



IFLA
2005
OSLO

June 08, 2005

World Library and Information Congress: 71th IFLA General Conference and Council

"Libraries - A voyage of discovery"

August 14th - 18th 2005, Oslo, Norway

Conference Programme: <http://www.ifla.org/IV/ifla71/Programme.htm>

Code Number:
Meeting:

063-E
105 SI - Preservation & Conservation, Asia & Oceania & PAC & Library Buildings

Всемирный Библиотечный и Информационный Конгресс 2005 г.
71-я Генеральная Конференция и Совет IFLA
Осло, Норвегия, 14-18 августа 2005

ВЕНТИЛЯЦИЯ ГИПОКСИЧНЫМ ВОЗДУХОМ – ЗАЩИТА БИБЛИОТЕЧНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ ОТ ПОЖАРА

Christian Nørgaard MADSEN

и

Geir JENSEN

COWI AS, Норвегия

Jan HOLMBERG

Отдел Наук о Строительстве

Королевский Институт Технологии, Швеция

Резюме

Оценена новая технология защиты библиотечных коллекций и помещений публичной библиотеки от пожара – вентиляция инертным воздухом. Она предупреждает возникновение пожара, допускает постоянное использование защищаемых помещений, не вызывает вторичного повреждения и предлагает высокую надежность. В данной статье описаны применения, которые планируется использовать в действующем средневековом здании в Италии и в нескольких новых крупных публичных библиотеках. Защита библиотек от пожара уже обсуждалась, системы защиты либо сами представляли риск для коллекций, либо были ненадежны. Сделан обзор традиционных и современных методов защиты библиотек и представлена концепция вентиляции инертным воздухом.

Инертный воздух также называется гипоксичным воздухом (со сниженной концентрацией кислорода) и содержит несколько измененные концентрации компонентов воздуха. Обычно 5% кислорода заменяются 5% азота. Инертный воздух имеет преобладающий уровень кислорода и надежно вентилирует помещения, которые постоянно должны быть защищены. Инертный воздух безопасен для дыхания, но предупреждает воспламенение и горение обычных материалов. Инертный воздух используется вместо инертных газов. Инертный воздух производится простыми и

надежными генераторами, которые соответствуют действующим или новым системам кондиционирования воздуха, так что нет необходимости устанавливать трубы, насадки и другое оборудование в защищаемых помещениях.

Исследование инертного воздуха для защиты от пожара относится к недавним исследованиям, за последние 10 лет в быстром порядке пройдено несколько этапов. Три года назад концепция предварительно смешанного гипоксичного воздуха, подаваемого в защищаемое помещение, вытеснила метод, при котором для создания гипоксичного воздуха в помещение подавался азот. Эта концепция сделала технологию инертного воздуха более безопасной, более простой и менее дорогостоящей. Стремительно изучаются и разрабатываются различные применения, есть множество потенциальных преимуществ для библиотек. Оценено освоение вопросов о пожаробезопасности, здоровье, стоимости, надежности, эксплуатации и влиянии на памятники материальной культуры и ткани. Проанализирован список гипотез, в которых сформулированы потенциальные преимущества и недостатки, связанные с библиотечными применениями. Результаты представляются многообещающими, а проблемы признаны незначительными и легко разрешимыми.

Введение

Защита библиотечных коллекций от пожара является проблемой, поскольку они обычно содержат невозстановимые документы, высокий уровень ценностей на квадратный метр, большие открытые помещения и уязвимые объекты, которые легко могут быть повреждены под действием дыма, тепла или средств для тушения в случае пожара.

Чтобы избежать намокания при вмешательстве пожарной бригады или автоматических систем тушения пожара на основе воды, таких как разбрызгиватели, водяной туман или пена, многие рассматривали различные средства тушения пожара с помощью газа. Однако оказалось, что автоматическое тушение пожара с помощью газа не является идеальным, поскольку требует эвакуации и герметичных ограждений. Газовые системы подвержены частым отказам, так как они состоят из многочисленных подсистем для обнаружения, активизации и функционирования. Они быстро пустеют и могут зависеть от внешнего источника питания. Газовые системы также не охлаждают источник возгорания, поэтому повторное воспламенение часто происходит из-за того, что были открыты двери, из-за утечки газа из-за ограждения, или из-за того, что газ скапливается слоями под потолком или на уровне пола. Газовые системы не дают персоналу войти внутрь для того, чтобы убрать или защитить коллекции до прибытия пожарной бригады. Хотя инертные газы или смеси инертных газов, таких как азот, аргон, *Argonite*, *Inergene* и CO_2 , не представляют какого-либо риска в смысле продуктов разложения, которые были бы токсичны, коррозионны или вредны для окружающей среды, – как газы на основе галогензамещенных углеводородов, такие как *halon* или, позже, *FE-36*, *Halotron* и другие – все прочие вышеперечисленные недостатки газовой концепции к ним применимы.

Аэрозольный метод тушения пожара был разработан в течение 1990-х годов. Этот метод, очень простой и недорогой, заключается в том, что при необходимости испускается "гасящий туман", который эффективно тушит огонь и оставляет на книжных полках только легкую и безвредную пыль, которую можно смахнуть щеткой или удалить пылесосом. Впрочем, пониженная видимость является причиной того, что этот метод определенно не рекомендуется применять на тех участках, где находится персонал или публика, или где проходят эвакуационные маршруты. Рассматривался метод промывки дыма, основанный на водяном тумане и азоте, но он менее полезен в больших объемах, он сложен, и к нему применимы несколько недостатков, относящихся к газовым системам. Несколько лет назад фирма *3M Company* изобрела "сухую воду" – гасящую среду, которая является жидкостью на складе и в трубах, но испаряется при $49,2^\circ\text{C}$ и при пожаре ведет себя как газ. Она обладает благоприятными свойствами в отношении окружающей среды и в смысле токсичности, но она не оказывает охлаждающего воздействия на твердые

вещества (в отличие от воды) и требует некоторых мер предосторожности, подобно другим газовым системам: помещение должно быть газонепроницаемым и т.д.

Один из недостатков всех традиционных действенных противопожарных систем для библиотек является то, что они не предотвращают повреждения, причиняемые начинающимся пожаром до его тушения. Другой недостаток традиционных систем – все они в некоторой степени приводят к вторичному повреждению защищаемых объектов.

Постоянное поддержание инертной атмосферы с помощью азота или других инертных газов было тем методом, который применялся в течение десятилетий и в первую очередь предлагал дополнительный эффект по предотвращению пожара. Тем не менее, этот метод не был особенно исследован, так как он применялся только в библиотечных помещениях без обслуживающего персонала и представлял опасность для людей, входящих в такие помещения без дыхательного аппарата. Такие системы требуют большого количества азота для восполнения потерь, и для этого – до введения мембранных сепараторов для производства на месте – понадобились бы громоздкие резервуары и перезаправка.

Новая концепция

Инертный воздух также называется гипоксичным воздухом (со сниженной концентрацией кислорода) и содержит несколько измененные концентрации компонентов воздуха. Обычно 5% кислорода заменяются 5% азота. Инертный воздух имеет преобладающий уровень кислорода и надежно вентилирует помещения, которые постоянно должны быть защищены. Инертный воздух безопасен для дыхания, но предупреждает воспламенение и горение обычных материалов. Инертный воздух используется вместо инертных газов. Инертный воздух производится простыми и надежными генераторами, которые соответствуют действующим или новым системам кондиционирования воздуха, так что нет необходимости устанавливать трубы, насадки и другое оборудование в защищаемых помещениях.

Постоянно действующая инертирующая система создает атмосферу, безопасную для дыхания людей, но в которой не могут воспламеняться или гореть обычные материалы.

- Профилактический режим: 15-16% O₂ (персонал присутствует в помещении изредка или в обычном порядке)
- Режим тушения: 10-12% O₂ (персонал присутствует кратковременно)

Концепция вентиляции гипоксичным воздухом в этой среде очень проста, однако открыта недавно: во время исследования систем гипоксичного воздуха было обнаружено, что процессы воспламенения и горения в гипоксичной среде при нормальном давлении намного отличаются от процессов воспламенения и горения в среде с пониженным за счет естественного изменения высоты над уровнем моря давлением и таким же парциальным давлением кислорода.

Это удивительное наблюдение привело к очевидному вопросу (Котляр): "Почему две среды с идентичным парциальным давлением кислорода (то есть одинаковым количеством молекул кислорода в удельном объеме) так по-разному влияют на процессы воспламенения и горения?"

Ответ: "Разница в концентрации кислорода в этих двух средах уменьшает возможность кислорода поддерживать горение. Это происходит из-за повышенного количества молекул азота, блокирующих кинетические свойства молекул кислорода". Другими словами, повышенная плотность молекул азота в нормобарической среде создает "буферную зону", которая препятствует способности молекул кислорода к горению. Если сравнить кинетические свойства обоих газов, можно обнаружить, что молекулы азота двигаются медленнее и имеют более низкую скорость проникновения (в 2,5 раза), чем молекулы кислорода.

Обычные горючие твердые материалы и жидкости не могут воспламениться в среде с содержанием кислорода ниже 16% при нормальном (на уровне моря) барометрическом

давлении. Однако люди легко могут выдерживать атмосферу с пониженным содержанием кислорода, 12-16% O₂, (вместо обычных 20,94% O₂) без вреда для здоровья. Чтобы лучше проиллюстрировать разницу между функциями двух кислородо-зависимых систем, пламени и человеческого тела, мы можем взглянуть на схему "кривая насыщения кислорода гемоглобином и кривая потухания пламени в нормобарической гипоксичной среде (Котляр)".

Здоровье и безопасность

Наш обзор литературы показывает достаточно согласующиеся между собой рекомендации по работе при пониженных уровнях кислорода. Между разрешенными уровнями для авиации и общими (более строгими) уровнями для зданий на уровне моря существует интервал, который не кажется целесообразным. Если доступ к выставкам будет контролироваться так же как к полетам, инертный воздух с 15% O₂ не должен создать никаких проблем. Это означает, что инертный воздух пригоден для употребления во всех категориях музеев, библиотек и исторических зданий с соблюдением простых мер предосторожности.

Поскольку пределы для профессий до сих пор основаны на системах, контролирующих подачу инертного газа в помещения, известные, скорее, неравномерным распределением, чем подачей предварительно смешанного и безопасного гипоксичного воздуха, эти пределы должны быть пересмотрены, так как эта технология представила значительно более безопасные пределы.

Нет документации о том, что инертный воздух, содержащий 13-17% кислорода, представляет угрозу, соизмеримую или выше любого из рисков, перечисленных в Таблице 1, если люди с предрасположениями предупреждаются так же, как перед посадкой в самолеты. Невозможно сравнивать такие риски единичными критериями, следовательно, нет документации для подтверждения противоположного.

Весьма вероятно, судя по опыту полетов, в которых гипоксичный воздух используется для создания инертной атмосферы, вентиляция гипоксичным воздухом представляет собой меньший риск, чем любой другой из перечисленных, если люди, предрасположенные к таким воздействиям, получают предупреждение, и этот риск аналогичен риску при посадке в самолет. Опыт поколений людей, живущих выше уровня моря, также благоприятен, но полеты на самолетах хуже, чем вентиляция гипоксичным воздухом, так как люди подвергаются воздействию внезапных изменений воздуха от нормального к гипоксичному, а время воздействия сопоставимо со временем пребывания в помещениях в зданиях.

Для большинства людей регулярная работа и контролируемая деятельность в инертном воздухе будет *повышать* их здоровье.

Характеристики и преимущества вентиляции инертным воздухом

В ссылке (1) анализируются различные аргументы и притязания систем вентиляции инертным воздухом как гипотезы. Целью исследования была защита наследия, но результаты применимы ко всем библиотекам, где речь идет о повреждениях от пожара или о вторичных повреждениях от мер по его тушению. Выводы обобщаются в Таблице 2.

Количественное сравнение вариантов противопожарных мер в окружающей среде, представляющей собой наследие, показано на Рисунке 1. Это полезный обзор для количественного сравнения параметров, но не для принятия решения. На Рисунке показано предпочтительное ранжирование вентиляции инертным воздухом на основе отсутствия рисков от вторичного повреждения и простоты, относящихся к концепции.

Примеры проектов вентиляции инертным воздухом для защиты библиотек от пожара

Публичная Библиотека Ареццо – здание, относящееся к культурному наследию, в котором хранятся предметы коллекции 13 века

Дворец Преторио – одно из наиболее известных зданий в историческом центре города. Это пример архитектуры средних веков и эпохи Возрождения, это здание явилось результатом объединения трех зданий, построенных в 1200 году и принадлежавших гвельфским семьям Алберготти, Лодемари и Сассоли. В 1209 году дворец Алберготти был занят судом, а в 1404 году дворец Сассоли был приобретен городом-государством и стал тюрьмой. В 1632 году дворец Алберготти был также приобретен муниципалитетом, и тюрьма была расширена. Только в 1926 году тюрьму перенесли в другое здание на Гарибальди Авеню. С этого года начались восстановительные работы под руководством архитектора Джузеппе Кастелуччи. По окончании этих работ дворец был отдан Музею Средних Веков и Муниципальной Галерее. Изнутри во дворце заметны признаки старинных занятий и случайных реставрационных работ с активным применением архитектурных и скульптурных элементов, таких как орнамент и украшения. Кессонный потолок, датируемый 1600 годами, в 1930 году перенесли из городского монастыря и разместили в кабинете Директора Библиотеки. На антресолях находится готическая каменная дарохранильница, украшенная фресками школы Спинелли и декорированная символическими карнизами. Все помещения дворца являются свидетелями различных исторических периодов с фресками, деревянными потолками и скульптурами, уводящими воображение посетителей в прошлое.

В здании хранятся архивы, там есть кабинеты, в также конференц-зал и комнаты общего пользования.

Коллекция Публичной Библиотеки Ареццо содержит 145 000 томов, среди них есть книги и документы, начиная с 13 века. Кроме того, там есть оконные стекла, фрески и мраморные украшения, представляющие собой ценные предметы, чувствительные настолько, что они могут быть повреждены дымом, теплом, агрессивными газами, водой, механическим воздействием и т.д. В дневное время с 08:30 до 17:00 в здании находится персонал и посетители.

Сегодня здание вентилируется только естественным образом, а вокруг окон и дверей остаются щели шириной около 0,2 см. Реально в случае пожара можно будет открыть самое большее около 50% дверей.

Здание кирпичное; в нем нет пустот, шахт и т.п., которые бы сохранились или использовались как проходы, или чего-нибудь такого, что можно было бы использовать в качестве вентиляционных каналов, в нем трудно найти помещение для размещения оборудования для системы инертирования (другим системам тоже требуется помещение) или для размещения хотя бы одних систем тушения.

Кроме общих соображений относительно применения традиционных автоматических систем тушения (на основе воды, газа и т.д.), в этом здании возникают следующие проблемы:

- Системы на основе воды: трудно встроить трубы, резервуары с водой;
- Системы на основе газа: невозможно уменьшить просачивание газа в здании или отдельном помещении в достаточной степени, чтобы обеспечить период времени, необходимый для обработки газом.

В Таблице 3 все участки расписаны по типу пользования и по количеству часов в день. В Таблице 4 показано предполагаемое содержание кислорода в гипоксичной окружающей среде и техническое решение.

В этом здании можно реализовать один из трех различных вариантов:

- центральное устройство для производства гипоксичного воздуха; распространение гипоксичного воздуха посредством естественной вентиляции
- локальные установки для отдельных участков
- локальные установки гипоксичного воздуха, поддерживаемые центральным компрессором

Если бы естественный воздушный поток обеспечил устойчивое и надежное положение с гипоксичным воздухом в различных участках здания при поддержке центрального устройства гипоксичного воздуха, это было бы наиболее реальным решением. В этом случае установка не причинит зданию необратимых изменений. Однако такое решение необходимо изучить более детально, основываясь на измерениях потока воздуха и анализе.

Другое решение можно использовать для защиты таких участков как архивы. Для этого необходимы локальные установки, показанные на Рисунке 9. Это позволит надежно защитить эти участки, но остальное здание останется под угрозой. При этом придется также учитывать просачивание воздуха из помещений из-за открытых дверей.

Последний вариант заключается в установке локальных устройств, производящих гипоксичный воздух, в нескольких участках при поддержке центрального компрессора. Это обеспечивает безопасную и контролируруемую ситуацию, но требует установить относительно крупное устройство для производства гипоксичного воздуха и систему труб для распространения сжатого воздуха.

По нашим оценкам в этом здании общий объем защищаемых площадей составит примерно 6 000 м³. Воздухообмен один раз в день потребует 25 кВт, а 300 кВт позволят осуществлять воздухообмен 12 раз в день.

Современные новые библиотеки в Омане

Две новые библиотеки – семиэтажное Здание Нового Университета в Омане (64 000 м³) и Публичная Библиотека Низвы – в настоящее время планируют осуществить полную защиту инертным воздухом. Согласно планам, они могут просто оборудовать генераторами гипоксичного воздуха и компрессорами каждую установку отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (в одной библиотеке имеется 14 таких установок). В любой момент одновременно может присутствовать более тысячи посетителей. Стандартные мероприятия по защите от пыли, сложных погодных условий и просачивания обеспечивают создание устойчивой противопожарной атмосферы и минимальное потребление энергии. Даже если во время угрозы пожара аварийная энергетическая установка откажет, все помещения будут в течение продолжительного времени надлежащим образом защищены разреженной атмосферой.

Заключение

Вентиляция инертным (гипоксичным) воздухом представляется в высшей степени многообещающей для применения в библиотечных помещениях всех категорий.

Инертный воздух предотвращает воспламенение, возникновение дыма и распространение огня. Он может защищать хранилища, помещения для персонала и посетителей. Общедоступные помещения следует рассматривать как самолеты, не допуская туда людей с предрасположенностью к заболеваниям в гипоксичном воздухе, так как инертная атмосфера соответствует атмосфере в кабине самолета. В защищаемых помещениях не требуется устанавливать какие-либо трубы, насадки и другое оборудование. Не требуется также устанавливать комнатные вентиляторы, датчики и другие системы обнаружения и активации. Инертный воздух постоянно производится на месте, для чего требуется минимум пространства. Генераторы соединены с системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в здании и с компрессорами. Не нужны резервуары, которые могут опустеть и потребовать перезаправки, подобно традиционным системам тушения на основе углеводородов или инертных газов.

Отсутствует виртуальный риск вторичных повреждений, окружающей средой или агрессивными веществами. Инертный воздух будет влиять положительным образом, замедляя обычное разрушение органических и неорганических объектов, а также декора.

Проблема введения систем инертного воздуха состоит в оптимизации энергетических затрат, которые в большой степени зависят от скорости воздухообмена и утечки воздуха. Компрессоры должны быть расположены (или герметизированы) таким

образом, чтобы снизить уровень шума. Необходимо провести анализ, чтобы гарантировать, что любое специальное вещество, которое может гореть при низкой концентрации кислорода, учтено в каких-либо мероприятиях, как в системе тушения любым инертным газом, или посредством включения такой возможности как режим подавления инертного воздуха.

Некоторые ограничения, введенные государственными законами, относительно уровня кислорода в ограниченных помещениях зданий могут потребовать специального разрешения, или административных мер, таких как контроль участков для персонала или общедоступных участков для предотвращения доступа лиц, склонных к сердечным заболеваниям и т.д.

Выводы относительно гипотез для исследования обобщаются в Таблице 2. Простота вентиляции инертным воздухом обещает непревзойденную надежность по сравнению с наиболее эффективными системами противопожарной защиты.

Среда гипоксичного воздуха в здании или в хранилище будет оказывать положительное влияние, замедляя обычный процесс разрушения органических и неорганических объектов, а также внутреннего декора исторических зданий.

Если о гипоксичном воздухе возникнет какой-либо вопрос, связанный с "пробелом в знаниях о здоровье", то этот вопрос в одинаковой степени касается того, как улучшается здоровье лиц, находящихся в такой среде, и того, какой ему может быть нанесен вред.

Основная проблема связана с эксплуатационными расходами на потребление энергии там, где требуется высокая скорость воздухообмена, или там, где воздух быстро просачивается наружу. Это можно откорректировать с помощью тщательного проектирования установок гипоксичного воздуха и путей их согласования с системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Как генераторы гипоксичного воздуха, так и генераторы азота являются относительно новой технологией для массового производства, и можно предполагать, что вскоре появятся более эффективные установки. Не в самую последнюю очередь, когда будет произведен точный анализ размещения, чтобы проверить скорость воздухообмена, это поможет подтвердить, что ограничения, устанавливаемые общими законами, слишком строги, и позволит осуществить экономию энергии.

В отличие от большинства других сред, используемых для тушения, инертный воздух обещает эффективную защиту при избавлении от нападения террористов, влекущих за собой возникновение пожара или распространение отравляющих веществ в зданиях. Инертный воздух может также защитить библиотеки в случае аналогичных крупномасштабных инцидентов и дать возможность вынести и спасти ценные предметы.

Здание Публичной Библиотеки Ареццо пытается решить свои проблемы, размещая устройства для тушения пожара непосредственно там, где хранятся невосполнимые культурные ценности. Таким образом, библиотека получит большую часть преимуществ, предлагаемых системами инертного воздуха. В результате изучения конкретной ситуации с тремя зданиями, представляющими собой культурное наследие, сделаны выводы, что все три здания можно надежно защитить надлежащим образом спроектированной системой постоянного производства инертного воздуха (гипоксичного воздуха). Осуществить полный охват системой вентиляции инертным воздухом планируется в настоящее время в двух новых публичных библиотеках Среднего Востока.

ИЛЛЮСТРАЦИИ

Рисунок 1: Воздух (слева) и инертный воздух (справа) /Котляр/. Уровень кислорода в инертном воздухе для предупреждения пожара обычно составляет 12-18% /FirePASS/

- 1 – кислород
- 2 – азот
- 3 – прочие

- 4 – нормальная атмосфера (все высоты)
- 5 – среда, предотвращающая возникновение пожара
- 6 – среда, гасящая огонь

Рисунок 2 (1): Красная кривая представляет снижение интенсивности горения. Это соответствует высшей точке стабильного пламени и зависит от содержания кислорода в экспериментальной среде. 100% соответствует максимальной высшей точке пламени при содержании кислорода в окружающей атмосфере 20,9%. Ниже 18% кислорода мы видим продолжающееся линейное снижение высшей точки пламени, которое при 16,2% приводит к полному потуханию пламени.

Синяя кривая показывает зависимость кислородно-гемоглобинового насыщения от парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Так как кривая быстро возрастает при увеличении содержания кислорода, гемоглобин будет насыщен более чем на 90% под воздействием альвеолярного pO_2 выше 60 мм рт. ст. (это соответствует 3300 м и 14% O_2 для нормобарического гипоксичного воздуха). Следует отметить, что только парциальное давление кислорода определяет насыщение гемоглобином в капиллярах альвеол. Все последующие перемещения кислорода и метаболизм зависит исключительно от равновесия между потребностью в кислороде и возможностью его получения через сердечно-сосудистую систему. Парциальное давление нейтральных разбавляющих газов не влияет на эти физиологические процессы в условиях, соответствующих уровню моря. И наоборот, доступность и химическая активность кислорода в процессе горения в значительной степени зависит от молекулярных концентраций других, даже инертных, разбавляющих газов. Сродство O_2 к гемоглобину зависит только от его парциального давления, тогда как кинетика горения зависит от доли кислорода в смеси газов.

- 1 – Процентное содержание кислорода в воздухе
- 2 – Интенсивность пламени (%)
- 3 – Насыщение гемоглобином (%)

Рисунок 3: Простота, обеспечиваемая системами инертного (гипоксичного) воздуха (внизу) иллюстрируется концептуальным сравнением гасящих систем на основе обычного газа или воды (в середине). Архитектурно или эстетически агрессивных установок избегают в концепции инертного воздуха, которая, скорее, предотвращает пожар, чем тушит огонь (1).

- 1 – Противопожарная защита отсутствует
- 2 – Помещение с отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха
- 3 – Защищаемое здание со многими помещениями
- 4 – Традиционная система тушения пожара
- 5 – Датчики
- 6 – Насадки и трубы
- 7 – Привод
- 8 – Панель системы пожарной сигнализации
- 9 – Подача химического реактива
- 10 – Вентиляция гипоксичным воздухом для предотвращения пожара и тушения огня
- 11 – Генератор гипоксичного воздуха; Компрессор

Рисунок 4: Эта инструкция (*Wagner*, упоминается в 1) приближительна, но она довольно точно соответствует материалам из обзора

Концентрация кислорода	Симптомы
21%	Нет (нормальный уровень кислорода)
15%	Непосредственные эффекты отсутствуют
12%	Усталость, замедленная реакция
10%	Головокружение, одышка
7%	Наступает ступор
5%	Минимальное количество, которое поддерживает жизнь
2-3%	Смерть через 1 минуту

Рисунок 5: Эквивалентные концентрации кислорода на уровне моря против высоты (Лундский Университет, упоминается в 1)

- 1 – Эквивалентные концентрации кислорода на уровне моря (объемные %)
- 2 – Парциальное давление кислорода (кПа)
- 3 – Высота над уровнем моря (м)
- 4 – Гора Эверест
- 5 – Гора Монблан
- 6 – Кабина самолета

Таблица 1: Примеры окружающей среды, взятые из повседневной жизни, представляющие угрозу для здоровья (1)

**Угроза для здоровья
– общедоступные участки**

- Воздействие: NO_x, SO₂, CO, CO₂ от:
 - Печей на органическом топливе
 - Транспорта
- Загрязнение пылью центра города (PM₁₀, PM_{2,5}) от транспорта
- Гипоксичный воздух в самолетах
- Жилая площадь на высоте 1500-3000 м над уровнем моря

**Угроза для здоровья – персонал
защищаемых от пожара зданий**

- CO₂
- тушение инертным газом
- пожарная сигнализация без системы тушения

(Риск для персонала вдыхать дым при тушении мелких пожаров, риск обратной тяги от печного пламени и, возможно, ловушка от случайного или реального CO₂ или инертных газов)

Таблица 2: Заключение на основе независимой оценки притязаний изготовителя и исследования гипотез (1)

ФОРМУЛИРОВКА ГИПОТЕЗЫ	ЗАКЛЮЧЕНИЕ
За:	
1. Предотвращает воспламенение (в отличие от газовых систем тушения)	Да Также замедляет тление под пеплом
2. Предотвращает испускание дыма еще до тушения огня (в отличие от газовых систем тушения)	Да
3. Предотвращает обратную тягу (в отличие от газовых систем тушения)	Да Ограниченное время работы систем тушения предусматривает воспламенение или тление: могут вызывать обратную тягу
4. Совершенно безвредно для окружающей среды (в отличие от систем Halon и других газовых систем тушения)	Да
5. Нетоксично, нет осадка, нет дополнительного риска коррозии	Да
6. Допускается значительная утечка воздуха из помещения (в отличие от газовых систем тушения)	Да Энергетические затраты мешают использовать масштабные утечки
7. Допускаются открывать двери для спасения	Да

- памятников культуры, ручное вмешательство, эвакуация
(в отличие от газовых систем тушения)
8. Не включать пустые системы **Да**
(в отличие от газовых систем тушения)
9. Действия, связанные с перезаправкой, транспортировкой или повторным запуском не влекут происшествий **Да**
10. Применимо в небольших жилых помещениях и хранилищах **Да**
11. Применимо в очень больших помещениях (галереи или многоэтажные исторические здания со многими помещениями) **Да**
12. Применимо в умеренно негерметичных исторических помещениях без использования постоянного фиксированного уплотнения. **Да**
Потребление энергии мешает экономически эффективным применениям в очень негерметичных помещениях. Предполагается, что грядущее следующее поколение мембранных сепараторов будет энергетически эффективным.
13. Применимо для защиты памятников культуры, чрезвычайно чувствительных к дыму, частицам, воде, агрессивному газу или механическим воздействиям. **Да**
14. Простота обещает высокую надежность. **Да**
15. Не требует установки насадок, труб и т.д. в защищаемом помещении (когда генераторы инертного воздуха встроены в планируемые или имеющиеся системы кондиционирования воздуха). **Да**
-

ДОВОДЫ ПРОТИВ И ПРОБЛЕМЫ:

- A Угроза для здоровья для предрасположенных лиц в общественных помещениях **Да**
Тем не менее, общественные помещения с инертным воздухом считаются приемлемыми, если посетители проинформированы.
- B Некоторые виды топлива в специальных помещениях типа лабораторий могут требовать режима подавления и эвакуации **Да**
- C Вторичное воздействие постоянно высокой концентрации азота на плесень или другие биологические процессы, бурно развивающиеся под действием азота. **Нет**
- D Системы подачи азота могут привести к неравномерным уровням кислорода и сложности в обеспечении инертным воздухом зданий со многими помещениями. **Да**
- E Потребление энергии может привести к высокой стоимости энергии. **Да**
Если помещение очень негерметично в обычном состоянии. Предполагается, что грядущее следующее поколение мембранных сепараторов будет энергетически эффективным.

Рисунок 6: Количественное сравнение двух жизненно важных свойств противопожарных систем для защиты наследия. Предупреждение: Иллюстрация не применима к какому-либо одиночному объекту, и относится только к двум свойствам:

риск вторичных повреждений и прочность/надежность. Таким образом, эстетика, стоимость, техническое обслуживание, пространственные требования и т.д. НЕ рассматриваются в этой оценке (эти последние свойства см. в другом месте данного обзора) (1).

- 1 – вторичные повреждения
- 2 – прочность и надежность
- 3 – инертность 24 часа
- 4 – искровое перекрытие подавления водяного тумана
- 5 – система пожаротушения с применением жидкости
- 6 – мокрая очистка и тушение дыма водяным туманом
- 7 – жидкий водяной туман
- 8 – лучше
- 9 – хуже
- 10 – тушение газом
- 11 – аэрозоль
- 12 – сухой или упреждающий разбрызгиватель

Рисунок 6: Публичная Библиотека Ареццо

Таблица 3: Участки здания

Участок	Тип пользования	Время пользования (часов в день)
Общедоступные помещения, например, конференц-залы, выставочные помещения и помещения для публики	Общедоступные	8
Кабинеты	Общедоступные	8
Офисы	Не общедоступные	8
Технические помещения (например, туалеты)	Не общедоступные	0,5
Хранилища	Не общедоступные	0,5
Архивы	Не общедоступные	1

Рисунок 8: Отопительная установка и часть обстановки

Таблица 4: Рекомендуемые значения проекта инертного (гипоксичного) воздуха для Публичной Библиотеки Ареццо (1)

Участок	Допустимый уровень гипоксичного воздуха (для здоровья)	Рекомендуемая гипоксическая среда	Техническое решение
Общедоступные помещения, например, конференц-залы, выставочные помещения и помещения для публики	15,5-17,4%	16%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока
Кабинеты	15,5-17,4%	16%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока
Офисы	15,5-17,4%	16%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока

Технические помещения (например, туалеты)	13-15%	15%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока
Хранилища	13-15%	15%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока
Архивы	15,5-17,4%	16%*	Связь с системой компрессора / Одиночная отдельная система гипоксичного воздуха / поддержка естественного воздушного потока

* Требуется более подробной проверки

Рисунок 9: Установка на ограниченном участке

- 1 – архивы
- 2 – участок, который должен быть защищен
- 3 – устройство производящее гипоксичный воздух
- 4 – компрессор

Литература

1. Jensen, Gussiås; Melgård, Fjerdings (COWI AS), Holmberg (Haftcourt Ltd): *Вентиляция гипоксичным воздухом для защиты наследия*. Предоставлено для COST (Европейское сотрудничество в области научно-технических исследований). Июнь 2005

По источникам, приведенным в вышеупомянутом отчете, в этой статье приводятся ссылки на автора или источник.