с учётом ценности отдельных помещений;
- регулировать чувствительность пожарных извещателей в зависимости от условий (при использовании в культовых зданиях свечей, лампад и т.п.);
- программировать сценарии реагирования для разных типов угроз.

Современные СПА, применяемые для защиты и снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой, помимо указанных выше достоинств, обладают и рядом недостатков. К наиболее существенным из них можно отнести следующие:

- сложность установки и интеграции в историческую архитектуру зданий и интерьеры помещений;
- высокая трудоемкость и стоимость обслуживания;
- повышенная вероятность ложного срабатывания;
- высокий риск повреждения экспонатов и декоративной отделки интерьеров помещений при тушении очагов пожаров различными огнетушащими веществами.

Большинство исследуемых объектов защиты имеют сложные многоуровневые объемно-планировочные решения, массивные наружные и внутренние стены из природного камня или высокопрочного кирпича, фальшполы, стены и потолки, сложные системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения. Все это существенно затрудняет или

делает невозможным прокладку необходимых коммуникаций и установку основных компонентов СПА без нарушения оригинальности исторических интерьеров, целостности поверхностей помещений и экспонатов, затрудняет доступ для обслуживания и ремонта установленного оборудования. Кроме того, использование в случае возгорания традиционных АУПТ с водяными, пенными или порошковыми огнетушащими веществами (ОТВ) может нанести серьезный ущерб или полностью уничтожить художественные изделия и ценности, фрески, старинные печатные и рукописные книги и документы, мебель и другие исторические экспонаты.

Выявленные в ходе проведенных исследований особенности применения традиционных организационно-технических мероприятий, способов и средств снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой позволяют сделать вывод, что в настоящее время даже их комплексное применение не обеспечивает в полной мере противопожарную безопасность указанных объектов защиты, что требует их дальнейшего совершенствования, развития и адаптации к меняющимся условиям целевого применения.

Установлено, что в современных условиях наиболее эффективным и экономически обоснованным направлением снижения пожарной опасности объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой является совершенствование известных и разработка новых средств и систем пожарной автоматики и технологий их применения.

В процессе проведенных исследований обосновано, что практическая реализация данной концепции для сложноструктурированных ОКН с высокой пожарной нагрузкой, позволяющей преодолеть выявленные недостатки и функциональные ограничения традиционных систем пожарной автоматики, возможна на основе комплексной интеграции и существенной интеллектуализации их целевого применения. В результате интеграции отдельных систем может быть сформирована комплексная система снижения пожарной опасности объекта защиты (КССПО) с высокой интеллектуализацией целевого применения.

При таком построении КССПО объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой должны обеспечивать непрерывно в реальном масштабе времени решение следующих задач:

- мониторинг и диагностика состояния объекта;
- прогнозирование пожарных рисков;
- раннее обнаружение возгораний;
- автоматизированное управление противопожарными системами;
- оптимизация эвакуации и взаимодействия с экстренными службами;
- анализ и оптимизация противопожарных мероприятий;
- сохранение культурного наследия при тушении;
- интеграция с системами безопасности и управления объектом;
- обучение и поддержка персонала;
- документирование событий, инцидентов и нормативное сопровождение.

Результаты исследований в области построения и целевого применения перспективных сложных интеллектуальных систем комплексной безопасности позволяют сделать вывод, что для ОКН с высокой пожарной нагрузкой их реализация должна базироваться на широком использовании цифровых моделей, учитывающих особенности функционирования объектов защиты на различных стадиях их жизненного цикла и способных анализировать и формировать прогнозы как последствий изменения технических и объемно-планировочных характеристик, так и сценариев развития возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) и пожаров на объекте.

В качестве основных подходов к разработке и применению таких моделей могут быть использованы принципы BIM-моделирования пространственных объектов (BIM – Building Information Modelling – информационное моделирование сложных объектов) [4], в совокупности представляющие собой методологическую основу создания и использования единой, структурированной информационной цифровой модели (BIM-модели) объектов защиты и процессов их жизненного цикла, включая варианты реагирования на различные ЧС.

Технология цифрового BIM-моделирования сложноструктурированных строительных объектов уже много лет широко применяется при их проектировании и возведении как в России, так и за рубежом, но для решения задач снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой BIM-модели пока в отечественной практике не применялись.

В связи с этим была разработана структура интеллектуальной КССПО объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой (ОКНВПН), предназначенной для решения целевых задач с использованием цифровых BIM-моделей в реальных условиях функционирования объектов защиты (рис. 2).

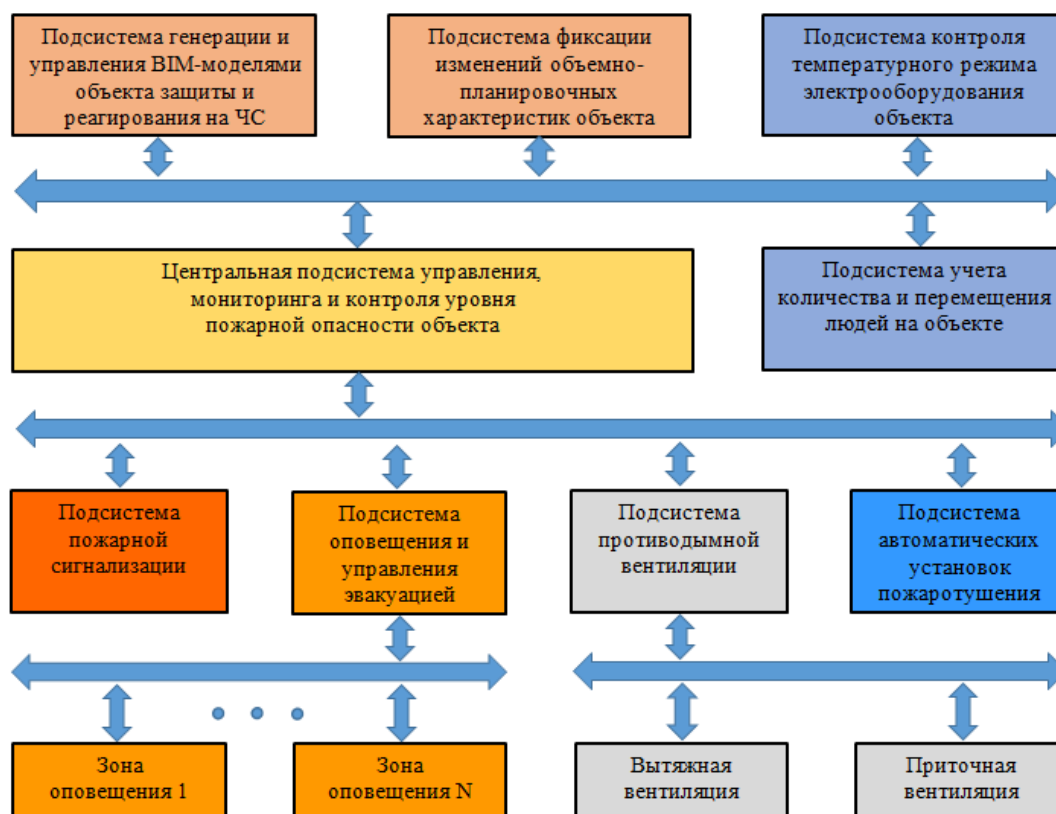


Рис. 2. Структурная схема интеллектуальной КССПО ОКНВПН

Основными структурными подсистемами предлагаемой КССПО ОКНВПН являются следующие:

- центральная подсистема управления, мониторинга и контроля уровня пожарной опасности объекта;
- подсистема генерации и управления BIM-моделями объекта защиты и реагирования на ЧС;
- подсистема фиксации изменений объемно-планировочных характеристик объекта;
- подсистема контроля температурного режима электрооборудования объекта;
- подсистема учета количества и перемещения людей на объекте;
- подсистема пожарной сигнализации;
- подсистема оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- подсистема противодымной вентиляции;
- подсистема автоматических установок пожаротушения.

Центральная подсистема управления, мониторинга и контроля уровня пожарной опасности объекта является ядром системы и представляет собой специализированный программно-аппаратный комплекс вычислительных средств, сетевого и интерфейсного

оборудования, приборов контроля, индикации и управления подсистемами пожарной автоматики. Проводное и беспроводное телекоммуникационное оборудование подсистемы обеспечивает формирование и передачу в реальном масштабе времени тревожных сообщений о возгораниях на объекте и динамике развития пожара в соответствующие ведомственные организации и дежурные подразделения МЧС России. На основе результатов обработки информации, поступающей по каналам связи от взаимодействующих подсистем, центральная подсистема определяет требуемый режим функционирования системы, обеспечивает расчет и прогнозирование уровня пожарной опасности объекта защиты, оценивает пожарный риск, и выбирает наиболее рациональный сценарий его снижения и управляет его реализацией.

Подсистема генерации и управления BIM-моделями объекта защиты и реагирования на ЧС предназначена для сбора и формирования базы исходных данных об объекте защиты, типе, характеристиках и структурном составе подсистем пожарной автоматики, возможных сценариях возникновения и развития ЧС на объекте защиты и реагирования на них. На основе обработки указанных данных осуществляется построение или модификация детализированной информационной BIM-модели объекта и реализации возможных сценариев реагирования на различные ЧС. На этапе целевой эксплуатации подсистема реализует функции хранения моделей, оперативного внесения и учета изменений объемно-планировочных и технических характеристик объекта. Предоставляет по запросам пользователей и взаимодействующих подсистем необходимую информацию об эксплуатационных и функциональных параметрах объекта защиты. В случае ЧС осуществляется моделирование с целью прогнозирования и оценивания динамики и масштабов распространения огня и токсичных продуктов горения, построение маршрутов эвакуации в отдельных зонах объекта и времени эвакуации. Осуществляется визуализация результатов моделирования для повышения эффективности принятия решений по реагированию на ЧС.

Подсистема реализована на основе облачной технологии IaaS (Infrastructure as a Service) – инфраструктура как услуга. Данная технология позволяет оперировать виртуальными сетевыми ресурсами (серверы баз данных, вычислений), удаленно устанавливать и запускать прикладные приложения и сервисы. Реализация подсистемы на основе облачной технологии IaaS позволяет существенно снизить экономические затраты и требования к профессиональным компетенциям обслуживающего персонала.

Подсистема фиксации изменений объемно-планировочных характеристик объекта защиты представляет собой аппаратно-программный комплекс, реализующий сбор данных в виде облака цифровых точек, соответствующих объемно-планировочным и интерьерным решениям объекта. Генерация облака цифровых точек осуществляется с помощью технологии мобильного лазерного сканирования, которая основана на совместном применении лазерного пространственного сканера и датчиков инерциальных и навигационных систем, установленных на единую мобильную платформу. Данная подсистема позволяет оперативно проводить обследование и съемку интерьеров объекта, формируя необходимый объем трехмерного облака цифровых точек с учетом их пространственной привязки [6]. Полученное облако точек автоматически или по командам оператора центральной подсистемы управления по канал связи передается в подсистему генерации, модификации и управления BIM-моделями. Систематическая модификация и актуализация BIM-моделей обеспечивает выбор более эффективного сценария предупреждения или реагирования на возможные пожары и ЧС [7].

Подсистема контроля температурного режима электрооборудования объекта предназначена для предотвращения пожаров, вызванных перегревом или неисправностями электрооборудования. Аппаратные средства подсистемы реализованы на основе специализированного радиочастотного приемно-передающего оборудования и пассивных ПАВ-датчиков, реагирующих на критические изменения температурных режимов функционирования различного электрооборудования. В основе принципа действия ПАВ-датчиков лежит эффект преобразования акустических волн, движущихся вдоль пьезоэлектрической поверхности, в электрические сигналы.

Основными функциями подсистемы контроля температурного режима электрооборудования являются следующие:

- непрерывный мониторинг температуры электрических контактных соединений, кабелей, трансформаторов, электродвигателей и других элементов электроустановок;
- анализ скорости нагрева и выявление локального перегрева;
- сигнализация при достижении критических значений температуры;
- передача данных в центральную подсистему для анализа и реагирования;
- архивация температурных данных для последующего анализа.

Подсистема учета количества и перемещения людей на объекте защиты представляет собой микропроцессорный комплекс обработки и распознавания видеоизображений, поступающих по беспроводным каналам от видеокамер высокого разрешения. Программно-аппаратные средства подсистемы обеспечивают общий подсчет количества людей, находящихся на объекте, подсчет людей различных категорий в различных зонах, определение направления и плотности движения людских потоков [8]. Информация в реальном масштабе времени передается для дальнейшего использования в центральную подсистему управления и в подсистему оповещения и управления эвакуацией для динамического формирования зон оповещения и построения наиболее безопасных маршрутов эвакуации и спасения людей при различных вариантах и масштабах развития ЧС и пожаров на объекте защиты.

Подсистема пожарной сигнализации представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для раннего обнаружения признаков возгорания и передачи сигнала о его обнаружении в центральную подсистему управления и в подсистему BIM-моделирования. С учетом особенностей объектов культурного наследия основным требованием к аппаратным средствам подсистемы является недопущение нарушения целостности интерьеров и экспонатов объекта защиты. Данное требование наиболее эффективно может быть реализовано при использовании беспроводных радиоканальных пожарных извещателей на новых физических принципах с предустановленными алгоритмами интеллектуального обнаружения признаков возгорания. К таким перспективным извещателям можно отнести:

- оптоэлектронные, тепловизионные и биспектральные IP-камеры с возможностью внутренней и сетевой аналитики, реализуемой в реальном масштабе времени в облачном пространстве;
- аспирационные извещатели сверхраннего обнаружения дыма и возгораний;
- комбинированные многокритериальные адресно-аналоговые извещатели, способные обнаруживать одновременно несколько признаков возгорания и определять динамику их изменения.

Все аппаратные средства подсистемы пожарной сигнализации объектов культурного наследия должны относиться к I категории надежности и обеспечиваться основным, резервным и источником бесперебойного электропитания.

Подсистема оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре предназначена для решения задачи своевременного информирования сотрудников и посетителей объекта защиты о пожаре и организации управления потоками людей с целью их безопасной эвакуации. Подсистема реализована на основе микропроцессорного аппаратно-программного комплекса, включающего информационно-обрабатывающие средства, оборудование для хранения и генерации речевых сообщений, пожарные речевые и мультимедийные оповещатели, средства дуплексного голосового общения с удаленными зонами оповещения, графические самосветящиеся транспаранты, телекоммуникационные проводные и беспроводные средства для приема и передачи информационных аудио- и видеосообщений. Необходимость использования беспроводных каналов связи для передачи речевых и мультимедийных сообщений на пожарные оповещатели вызвана нормативными требованиями сохранения целостности интерьеров объекта культурного наследия и минимального вмешательства в его исторический облик. Также при проектировании и монтаже пожарных оповещателей производится оценивание акустических особенностей формируемых зон оповещения и секторов обзора графических транспарантов и мультимедийного оборудования.

Размеры зон оповещения, специальная очередность оповещения сотрудников и посетителей объекта о пожаре и время начала оповещения в отдельных зонах определяются исходя из масштабов объекта, величины и ценности пожарной нагрузки в отдельных помещениях и условий обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

Подсистема противодымной вентиляции представляет собой совокупность аппаратно-программных и инженерно-технических средств, предназначенных для удаления дыма и токсичных продуктов горения из помещений объекта защиты, обеспечения видимости на путях эвакуации и безопасного перемещения по ним, снижения температуры вблизи очага возгорания и предотвращения распространения дыма [9]. Подсистема реализована с учетом минимального вмешательства в историческую среду и архитектурный облик объекта защиты.

Информационно интеллектуальный блок управления подсистемы противодымной вентиляции взаимодействует с центральной подсистемой управления, от которой получает команды адаптивного регулирования производительностью и управления режимами функционирования основных компонентов:

- бесканальная приточная и вытяжная вентиляция;
- противодымные экраны и шторы [9].

Подсистема автоматических установок пожаротушения предназначена для решения задачи локализации и ликвидации очагов возгорания в отдельных залах и помещениях объекта защиты. Подсистема включает в себя локальный блок управления и технологическое оборудование установок пожаротушения. С учетом требований нормативных документов по обеспечению целостности и сохранности интерьеров и уникальных экспонатов объектов культурного наследия в составе подсистемы используются установки газового и водяного пожаротушения. Подсистема способна функционировать автономно в автоматическом режиме или по командам, поступающим из центральной подсистемы управления с учетом результатов моделирования развития пожара. В изолированных помещениях ограниченного объема при ликвидации горения твердых и жидких горючих веществ (классы пожара «А» и «В» соответственно) и электрооборудования под напряжением (класс пожара «Е») наибольший эффект достигается при использовании газовых установок пожаротушения [10, 11]. В зальных помещениях объектов культурного наследия с высокой плотностью горючей нагрузки наиболее эффективным является применение установок водяного пожаротушения тонкораспыленной водой.

В качестве огнетушащего вещества в газовых установках пожаротушения наиболее целесообразно использовать газ НОВЕК-1230, обладающий высокой эффективностью тушения и являющийся безопасным для человека и окружающей среды.

Применение в водяных установках пожаротушения тонкораспыленной воды позволяет при активации установок создавать в защищаемом пространстве мелкодисперсный туман, снижающий концентрацию кислорода и повышающий эффективность тушения возгорания при минимальных затратах водяного огнетушащего вещества [12, 13]. Высокая охлаждающая способность водяного тумана позволяет проводить эвакуацию людей из помещений объекта даже в процессе работы установок пожаротушения.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что обеспечение пожарной безопасности объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой в настоящее время представляет собой комплексную и многогранную проблему. Традиционные подходы, ориентированные преимущественно на ликвидацию последствий, оказываются недостаточно эффективными в условиях рисков полного или даже частичного уничтожения уникальных исторических объектов, целостности их интерьеров или экспонатов.

В статье обоснована необходимость смены традиционных подходов к снижению пожарной опасности объектов культурного наследия в сторону проактивного управления пожарными рисками. Ключевым выводом является утверждение о том, что максимальная эффективность достигается не за счет выбора между традиционными и инновационными методами, а путем их синергетической интеграции. Только сбалансированное сочетание проверенных организационно-профилактических мер, адаптированных систем автоматического тушения и противопожарного зонирования с перспективными цифровыми технологиями способно создать надежную систему защиты исторических объектов культурного наследия с высокой пожарной нагрузкой.

Полученные результаты исследования позволяют утверждать, что дальнейшее развитие методологии снижения пожарной опасности ОКН с высокой пожарной нагрузкой лежит в плоскости разработки и внедрения интеллектуальных систем управления их пожарной безопасностью. Эти системы должны базироваться на глубокой многоуровневой цифровизации объекта (ВМ-модели) и обеспечивать непрерывный мониторинг, прогнозирование угроз и оптимальное срабатывание защитных комплексов. Таким образом, предложенный в статье подход к проектированию и построению систем снижения пожарной опасности ОКН, сочетающий реализацию жестких нормативных требований к сохранению целостности и минимальному вмешательству в исторический облик объекта с применением перспективных противопожарных технологий, может служить основой для создания эффективных, гибких и адаптивных систем сохранения национального бесценного культурного достояния для будущих поколений.

Список источников

1. Осетрова А.А. Пожарные риски на объектах культурного наследия // Научный журнал. 2024. № 2 (69). С. 17–19. EDN OYFCNU.
2. Матвеев В.А., Ничкова Л.А. Повышение пожарной безопасности объектов культурного наследия при их реставрации и эксплуатации // Экономика строительства и природопользования. 2024. № 3 (92). С. 48–52. EDN PYNIFK.
3. Митина О.В. Обеспечение пожарной безопасности объекта культурного наследия на этапе приспособления для современного использования // Системы безопасности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. 2023. № 32. С. 512–517. EDN DBLKQW.
4. Рудковский В.Э., Актерский Ю.Е. Снижение пожарной опасности многофункциональных объектов с массовым пребыванием людей на основе ВМ-технологии // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. семинара в рамках Международного форума. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2024. С. 144–147. EDN YEMKVZ.
5. Маслякова А.И. Сохранение объектов культурного наследия как фактор поддержания культурной идентичности личности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия и конфликтология. 2025. Т. 41. № 2. С. 275–286. EDN ODGGNL.
6. Радецкий И.А. Использование лазерного сканирования на объектах культурного наследия // Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории земли – 2024: материалы Междунар. науч.-практ. конф. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2024. С. 205–209. EDN DFMWWS.
7. Сазонова С.А., Зязина Т.В., Горюнов В.А. Моделирование вариантов развития пожара на объекте массового пребывания людей // Моделирование систем и процессов. 2022. Т. 15. № 4. С. 69–81. EDN HEVLBQ. DOI: 10.12737/2219-0767-2022-15-4-69-81
8. Шалимов К.С. Идентификация местоположения человека на объектах с массовым пребыванием людей с помощью цифрового двойника // Системы безопасности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. 2024. № 33-1. С. 121–125. EDN VEFPGY.
9. Занин А.С., Бурков А.И. Применение противопожарных штор в системе дымоудаления торгового центра // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2023. Т. 2. С. 308–313. EDN RNVQJY.

10. Матвеев В.А., Ничкова Л.А., Рыкунов С.М. Применение автоматических установок газового локально-объемного пожаротушения для объектов культурного наследия // Экономика строительства и природопользования. 2024. № 4 (93). С. 18–23. EDN XMABNG.

11. Report on the Use of Water Mist Systems in Heritage Buildings. NFPA Research Foundation, 2019. 45 p.

12. Smith J., Johnson L. Fire Protection of Cultural Heritage. Principles and Case Studies // International Journal of Architectural Heritage. 2021. Vol. 15. Iss. 2. P. 45–68.

13. Chen X., Wang L. Digital Twin for Fire Safety Management in Historic Buildings // Automation in Construction. 2023. Vol. 145. P. 104–122.

References

1. Osetrova A.A. Pozharnye riski na ob"ektah kul'turnogo naslediya // Nauchnyj zhurnal. 2024. № 2 (69). S. 17–19. EDN OYFCNU.

2. Matveev V.A., Nychkova L.A. Povyshenie pozharnoj bezopasnosti ob"ektov kul'turnogo naslediya pri ih restavracii i ekspluatatsii // Ekonomika stroitel'stva i prirodnopol'zovaniya. 2024. № 3 (92). S. 48–52. EDN PYHIFK.

3. Mitina O.V. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti ob"ekta kul'turnogo naslediya na etape prispособleniya dlya sovremennogo ispol'zovaniya // Sistemy bezopasnosti: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2023. № 32. S. 512–517. EDN DBLKQW.

4. Rudkovskij V.E., Akterskij Yu.E. Snizhenie pozharnoj opasnosti mnogofunkcional'nyh ob"ektov s massovym prebyvaniem lyudej na osnove BIM-tehnologii // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. seminarov v ramkah Mezhdunarodnogo foruma. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2024. S. 144–147. EDN YEMKVZ.

5. Maslyakova A.I. Sohranenie ob"ektov kul'turnogo naslediya kak faktor podderzhaniya kul'turnoj identichnosti lichnosti // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Filosofiya i konfliktologiya. 2025. T. 41. № 2. S. 275–286. EDN ODGGNL.

6. Radeckij I.A. Ispol'zovanie lazernogo skanirovaniya na ob"ektah kul'turnogo naslediya // Geoekologicheskie problemy tekhnogen'nogo etapa istorii zemli – 2024: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet, 2024. S. 205–209. EDN DFMWWC.

7. Sazonova S.A., Zyazina T.V., Goryunov V.A. Modelirovanie variantov razvitiya pozhara na ob"ekte massovogo prebyvaniya lyudej // Modelirovanie sistem i processov. 2022. T. 15. № 4. S. 69–81. EDN HEVLBQ. DOI: 10.12737/2219-0767-2022-15-4-69-81

8. Shalimov K.S. Identifikaciya mestopolozheniya cheloveka na ob"ektah s massovym prebyvaniem lyudej s pomoshch'yu cifrovogo dvojnika // Sistemy bezopasnosti: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2024. № 33-1. S. 121–125. EDN VEFPGY.

9. Zanin A.S., Burkov A.I. Primenenie protivopozharnyh shtor v sisteme dymoudaleniya torgovogo centra // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika. 2023. T. 2. S. 308–313. EDN RNVQJY.

10. Matveev V.A., Nychkova L.A., Rykunov S.M. Primenenie avtomaticheskikh ustanovok gazovogo lokal'no-ob"emnogo pozharotusheniya dlya ob"ektov kul'turnogo naslediya // Ekonomika stroitel'stva i prirodnopol'zovaniya. 2024. № 4 (93). S. 18–23. EDN XMABNG.

11. Report on the Use of Water Mist Systems in Heritage Buildings. NFPA Research Foundation, 2019. 45 p.

12. Smith J., Johnson L. Fire Protection of Cultural Heritage. Principles and Case Studies // International Journal of Architectural Heritage. 2021. Vol. 15. Iss. 2. P. 45–68.

13. Chen X., Wang L. Digital Twin for Fire Safety Management in Historic Buildings // Automation in Construction. 2023. Vol. 145. P. 104–122.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 16.01.2026; одобрена после рецензирования: 27.01.2026; принята к публикации: 09.02.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 16.01.2026; approved after review: 27.01.2026; accepted for publication: 09.02.2026

Информация об авторах:

Актерский Юрий Евгеньевич, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор военных наук, профессор, e-mail: aue2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5767-7462>, SPIN-код: 7387-1442

Шупнёв Дмитрий Сергеевич, заместитель начальника кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: shupnev.d@igps.ru, SPIN-код: 9333-8745

Information about the authors:

Akterskiy Yuriy E., professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of military sciences, professor, e-mail: aue2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5767-7462>, SPIN: 7387-1442

Shupnev Dmitry S., deputy head of the department of fire fighting organization and emergency and rescue operations of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: shupnev.d@igps.ru, SPIN: 9333-8745