УДК 614.842

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИГОДНОЙ ДЛЯ ДЫХАНИЯ ГИПОКСИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЫ В ЗДАНИЯХ С ЦЕНТРИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКОЙ

Матвеев В.А. [1], Ничкова Л.А. [2], Рыкунов С.М. [3]

[1,2,3] Политехнический институт (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: [1]matveev.vladimir0@mail.ru; [2]nichkova@sevsu.ru; [3]smrykunov@mail.sevsu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к обеспечению пожарной безопасности объектов культурного наследия (ОКН) с применением гипоксических технологий. На примере здания панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах» анализируются применимость технических решений, позволяющих совместить эффективную противопожарную защиту с требованиями сохранения подлинности исторических конструкций. Приводятся расчеты параметров системы и подбор системы для объекта исследования.

Ключевые слова: гипоксическая атмосфера, пожарная безопасность, объекты культурного наследия, здание панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах», предотвращение возгорания, кислородная среда, локальное пожаротушение.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных вопросов при обеспечении пожарной безопасности музеев, фондохранилищ и архивов является сохранность исторических экспонатов, музейных предметов, а также исторической документации, представляющей не материальную ценность. Огонь, дым, а также классические средства пожаротушения могут нанести непоправимый ущерб этим предметам, испортив, повредив или уничтожив их навсегда. Применение установок локального газового пожаротушения в музеях не всегда целесообразно, так как сопряжено с опасностью для находящихся в здании посетителей. Для решения данного вопроса с 1 января 2024 года в России начал действовать СП 526.1311500.2023 «Системы предотвращения пожара. Системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы» утвержденный приказом МЧС России № 642 от 20 июня 2023 г. Системы предотвращения пожара с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы представляют собой сравнительно новый вид технических средств, которые применяются для обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. Сегодня за рубежом такие системы защищают более 1000 объектов, в нашей стране – около 30.

Гипоксические системы основаны на снижении концентрации кислорода в защищаемом помещении до уровня, при котором горение становится невозможным. Критическая концентрация кислорода для большинства горючих материалов составляет около 10-12% об. При этом для дыхания человека допустимы условия, аналогичные высокогорным (содержание кислорода 14-16% об.), что делает такие системы безопасными для кратковременного пребывания людей.

Согласно данным Правительства города Севастополя, на его территории расположено: 247 объектов культурного наследия федерального значения, а также 870 объектов культурного наследия регионального значения, значительная часть которых приходится на жилые, административные и культурно-досуговые здания [6-7]. Таким образом рассмотрение вопроса применения таких систем является актуальным и нужным для музейных объектов города Севастополя, так как поможет решить вопрос с обеспечением пожарной безопасности в исторических зданиях и обеспечит безопасность посетителей.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время активное внимание уделяется пожарной безопасности музеев и фондохранилищ. Согласно СП 526.1311500.2023 музейные здания должны оборудоваться системой предотвращения пожара, посредством которого достигается исключение условий образования горючей среды поддержанием пониженной концентрации окислителя в горючей среде.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов культурного наследия музеев и фондохранилищ исследованы в трудах: Присадкова В.И., Сушковой О.В., Ереминой Т.Ю., Богданова А.В., Муслаковой С.В. В Руководстве по «Обеспечению пожарной безопасности музеев и фондохранилищ» предлагается при обеспечении пожарной безопасности зданий

использовать комплексный подход к обеспечению противопожарного режима, а именно уделить внимание: системам предотвращения пожара, системам противопожарной защиты, а также проведению комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности со стороны персонала эксплуатирующей организации здание. Присадков В.И., Сушкова О.В., Еремина Т.Ю. предлагают при обеспечении пожарной безопасности проводить расчет пожарного риска, учитывая материалы и типы отделок помещений, а также имеющиеся экспонаты, в качестве мер по предотвращению пожаров применяют установки локального пожаротушения, или установки автономного пожаротушения [3].

Однако, в их исследованиях рассматриваются здания с анфиладной планировкой, что позволяет разделить здание на шлюзы противопожарными преградами, а также позволяет минимизировать потери азота. Здания с центрической планировкой, а также практическое применение и подбор систем с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы в исследованиях не рассматривается.

ЦЕЛЬ И ПОССТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы довольно новые и относительно мало применяющиеся в зданиях города Севастополя и городах Республики Крым. Целью данной статьи является рассмотрение возможности применения данных систем для объектов города Севастополя с центрической планировкой, а также подбор актуальной системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы для объекта с центрической планировкой. Таким образом, исходя из цели были определены задачи исследования:

– изучить требования СП 526.1311500.2023 «Системы предотвращения пожара. Системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы», а также требования федеральных законов и сводов правил в области проектирования систем противопожарной защиты для зданий с центрической планировкой;

– провести обследование объекта исследования, здания с центрической планировкой здания панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах»: геометрические характеристики, наличие систем противопожарной защиты, пожарной нагрузки и основные пожарные риски; (геометрия, герметичность, пожарная нагрузка);

– провести подбор системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы систем с учетом особенностей объекта исследования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современные системы противопожарной защиты на основе гипоксической атмосферы предназначены для создания и поддержания в защищаемом объекте среды с пониженным содержанием кислорода (не более 10 % об.). Такие условия исключают возможность воспламенения горючих материалов даже при наличии источника зажигания, предотвращая как открытое горение, так и тление. Горение — это экзотермическая реакция окисления, требующая наличия трёх компонентов: горючего вещества, окислителя (кислорода) и источника зажигания. Гипоксические системы устраняют один из этих элементов, снижая концентрацию кислорода ниже порога воспламенения.

Для достижения требуемой концентрации кислорода система подает подготовленную газовую смесь, получаемую методом мембранной (разделение газов через полупроницаемые мембраны, пропускающие азот) или адсорбционной (поглощение кислорода цеолитами или другими адсорбентами) сепарации воздуха. В процессе эксплуатации автоматика непрерывно контролирует уровень кислорода и компенсирует утечки, обеспечивая стабильность параметров.

В состав системы входят:

– оборудование для подготовки сжатого воздуха (компрессоры, фильтры, осушители);

– газоразделительные модули;

– ресиверы (при необходимости);

– трубопроводная сеть с распределительными насадками;

– селекторные клапаны (опционально);

– управляющая автоматика и контрольные приборы (включая панель мониторинга);

– средства светозвуковой сигнализации и аварийного оповещения.

Алгоритм работы системы должен обеспечивать в рабочем диапазоне:

– периодическую подачу газовой смеси из газоразделительного оборудования для поддержания концентрации кислорода в заданных пределах;

– выдачу тревожных извещений до достижения максимальной или минимальной концентрации в рабочем диапазоне.

Данная система имеет ряд преимуществ для музейных объектов:

– бесшумная работа – отсутствие вибрации и резких звуков, которые могут повредить хрупкие экспонаты;

– минимальное вмешательство в конструкцию здания – скрытый монтаж коммуникаций;

– безопасность для экспонатов – отсутствие воды, пены или химических агентов, которые могут повредить исторические объекты.

– экологичность – система использует атмосферный воздух, не производя вредных выбросов.

– безопасность для посетителей – концентрация кислорода остается на уровне, допустимом для кратковременного пребывания (аналогично высокогорным условиям) [3-5].

Таким образом, применение данных систем целесообразно и обладает рядом преимуществ, они являются надежной противопожарной защитой без риска повреждения исторических ценностей.

На следующем этапе необходимо рассмотреть объект исследования и подготовить исходные данные для подбора системы гипоксической атмосферы для объекта исследования. Здание Панорамы входит в архитектурный силуэт города, доминирует над его Центральной частью, хорошо просматривается при въезде в город с основных сухопутных и морских магистралей. На первом этаже здания – экспозиционный зал, отражающий основные события обороны Севастополя 1854 – 1855 гг., историю создания и воссоздания Панорамы. Из экспозиционного зала винтовая лестница ведёт на смотровую площадку, где посетители, постепенно двигаясь по кругу, рассматривают живописное полотно и предметный план.

Здание круглой формы в плане, с купольным покрытием. Основная часть здания цилиндрической формы диаметром 40,3 м, высота цилиндрических стен – 14,9 м. В качестве покрытия выполнен ребристо-кольцевой купол, который представляет собой радиально-арочную систему. Крыша куполообразная с остекленным световым поясом по всей окружности. Высота купола – 9,40 м. Над куполом расположена башня (бельведер) со смотровой площадкой. Бельведер имеет в плане форму восьмиугольника шириной в плане – 3,92 м. Высота бельведера – 9,20 м. Конструктивная схема здания бескаркасная с несущими каменными стенами из известнякового камня. В здании размещены различные по функциональному назначению помещения. Основной объем здания занимает экспозиционный зал, имеющий купольное покрытие со световым фонарем. В центральной части располагается круговая панорамная смотровая площадка с раздельными входом и выходом по винтовым лестницам. По периметру зала расположено художественное полотно Панорамы. В нижней части зала находится предметный план экспозиции, располагающийся на наклонном настиле. С северо–восточной стороны здания Панорамы в цокольном этаже располагаются помещения с оборудованием по кондиционированию и отоплению помещений на рисунке 1 [7].

Основные исходные данные для подбора оборудования представлены в таблице 1. Подбор оборудования выполняем согласно п.6 СП 526.1311500.2023 «Системы предотвращения пожара. Системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы», для этого определяем следующие параметры: герметичность помещений согласно п. 6.2 вышеуказанного СП; порог воспламенения; рабочий режим проектируемой системы.

а

б

в

г

Рис. 1 Основные экспозиционные помещения здания Панорама «Оборона Севастополя 1854-1855 гг.»: а – экспозиционный зал, б – экспозиционный зал в цокольном этаже; в – смотровая площадка; г – круговая галерея под смотровой площадкой

Таблица 1. Исходные данные для подбора и проектирования системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы для здания Панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах»

Тип объекта (здание, сооружение, помещение)	Здание Ф2.2
Объем защищаемого помещения (м³)	18000
Категория помещения по взрывопожарной опасности (не должна быть А или Б)	В4
Герметичность помещения	3
Перечень горючих веществ и материалов, присутствующих в помещении	Деревянная подшивка кровли, живописное полотно площадью 1800 м.кв., деревянная конструкция экспозиции площадью 1000 м.кв.
Пороги воспламенения (ПВ) для этих материалов	Принять по нормативу, с учетом обработки материала антипиренами по 1 группе огнебезопасности
Количество и площадь ограждающих конструкций	Противопожарные двери, перегородки из одинарного кирпича
Количество и размеры дверей/ворот	5 дверей (размер 0,85х2,1 м.), 2 двери (размер 1,5х0,8 м.)
Тип дверей (обычные, шлюзы и т.д.)	Противопожарные с устройством самозакрывания
Частота открывания дверей/ворот (средняя и максимальная в час)	Установлены дверные доводчики
Режим эксплуатации (часы работы в сутки, дни в неделю)	10 часов в день, 7 дней в неделю

Продолжение таблицы 1

Приток воздуха от системы вентиляции (м³/ч)	Установлена приточная вентиляционная установка, приток воздуха принять нормативный
Наличие постоянных рабочих мест в помещении	5 рабочих мест, также экскурсионные группы, численностью по 25 человек
Желаемый диапазон концентрации кислорода	По нормативу
Требуемое время поддержания гипоксической атмосферы	По нормативу
Наличие фальшполов или потолочных пустот	Присутствует
Температурный режим в помещении	25 градусов

Согласно СП 526.1311500.2023, нормативную концентрацию $C_{норм-т}$ кислорода определяют по следующей формуле:

$$C_{норм-т} = C_{ПВ-т} - C_{без}, \quad (1)$$

где $C_{норм-т}$ – нормативная концентрация кислорода для твердых материалов; $C_{ПВ-т}$– порог воспламенения для твердого вещества; $C_{без}$ – коэффициент безопасности (запаса), который для твердого материала следует принять равным 0,75% об.

Также следует определить диапазон концентраций кислорода в рабочем режиме работы, а также производительность системы, которая необходима для поддержания концентрации кислорода. Для объекта исследования примем упрощенный расчет производительности газораспределительной установки по формуле:

$$Q_{N2} = V \times n_{50} \times \frac{(21\% - C_{норм})}{(C_{норм} - 5\%)}, \quad (2)$$

где Q_{N2}– производительность газораспределительной установки по азоту; V – объем защищаемого помещения объекта исследования (м^3); n_{50}– максимальные значения параметра герметичности; 21% – нормальная концентрация кислорода в воздухе; 5% – погрешность изменения концентрации кислорода. Формула определяет объем азота, необходимый для поддержания заданной гипоксической среды в помещении с учетом утечек [5].

Таким образом, общая производительность системы составляет 2300 м^3/ч. Так как отсутствует герметичность помещения сверху в месте крепления лебедки, а также отсутствуют перегородки между винтовыми лестницами. можно сделать вывод, что для здания с центрической планировкой и открытыми винтовыми лестницами классическая гипоксическая система неприменима в чистом виде, так как:

– невозможно создать замкнутый объем с контролируемым O_2;

– постоянный воздухообмен через лестницы сделает систему неэффективной;

– затраты на компенсацию утечек будут экономически нецелесообразны.

В качестве альтернативных вариантов предлагается следующее: установка локальных гипоксических зон над предметным планом, использование направленных воздушных потоков, воздушные завесы на смотровой площадке (для создания локальных зон с пониженным O_2) [8-9].

Воздушная завеса — это инженерное решение, создающее направленный поток азота (или воздуха), который выполняет роль «невидимой преграды» для предотвращения смешения газовых сред [10]. Предлагается их применение для блокировки утечек азота через винтовые лестницы и место крепления лебедки на бельведере.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрен подход к обеспечению пожарной безопасности объектов культурного наследия (ОКН) с применением гипоксических технологий, выявлены основные преимущества применения данных систем.

2. На примере здания Панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах» проанализированы применимость технических решений, позволяющих совместить эффективную противопожарную защиту с требованиями сохранения подлинности исторических конструкций.

Проведены расчеты параметров системы и подбор параметров системы для объекта исследования.

3. На основании расчета для объектов с негерметичными объемами и центрической планировкой, такими как здание Панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах», целесообразно комбинировать гипоксические технологии с локальными барьерами (воздушные завесы).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование можно расширить, разрабатывая новые методы компенсации утечек азота в негерметичных помещениях, это может включать усовершенствование воздушных завес или создание гибридных систем, сочетающих гипоксическую среду с другими технологиями пожаротушения.

Изучить возможности комбинации гипоксических технологий с системами дымоудаления, противопожарными преградами и современными средствами мониторинга для создания комплексных решений.

Расширить исследования на объекты с аналогичными архитектурными особенностями (храмы, библиотеки) и провести эффективность гипоксических систем в различных климатических условиях.

Также необходимо провести исследования, оценивая влияние пониженной концентрации кислорода на материалы такие как: живопись, ткань, дерево в течении длительного времени. Это поможет уточнить параметры применяемых гипоксическим систем для исключения риска повреждения культурных ценностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73–ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (ред. от 26.12.2024) // КонсультантПлюс: [сайт]. –URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 10.06.2024);

2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // КонсультантПлюс: [сайт]. –URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 10.06.2024);

3. Сушкова, О. В. Обеспечение пожарной безопасности зданий культурно-исторического наследия с размещением в них старинных экспонатов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сушкова Ольга Владимировна, 2023. – 151 с. – EDN XRCCWO;

4. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (с изм. 1, 2). — Введ. 2009-01-01. — М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 96 с.;

5. СП 526.1311500.2023 «Системы предотвращения пожара. Системы с использованием пригодной для дыхания гипоксической атмосферы». — Введ. 2023-06-20. — М.: МЧС России, 2023. — 45 с.;

6. Матвеев, В. А. Анализ основных причин возникновения пожаров на объектах культурного наследия с массовым пребыванием людей / В. А. Матвеев, Л. А. Ничкова // Безопасность – 2024 : Материалы XXIX Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 24–26 апреля 2024 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2024. – С. 156-157. – EDN LJOLTG;

7. Матвеев, В. А. Анализ современного состояния и совершенствование систем контроля и защиты объектов культурного наследия на примере здания панорамы «Оборона Севастополя в 1854-1855 годах» / В. А. Матвеев, Л. А. Ничкова // Экономика строительства и природопользования. – 2023. – № 2(87). – С. 90-95. – EDN APKLQJ;

8. Патент № 2756263 C1 Российская Федерация, МПК A62C 2/00, B01D 53/00. Система противопожарной вентиляции закрытых помещений воздухом гипоксического состава : № 2021100025 : заявл. 08.01.2021 : опубл. 28.09.2021 / И. К. Котляр. – EDN VVGCWJ.;

9. Патент № 2301095 C2 Российская Федерация, МПК A62C 2/00, A62C 3/00, A62B 7/14. Предотвращающие пожар и ликвидирующие пожар системы и пригодные для дыхания огнегасящие составы с пониженным содержанием кислорода для занимаемых людьми помещений : № 2002130714/15 : заявл. 05.04.2001 : опубл. 20.06.2007 / И. К. Котляр. – EDN EGKBUX;

10. Иррек, Ф. Подробный анализ систем газового пожаротушения / Ф. Иррек, М. Магер // Журнал сетевых решений LAN. – 2012. – № 10. – С. 48-49. – EDN PMELGB.

APPLICATION OF SYSTEMS USING A BREATHABLE HYPOXIC ATMOSPHERE IN BUILDINGS WITH A CENTRIC LAYOUT

[1]Matveev V.A., [2]Nichkova L.A., [3]Rykunov S.M.

[1,2,3] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

Annotation. The article discusses approaches to ensuring fire safety of cultural heritage sites using hypoxic technologies. Using the example of the panorama building "The Defense of Sevastopol in 1854-1855", the applicability of technical solutions that combine effective fire protection with the requirements of preserving the authenticity of historical structures is analyzed. The calculations of the system parameters and the selection of the system for the object of study are given.
Keywords: hypoxic atmosphere, fire safety, cultural heritage sites, the building of the panorama "Defense of Sevastopol in 1854-1855", fire prevention, oxygen environment, local firefighting.