

Научная статья
УДК 614.841.2
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.57.91.025

Об особенностях распространения продуктов горения при пожарах на устаревших спортивных объектах

Дмитрий Владимирович Седов¹
Дмитрий Михайлович Рожков²
Алексей Александрович Несмеянов³
Александр Леонидович Беляк³

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

³Восточно-Сибирский институт МВД России, Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Дмитрий Владимирович Седов, sedov_irk@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы распространения продуктов горения при пожарах на устаревших спортивных объектах, спроектированных и построенных по нормам пожарной безопасности, не соответствующих современным требованиям. В качестве объекта исследования выбран Дворец спорта стадиона «Труд» в г. Иркутске – типичный представитель спортивных сооружений советской постройки. Методом математического моделирования в программе Fire Dynamics Simulator (FDS) проведен детальный анализ динамики развития пожара при наиболее опасном сценарии – возгорании в торговом павильоне, расположенном в вестибюле 1-го этажа. Результаты исследования выявили несколько ключевых проблем: крайне быстрое распространение продуктов горения по проемам открытых лестниц, блокирование основных путей эвакуации, снижение видимости в зрительном зале уже через 4–5 минут после начала пожара. Особую опасность создает отсутствие современных систем противопожарной защиты – автоматического пожаротушения и противодымной вентиляции, что характерно для многих устаревших спортивных объектов.

Авторы подчеркивают, что существующая законодательная база, позволяющая эксплуатировать такие сооружения по старым нормам, не обеспечивает необходимый уровень безопасности при массовом пребывании людей. На основании проведенного анализа предложен комплекс мер, в том числе оснащение устаревших спортивных объектов современными системами противопожарной защиты. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых нормативных документов и концепций модернизации подобных объектов.

Ключевые слова: устаревшие спортивные объекты, распространение продуктов горения, пожарная безопасность, моделирование динамики пожара, противопожарная защита

Для цитирования: Седов Д.В., Рожков Д.М., Несмеянов А.А., Беляк А.Л. Об особенностях распространения продуктов горения при пожарах на устаревших спортивных объектах // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 254-268. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.57.91.025>.

Original article.

On the features of spreading combustion products during fires at obsolete sports facilities

*Dmitry V. Sedov*¹

*Dmitry M. Rozhkov*²

*Alexey A. Nesmeyanov*³

*Alexander L. Belyak*³

¹*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia*

²*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

³*East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, Russia*

Corresponding author: Dmitry V. Sedov, sedov_irk@list.ru

Abstract. The article considers current issues of combustion products propagation during fires at outdated sports facilities designed and built according to fire safety standards that do not meet modern requirements. The object of the study was the Sports Palace of the Trud Stadium in Irkutsk, a typical representative of Soviet-built sports facilities. Using mathematical modeling in the Fire Dynamics Simulator (FDS) program, a detailed analysis of the fire development dynamics was carried out under the most dangerous scenario - a fire in a shopping pavilion located in the lobby of the 1st floor. The results of the study revealed several key problems: extremely rapid spread of combustion products through the openings of open staircases, blocking of the main evacuation routes, and reduced visibility in the auditorium within 4-5 minutes after the start of the fire. Particular danger is created by the lack of modern fire protection systems - automatic fire extinguishing and smoke ventilation, which is typical for many outdated sports facilities. The authors emphasize that the existing legislative framework, which allows such facilities to be operated according to old standards, does not provide the necessary level of safety during mass gatherings of people. Based on the analysis, a set of measures is proposed, including equipping outdated sports facilities with modern fire protection systems. The results of the study can be used in developing new regulatory documents and concepts for the modernization of such facilities.

Keywords: outdated sports facilities, spread of combustion products, fire safety, modeling of fire dynamics, fire protection

For citation: Sedov D.V., Rozhkov D.M., Nesmeyanov A.A., Belyak A.L. On the Features of the spread of combustion products in fires at outdated sports facilities // *Siberian Fire and Rescue Bulletin*. 2025. № 3 (38). С. 254-268. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.57.91.025>.

Введение

В настоящее время в России отмечается возрождение культуры спорта, обновление спортивной инфраструктуры, активизация проектирования новых спортивных объектов. Спортивные комплексы популярны, особенно в периоды чемпионатов или соревнований. В связи с этим спортивные объекты требуют повышенного внимания с точки зрения обеспечения их пожарной безопасности.

Проведенный анализ научных публикаций [1–6] позволил выявить специфические конструктивные и эксплуатационные особенности спортивных сооружений, существенно повышающие пожарную опасность данных объектов. К числу наиболее значимых факторов относятся: применение бесчердачных покрытий с использованием деревянных несущих конструкций, обладающих повышенной горючестью; наличие трансформируемых (сдвижно-раздвижных) покрытий арен, изменяющих пространственную конфигурацию помещений с открытой на закрытую; большие объемы и значительная высота зальных помещений, затрудняющие своевременное обнаружение очага возгорания и организацию эффективного пожаротушения; сложные разветвленные системы инженерно-технического обеспечения, создающие дополнительные риски возникновения пожаров; многофункциональное использование помещений (включая проведение концертно-развлекательных мероприятий) с необходимостью монтажа дополнительного сценического оборудования; применение сложных

конструктивных решений, повышающих вероятность возникновения пожаров вследствие возможных неисправностей электротехнических систем. Указанные особенности в совокупности создают условия для быстрого развития пожароопасных ситуаций, существенно осложняют процесс эвакуации людей и проведение аварийно-спасательных работ.

Автор статьи [7] указывает на то, что при активном строительстве спортивных комплексов в России не происходит серьезного развития объемно-планировочных решений, поскольку основным приемом является использование типовых подходов с изменениями под климатические особенности региона. Автор статьи [8] рассматривает ряд дополнительных проблем, в частности, отсутствие в настоящее время единого определения термина «большепролетные конструкции».

Увеличение популярности спортивно-массовых мероприятий сказывается и на увеличении нагрузки на устаревшие спортивные объекты, построенные по требованиям пожарной безопасности, которые в настоящее время уже не действуют. На данных объектах в течение длительного времени допускалась несогласованная перепланировка, обветшание систем противопожарной защиты, недостаточное количество эвакуационных выходов, наличие легковоспламеняемых отделочных материалов и т.д. [9]. Как результат, ежегодно на устаревших спортивных объектах происходит множество пожаров. При этом необходимо учесть, что устаревшие спортивные объекты также отличаются сложной архитектурой, включают в себя арены для соревнований, тренировочные зоны, зрительные залы, что определяет уникальный характер распространения продуктов горения при пожаре. Особенности распространения продуктов горения на подобных объектах должны учитываться при разработке принципов управления процессом эвакуации, работы систем противопожарной защиты, размещения горючих веществ и материалов, в том числе при функционировании внутри спортивного объекта организаций другого функционального назначения (торговых зон, музеев, общепита и пр.). В связи с этим вопрос исследования особенностей распространения продуктов горения при пожарах и разработки эффективных мер противопожарной защиты на устаревших спортивных объектах является весьма актуальным.

Объект и цель исследования

Объектом исследования является здание Дворца спорта стадиона «Труд» ОГАУ «Центр развития спортивной инфраструктуры», расположенное в г. Иркутске (Рис.1).



Рис.1. Дворца спорта и примеры проводимых мероприятий

Дворец спорта является одним из главных мест проведения спортивных и культурных мероприятий г. Иркутска. История Дворца спорта начинается с середины 1960-х годов, когда появилась необходимость создания в г. Иркутске специализированного спортивного здания на территории стадиона «Труд». Реализация строительного проекта осуществлялась в режиме ускоренных сроков, что обеспечило ввод спортивного сооружения в эксплуатационный режим в 1967 году, создав инфраструктурный объект, объединяющий профессиональную спортивную базу, любительские секции и зрительские трибуны.

Долгие годы Дворец спорта являлся единственным объектом, который предлагал посетителям спектр возможностей для занятий спортом, отдыха и оздоровления. В настоящее время у него имеются конкуренты, прежде всего, ледовый дворец «Байкал Арена», физкультурно-оздоровительный комплекс «Динамо», спортивный комплекс «Сибиряк». Тем не менее, имея более высокую вместительность, богатую историю, являясь символом спортивной жизни, располагаясь в центре города, Дворец спорта является популярным и доступным для населения, хотя и имеет недостатки, связанные с устареванием оборудования.

Объект исследования представляет собой двухэтажное капитальное сооружение из кирпичной кладки с подвальным этажом и двумя симметричными пристроями трибунного типа. В соответствии с действующими нормативными требованиями, здание характеризуется следующими классификационными признаками пожарной безопасности: II степень огнестойкости; класс конструктивной пожарной опасности С0 (непожароопасные конструкции); класс функциональной пожарной опасности Ф2.1 (зрелищные учреждения с трибунами).

В здание не предусмотрен доступ маломобильных групп населения в связи с отсутствием пандусов и лифтов. Здание оборудовано системой пожарной сигнализации, а также системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), относящейся к 3-му типу. Система противодымной защиты (СПДЗ) и автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) не предусмотрены, поскольку не требуются по нормам, в соответствии с которыми проектировалось рассматриваемое здание.

Особенностью путей эвакуации Дворца спорта является использование для эвакуации зрителей внутренних открытых лестниц 2-го типа (Рис.2). Таких лестниц в здании предусмотрено 8 шт. Лестницы ведут из спортивного (зрительного) зала 2-го этажа в вестибюль 1-го этажа и имеют лестничные марши шириной 2,5 м.

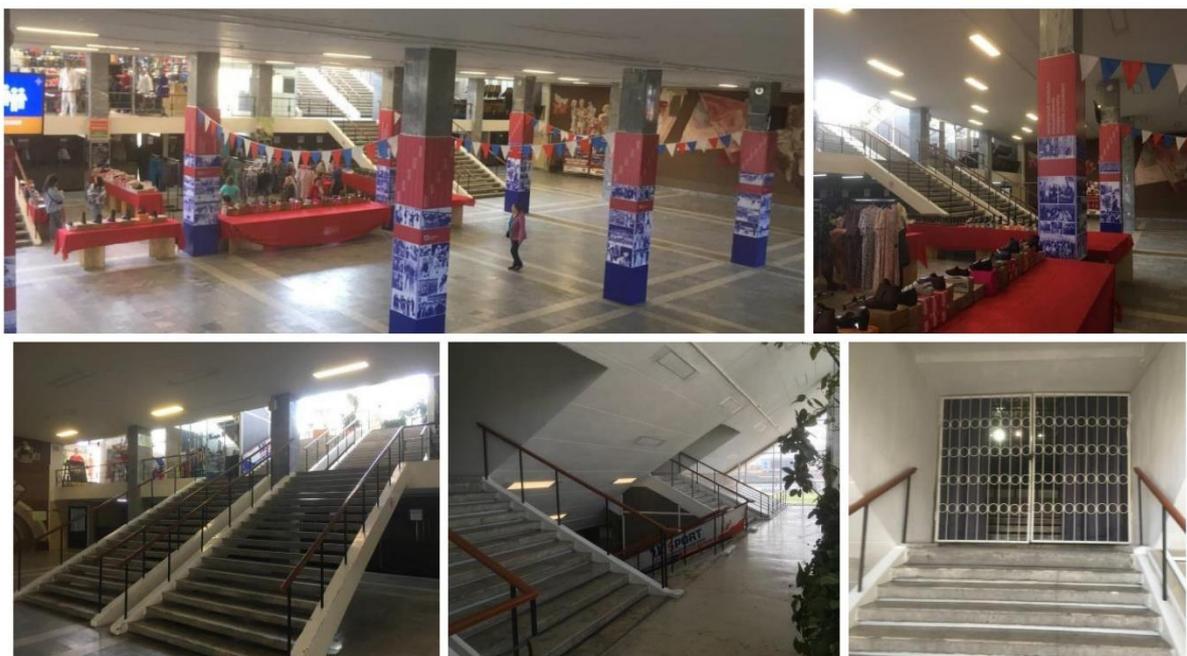


Рис.2. Внутренние открытые лестницы Дворца спорта

Отметим, что обязательные требования пожарной безопасности в здании Дворца спорта выполнены в полном объеме, однако допущен ряд отступлений от требований добровольного применения, которые в основном связаны с недостаточной шириной отдельных эвакуационных выходов и нарушением противопожарного режима, прежде всего, размещением горючих материалов (торговых павильонов) под лестничными маршами в вестибюле 1-го этажа. Именно данный аспект, связанный с размещением горючих веществ и материалов в устаревших спортивных объектах, а также отсутствие СПДЗ и АУПТ, на наш взгляд может играть определяющую роль в обеспечении пожарной безопасности на рассматриваемом спортивном объекте, поскольку наличие внутренних открытых лестниц, соединяющих вестибюль 1-го этажа и зрительный зал 2-го этажа, создает предпосылки для быстрого распространения пламени и продуктов горения внутри здания и возникновения опасности для жизни людей, особенно в период проведения массовых мероприятий.

Целью исследования является численное моделирование распространения продуктов горения при пожарах на устаревших спортивных объектах (на примере Дворца спорта Стадиона «Труд» г. Иркутска).

Исходные данные исследования

Проведенный анализ пожарной опасности здания Дворца спорта показал, что в период проведения спортивного мероприятия наиболее опасный сценарий пожара предполагает возгорание на 1-м этаже в торговом павильоне площадью 19 м², расположенном под маршами двух открытых лестниц 2-го типа (Лестницы О-7, Лестницы О-8), которые являются основными путями эвакуации из спортивного (зрительного) зала (Рис.3).

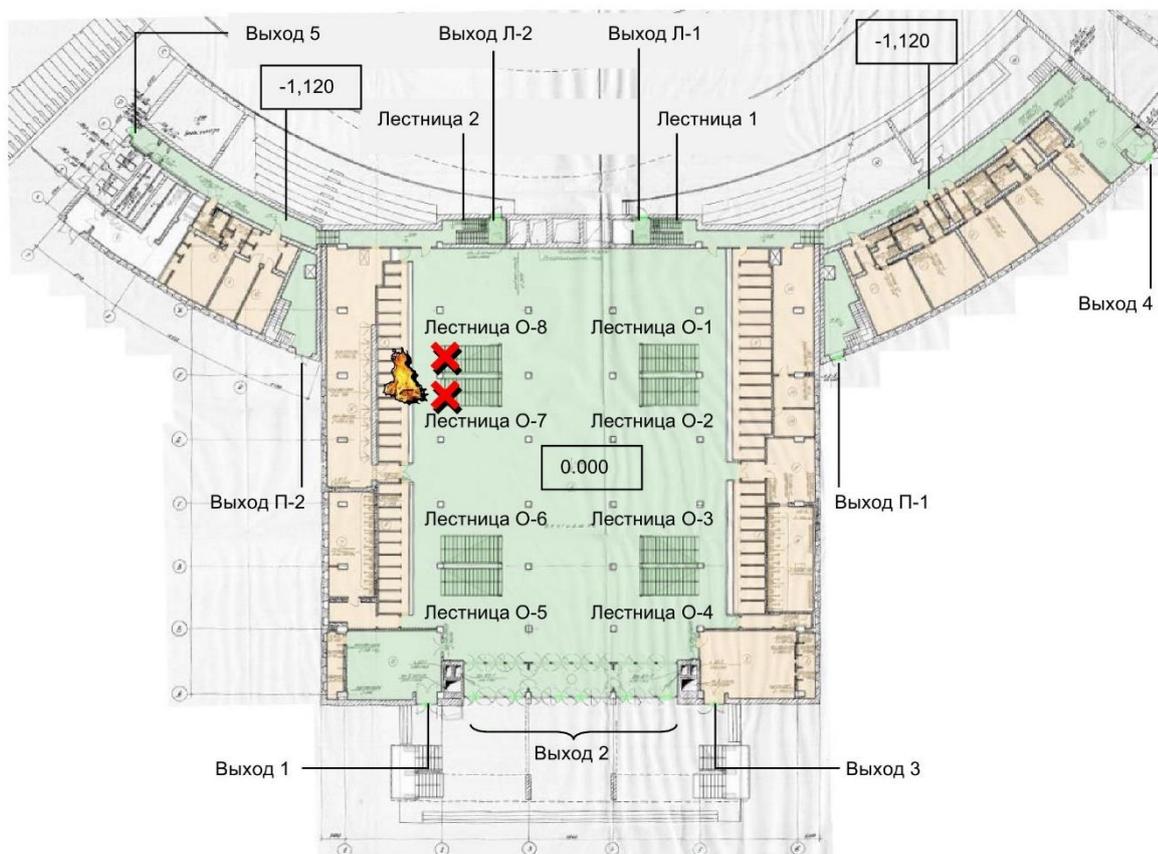


Рис.3. Наиболее опасный сценарий пожара на 1-м этаже

Опасность при данном сценарии пожара может возникнуть, прежде всего, для зрителей (1406 чел.), находящихся в зале. Поскольку открытые эвакуационные лестницы расположены

попарно (не рассредоточено), то в момент начала пожара может быть блокирован доступ посетителей одновременно на две лестницы, рядом с которыми происходит возгорание (люди не будут использовать пути, расположенные рядом с зоной горения [12]). Кроме того, посетители не смогут обнаружить пожар в момент его возникновения, а узнают о нем после сигнала СОУЭ, то есть начнут эвакуацию с задержкой.

На Рис.4 показана расчетная 3d-модель здания для исследования динамики пожара. Для определения расчетного времени блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара на участках путей эвакуации, расположенных на различных высотных отметках здания установлены специальные контрольные точки (КТ 1, ..., КТ 16), позволяющие фиксировать значения опасных факторов пожара в каждый момент времени на высоте рабочей зоны (на есть на высоте 1,7 м от пола участка).

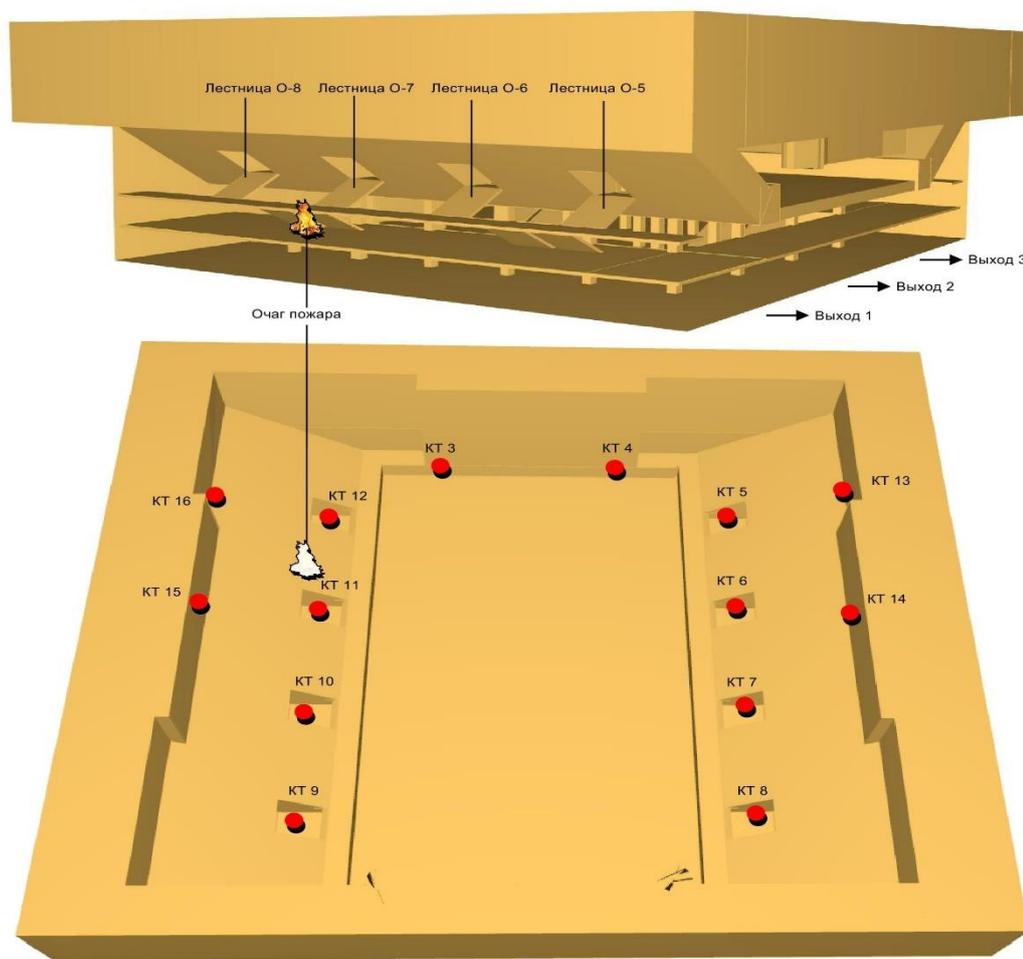


Рис.4. Расчетная модель для исследования динамики пожара

Приняты следующие начальные условия для проведения математического моделирования: температура воздуха в начальный момент времени составляет 20 °С, содержание токсичных продуктов горения в воздухе равно нулю, содержание кислорода в воздухе равна 0,26 кг·м⁻³, освещенность на путях эвакуации составляет 50 лк [12]. Шаг расчетной сетки принят равным 0,25 м, расчетный период моделирования – 600 с. Максимальная площадь горения принята равной двум площадям помещения очага, то есть 19·2 = 38 м². Интегральные характеристики пожарной нагрузки торгового павильона принимались согласно [12] (для магазинов), в частности, линейная скорость распространения пламени составляет 0,0055 м/с, удельная массовая скорость выгорания равна 0,015 кг/(м²·с). Удельная массовая скорость выгорания

принята без учета влияния АУПТ, которая могла бы вдвое снизить горения [12]. Также учтено отсутствие в здании СПДЗ и возможный приток свежего воздуха к зоне пожара через открытые дверные проемы вестибюля 1-го этажа.

Методы исследования

Для проведения исследования особенностей распространения продуктов горения в здании применялся метод математического моделирования. Наиболее объективные результаты при моделировании дает полевая математическая модель, реализованная, в программе «Fire Dynamics Simulator» (FDS) [10]. Указанная программа обеспечивает численное решение полных нелинейных уравнений термогидродинамики Навье – Стокса для низкоскоростных температурнозависимых потоков. Для работы с ней применяется дополнительный пользовательский интерфейс в виде программы «PyroSim» [11], позволяющей формировать базу исходных данных, в том числе 3d-модель рассматриваемого здания. Полевая модель предполагает расчет термодинамических значений среды внутри здания в узлах пространственной сетки с выбранным шагом и может использоваться для помещений сложной геометрической конфигурации, с большим количеством внутренних преград, тоннелей и т.д.

Результаты исследования

На Рис.5 представлена динамика распространения дыма в вестибюле 1-го этажа здания. Нагретые продукты горения под действием конвекционных сил поднимаются в верхнюю часть объема 1-го этажа, в результате чего примерно через 50–60 с происходит блокирование опасными факторами пожара двух эвакуационных выходов, ведущих из спортивного зала на открытую Лестницу О-7 и открытую Лестницу О-8. Продукты горения заполняют конструктивный карман над данными лестницами, после чего зона задымления опускается, приводя к блокированию всех четырех эвакуационных выходов, расположенных с одной стороны спортивного зала. Часть продуктов горения распространяется в спортивный зал, другая часть распространяется под потолком вестибюля 1-го этажа на противоположную сторону, где расположен второй конструктивный карман. Распространяющиеся продукты горения заполняют указанный второй конструктивный карман 1-го этажа, после чего происходит их распространение в объем спортивного зала 2-го этажа.

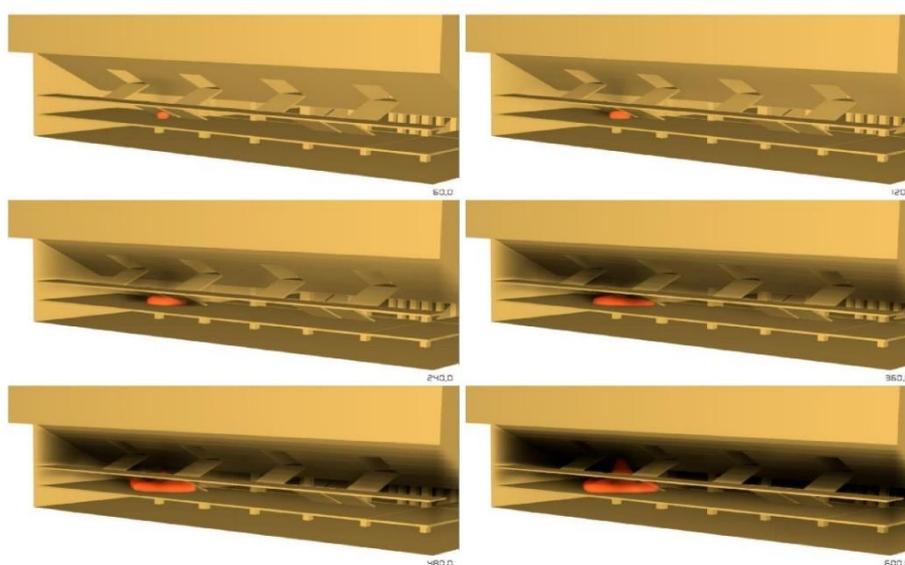


Рис.5. Динамика распространения дыма на участках конструктивных карманов вестибюля 1-го этажа при пожаре

На Рис.6 представлена динамика распространения дыма в объеме спортивного зала 2-го этажа. Первоначально продукты горения попадают в зал через два проема открытых лестниц, под которыми возникает пожар. Через 180 с продукты горения накапливаются в верхней части объема 1-го этажа и начинают распространяться в объем спортивного зала через все имеющиеся четыре проема, являющиеся эвакуационными выходами, ведущими на открытые лестницы.

Результаты математического моделирования свидетельствуют, что среди опасных факторов пожара (ОФП) критическое значение (20 м согласно [12]) в контрольных точках первично достигается таким параметром, как видимость. Данная закономерность обусловлена особенностями газообмена при горении, спецификой распространения дымовых потоков, архитектурно-планировочными решениями объекта. Полученные результаты согласуются с положениями нормативной литературы [12] и подтверждают необходимость первоочередного учета фактора видимости при проектировании систем противопожарной защиты.

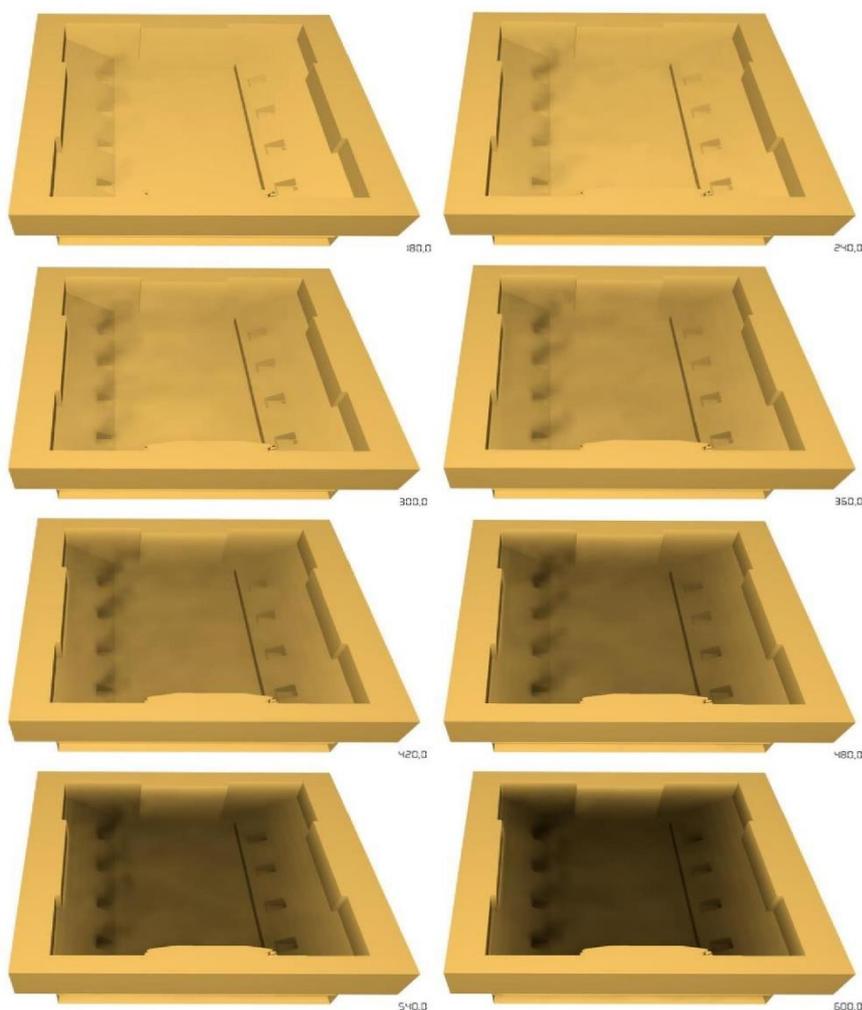


Рис.6. Динамика распространения дыма в спортивном зале 2-го этажа при пожаре

Анализ данных, представленных на Рис.7, демонстрирует временные параметры достижения критического уровня видимости (20 м) в контрольных точках, расположенных в зоне эвакуационных выходов из зрительских лож (отм. 13.560). Результаты моделирования выявили следующую динамику. Первичное блокирование путей эвакуации происходит в точках КТ 15 и КТ 16 (через 458 с). Более длительное блокирование отмечается в точках КТ 13 и КТ 14 (через 487 с). Наблюдается временной интервал 29 с между блокированием различных групп эвакуационных выходов, что обусловлено особенностями распространения

дымовых масс, различиями в геометрии путей движения продуктов горения, локальными архитектурными особенностями зрительских зон.

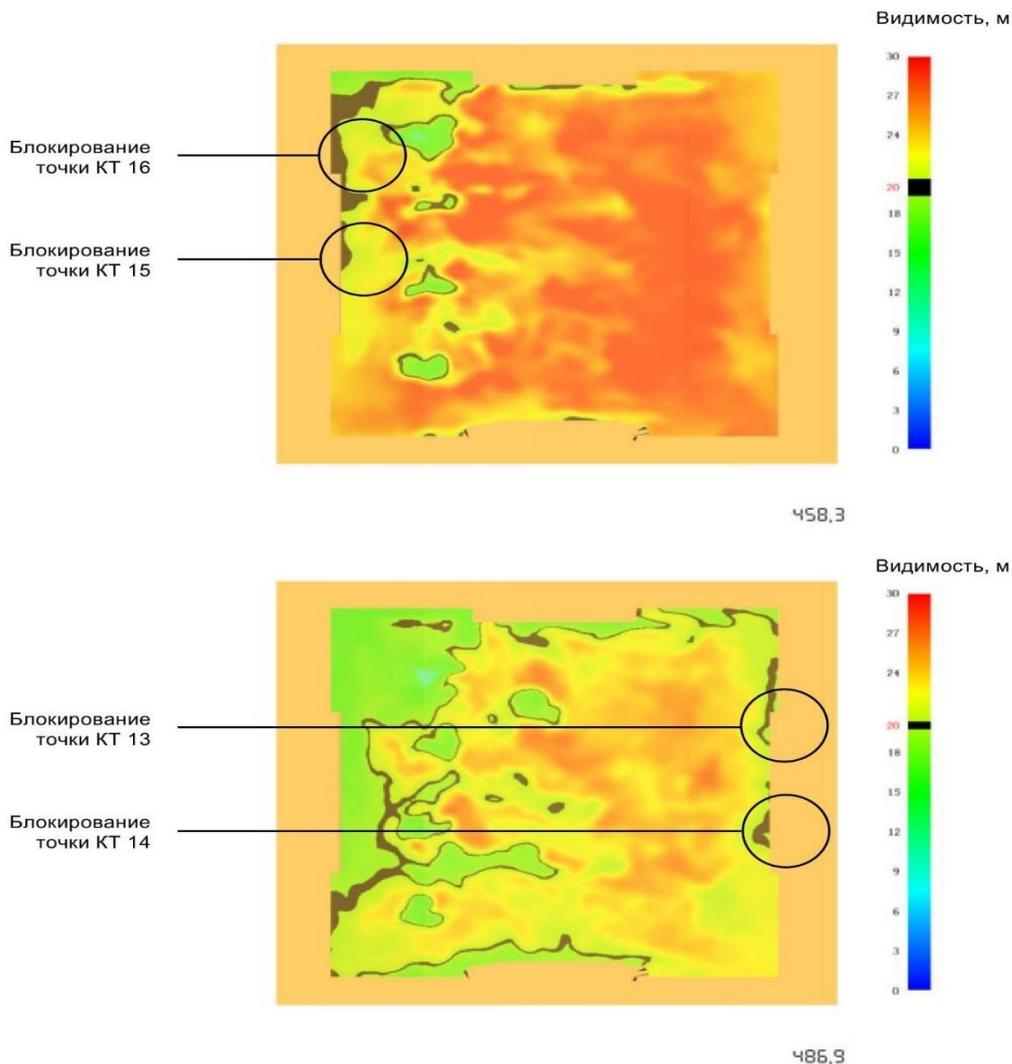


Рис.7. Моменты блокирования по потере видимости выходов из зрительских лож

На Рис.8 показаны моменты достижения видимостью критического значения в контрольных точках, установленных на площадке на отм. 7.800 перед выходами на лестницы 2-го типа. Результаты моделирования выявили следующую последовательность блокирования эвакуационных путей выходов. Наиболее быстрое блокирование (50–60 с) происходит на участках выходов на Лестницу О-7 и Лестницу О-8 (точки КТ 11 и КТ 12). Более длительный период блокирования (304 с) отмечается перед выходами на Лестницу О-5 и Лестницу О-6 (точки КТ 9, КТ 10). Наиболее позднее блокирование (517 с) отмечается на участке выхода на Лестницы О-1, ..., О-4 (точки КТ 5, ..., КТ 8). При этом точки КТ 3 и КТ 4 оставались доступными в течение всего периода моделирования (600 с). Также установлено, что другие опасные факторы пожара не достигли критических значений. Полученные данные свидетельствуют о неравномерном распространении опасных факторов, существенной разнице во времени блокирования различных выходов (от 50 до 517 с), сохранении части эвакуационных путей доступными на протяжении всего расчетного периода моделирования.

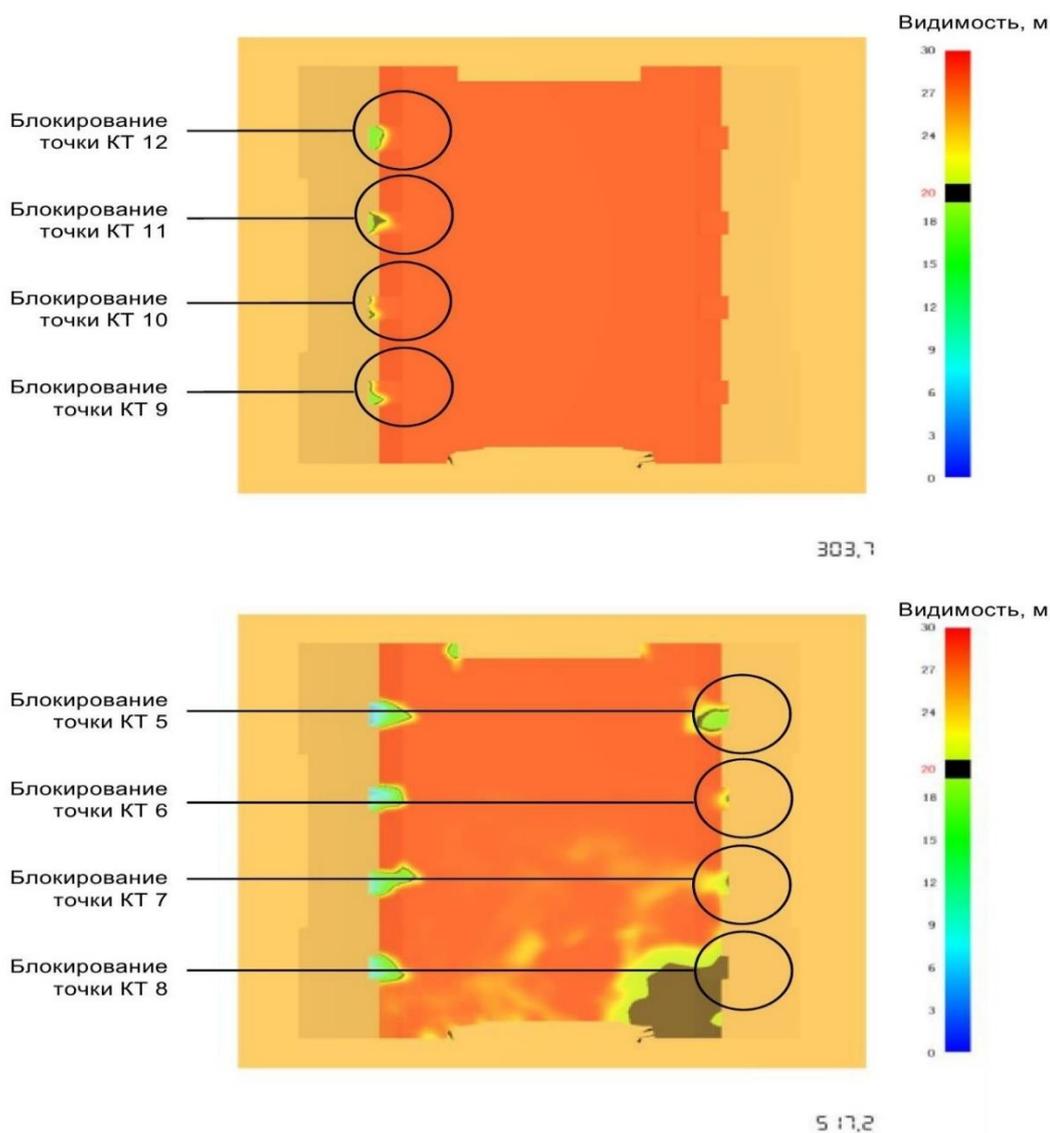


Рис.8. Моменты блокирования по потере видимости выходов на лестницы 2-го типа

В Таблице приведены установленные в контрольных точках расчетные значения критического времени развития пожара $t_{крі}$ по различным опасным факторам. Для каждой отдельно взятой контрольной точки определено время блокирования участка $t_{бл} = \min(t_{крі})$, которое представляет собой минимальное значение критического времени развития пожара по всем опасным факторам. Также приведены значения времени блокирования с учетом погрешности расчетов $0,8 \cdot t_{бл}$.

Таблица. Результаты расчета времени блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара (в секундах)

Контр. точка	По темп. t	По содерж. O_2	По потере видимости	По содерж. $HC1$	По содерж. CO_2	По содерж. CO	По тепл. потоку	Время блокир. $t_{бл}$	Время блокир. с учетом погрешности $0,8 \cdot t_{бл}$
отм. 6.150									
КТ 3	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>480
КТ 4	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>600	>480
отм. 7.800									
КТ 5	>600	>600	517	>600	>600	>600	>600	517	414
КТ 6	>600	>600	517	>600	>600	>600	>600	517	414
КТ 7	>600	>600	517	>600	>600	>600	>600	517	414

КТ 8	>600	>600	517	>600	>600	>600	>600	517	414
КТ 9	>600	>600	304	>600	>600	>600	>600	304	243
КТ 10	>600	>600	304	>600	>600	>600	>600	304	243
КТ 11	>600	>600	60	>600	>600	>600	>600	60	48
КТ 12	>600	>600	60	>600	>600	>600	>600	60	48
отм. 13.560									
КТ 13	>600	>600	487	>600	>600	>600	>600	487	390
КТ 14	>600	>600	487	>600	>600	>600	>600	487	390
КТ 15	>600	>600	458	>600	>600	>600	>600	458	366
КТ 16	>600	>600	458	>600	>600	>600	>600	458	366

С учетом допустимой погрешности расчетных методов установлены следующие временные параметры блокирования эвакуационных путей. Для зрительских лож диапазон времени блокирования участков путей эвакуации составляет 366–390 с, что обусловлено особенностями распространения дымовых потоков в верхней зоне спортивного (зрительного) зала. Для спортивного зала из-за неравномерности распределения зоны задымления диапазон времени блокирования участков путей эвакуации составляет 243–414 с, что создает вариативность условий эвакуации через шесть выходов на открытые лестницы. Для спортивной арены минимальное время сохранения условий для безопасной эвакуации составляет 480 с, что объясняется более низкими отметками расположения эвакуационных выходов с арены в обособленные лестничные клетки и подтверждает эффективность данного планировочного решения.

Обсуждение результатов

В результате проведенного математического моделирования получено, что эвакуационные выходы из спортивного (зрительного) зала на открытые лестницы, под которыми возникает пожар, блокируются практически сразу и не используются для эвакуации. Отмечается быстрое распространение дыма во внутреннем объеме здания, который заполняет вестибюль 1-го этажа и проникает в зрительный зал через конструктивные карманы и проемы открытых лестниц. При этом зона задымления распространяется по спортивному залу, блокируя остальные эвакуационные выходы из него. Наиболее опасным фактором при рассмотренном сценарии пожара является снижение видимости. Видимость достигает критических значений значительно раньше других опасных факторов (температуры, концентрации токсичных газов и т.д.).

Полученные результаты демонстрируют существенную дифференциацию временных параметров в зависимости от типа пути эвакуации, пространственного расположения эвакуационных выходов, конструктивных особенностей здания. Данные показатели имеют принципиальное значение для оценки достаточности времени эвакуации, разработки мероприятий по повышению безопасности людей, оптимизации систем противопожарной защиты.

В процессе дополнительных исследований установлено, что эвакуация зрителей из спортивного зала при рассмотренном сценарии пожара не обеспечивается. Причина данной опасной ситуации связана с тем, что при пожаре пламя достаточно быстро распространяется по горючим материалам, чему способствует отсутствие в здании АУПТ. Продукты горения также быстро блокируют лестничные марши и попадают в помещение спортивного зала, чему способствует отсутствие в здании СПДЗ. Подробные опасные ситуации для посетителей могут возникать также и в случае возгорания в музее, который расположен в вестибюле 1-го этажа, и в случае возгорания в торговых рядах ярмарки, которая периодически организуется в этом же вестибюле.

Выводы и предложения

Проведенное математическое моделирование динамики пожара в устаревшем спортивном объекте демонстрирует высокую опасность рассмотренного сценария. Быстрое выгорание

пожарной нагрузки и распространение дыма, блокирование основных путей эвакуации создают серьезную угрозу для посетителей. Для устранения предпосылок возникновения подобных опасных ситуаций предложено исключить размещение торговых и музейных зон в вестибюле 1-го этажа, в том числе под лестничными маршами. Предложенное мероприятие лежит в русле требований пункта 16 «к» Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 [13].

Проведенный анализ научных публикаций [14–22] показал, что основными мерами по снижению тяжести последствий пожаров на спортивных объектах являются: противопожарное обучение и тренировки персонала; применение систем автоматического пожаротушения; применение систем противодымной защиты; применение систем, позволяющих обеспечивать более раннее обнаружение и оповещение людей о пожаре.

Таким образом, для устаревших спортивных объектов крайне актуальным является пересмотр законодательного подхода к обеспечению их пожарной безопасности. Устаревшие спортивные объекты в нынешних реалиях требуют оснащения современной системой обеспечения пожарной безопасности.

Список источников

1. Безуленко Е.С. Проблемы противопожарной защиты спортивных сооружений // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: Мат. IV Всероссийская научно-техническая конференция (с международным участием). – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2017. – С. 13–15.
2. Буткус Е.В. Возгорания в спортивных комплексах. Причины и последствия // Молодой ученый. 2023. – № 5 (452). – С. 376–379.
3. Роговик Е.Г. Особенности обеспечения пожарной безопасности сооружений спортивного назначения на примере стадиона «ДОНБАСС АРЕНА» // Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. Теория. Инновации. Практика: Мат. научно-практическая конференция с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России. – М.: Академия ГПС, 2023. – С. 158–163.
4. Савельев А.П., Ямашкин Е.А. Анализ состояния пожарной безопасности на спортивном объекте // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Мат. международная научно-практическая конференция, посвященной 70-летию П.В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2024. – С. 402–408.
5. Хасанов И.Р., Стернина О.В. Обеспечение пожарной безопасности объектов проведения массовых спортивных мероприятий // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: Сб. мат. VI Всероссийская научно-практическая конференция – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 375–378.
6. Холодов О.М. Меры пожарной безопасности на спортивных объектах г. Воронежа // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сб. мат. IV Международная научно-практическая конференция, посвященной 30-й годовщине МЧС России. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России 2020. – С. 290–292.
7. Сулова О.Ю., Смольянов П.А. Объемно-планировочные решения современных многофункциональных спортивных комплексов в условиях XXI века // Системные технологии. – 2019. – № 31. – С. 88–96.
8. Цховребов М.Г. Проблемы обеспечения пожарной безопасности при проектировании спортивных сооружений // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – № Т17. – С. 93–102.
9. Еремина Т.Ю., Трегубова И.В., Тихонова Н.В. Пожарная безопасность спортивных сооружений: российские и международные нормы проектирования, инновационные решения в области пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 3. – С. 12–22.
10. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R., Floyd J., Weinschenk C., Overholt K. Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, and VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland, sixth

edition, July 2013. Vol.1: Mathematical Model; Vol. 2: Verification Guide; Vol. 3: Validation Guide; Vol. 4: Configuration Management Plan.

11. Профессиональное программное обеспечение для расчета пожарного риска // FireCat. – URL: <http://pyrosim.ru/index.php?route=common/home> (дата обращения: 22.04.2025).

12. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС России № 1140 от 14.11.2022 // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 21.03.2023, № 0001202303210005.

13. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 // Собрание законодательства Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 39 ст. 6056.

14. Баканова С.В., Смелский А.П. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на спортивных объектах // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – № 4(35). – С. 121–126.

15. Гопия О.Г. Пожарная безопасность современных спортивных сооружений // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международная научно-практическая конференция – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. – Т. 2. – С. 143–145.

16. Горбань Ю. Особенности выбора систем пожаротушения в различных зонах крупного стадиона / Ю. Горбань, Никончук М. // Алгоритм безопасности. – 2015. – № 1. – С. 28–31.

17. Дубенюк К.М., Каргаполова Е.О. Обеспечение пожарной безопасности спортивных объектов // Техносферная безопасность: Мат. X Международная научно-техническая конференция – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 177–178.

18. Кузнецов И.Б., Обеспечение пожарной безопасности на спортивных объектах / И.Б. Кузнецов, Р.Р. Фатыхов // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности: Сб. тр. I Международная научно-практическая конференция – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2017. – С. 61–68.

19. Скворцов А.Н. Обеспечение пожарной безопасности в спортивно-тренировочных сооружениях с массовым пребыванием людей / А.Н. Скворцов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Мат. Международная научно-практическая конференция – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2020. – С. 631–636.

20. Филиппов А. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к закрытым спортивным сооружениям // Алгоритм безопасности. – 2015. – №1. – С. 22–25.

21. Хамматов В.Ф., Аксенов С.Г. Обеспечение пожарной безопасности на спортивных сооружениях // Студенческий форум. – 2022. – № 10–2(189). – С. 36–37.

22. Цыпышева М.В., Аксенов С.Г. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на спортивных объектах // Студенческий форум. – 2021. – № 40–2(176). – С. 86–76.

References

1. Bezulenko E.S. Problems of fire protection of sports facilities // Actual problems of construction, housing and communal services and technosphere safety: Mat. IV All-Russian Scientific and Technical Conference (with international participation). Volgograd: Volgograd State Technical University, 2017. pp. 13-15.

2. Butkus E.V. Fires in sports complexes. Causes and consequences // Young scientist. 2023. – № 5 (452). – Pp. 376-379.

3. Rogovik E.G. Features of ensuring fire safety of sports facilities using the example of the DONBASS ARENA stadium // Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Theory. Innovation. Practice: Mat. Scientific and practical conference with international participation dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Moscow: Academy of GPS, 2023. pp. 158-163.

4. Savelyev A.P., Yamashkin E.A. Analysis of the state of fire safety at a sports facility // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: Mat. International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of P.V. Senin, Saransk, November 22-23, 2023. Saransk: Ogarev National Research Mordovian State University, 2024, pp. 402-408.

5. Khasanov I.R., Sternina O.V. Ensuring fire safety of facilities for mass sports events // Actual issues of improving engineering systems for ensuring fire safety of facilities: Collection of mat. VI All-Russian Scientific and Practical Conference – Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2019. pp. 375-378.
6. Kholodov O.M. Fire safety measures at sports facilities in Voronezh // Modern fireproof materials and technologies: Collection of mat. IV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of the Russian Ministry of Emergency Situations. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia 2020. pp. 290-292.
7. Suslova O.Yu., Smolyanov P.A. Spatial planning solutions for modern multifunctional sports complexes in the conditions of the XXI century // System technologies. – 2019. – No. 31. – pp. 88-96.
8. Tskhovrebov M.G. Problems of fire safety in the design of sports facilities // Scientific and methodological electronic journal "Concept". 2016. no. T17. pp. 93-102.
9. Eremina T.Yu., Tregubova I.V., Tikhonova N.V. Fire safety of sports facilities: Russian and international design standards, innovative solutions in the field of fire safety // Fire and explosion safety. – 2017. – Vol. 26, No. 3. – pp. 12-22.
10. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R., Floyd J., Weinschenk C., Overholt K. Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, and VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland, sixth edition, July 2013. Vol.1: Mathematical Model; Vol. 2: Verification Guide; Vol. 3: Validation Guide; Vol. 4: Configuration Management Plan.
11. Professional software for calculating fire risk // FireCat. – URL: <http://pyrosim.ru/index.php?route=common/home> (accessed: 22.04.2025).
12. Approval of the methodology for determining calculated fire risk values in buildings, structures and fire compartments of various functional fire hazard classes. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 1140 dated 11/14/2022 // Official Internet portal of legal information www.pravo.gov.ru, 03/21/2023, No. 0001202303210005.
13. On approval of Fire Safety Regulations in the Russian Federation. Resolution of the Government of the Russian Federation dated September 16, 2020 No. 1479 // Collection of Legislation of the Russian Federation dated September 28, 2020 No. 39, art. 6056.
14. Bakanova S.V., Smelsky A.P. Fire safety measures at sports facilities // Education and science in the modern world. Innovation. – 2021. – № 4 (35). – Pp. 121-126.
15. Gopiya O.G. Fire safety of modern sports facilities // Science and youth: new ideas and solutions: proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference - Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2018. – Vol. 2. – pp. 143-145.
16. Gorban Yu. Features of the choice of fire extinguishing systems in various zones of a large stadium / Y. Gorban, M. Nikonchuk // Safety algorithm. 2015. No. 1. pp. 28-31.
17. Dubenyuk K.M., Kargapolova E.O. Ensuring fire safety of sports facilities // Technosphere safety: Mat. X International Scientific and Technical Conference – Omsk: Omsk State Technical University, 2023, pp. 177-178.
18. Kuznetsov I.B., Ensuring fire safety at sports facilities / I.B. Kuznetsov, R.R. Fatykhov // Problems and prospects of fire-technical expertise and supervision in the field of fire safety: Collection of tr. I International scientific and practical conference – Khimki: Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. pp. 61-68.
19. Skvortsov A.N. Ensuring fire safety in sports and training facilities with a mass presence of people / A.N. Skvortsov // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: Mat. International Scientific and Practical Conference – Saransk: Ogarev National Research Mordovian State University, 2020. pp. 631-636.
20. Filippov A. Fire safety requirements for indoor sports facilities // Safety algorithm. - 2015. – No. 1. – pp. 22-25.
21. Khammatov V.F., Aksenov S.G. Ensuring fire safety at sports facilities // Student Forum. – 2022. – № 10-2(189). – Pp. 36-37.
22. Tsyppsheva M.V., Aksenov S.G. Measures to ensure fire safety at sports facilities // Student Forum. – 2021. – № 40-2(176). – Pp. 86-76.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.07.2025, одобрена после рецензирования 27.08.2025, принята к публикации 01.09.2025.

The article was submitted 01.07.2025, approved after reviewing 27.08.2025, accepted for publication 01.09.2025.