

ru.depositphotos.com

Инженерное оборудование в системе комплексной безопасности здания

Ключевые слова: система климатизации, система безопасности здания, загрязняющий агент, воздушный фильтр, фильтрация, воздухозабор

Инженерное оборудование здания может являться фактором риска в случае экологической катастрофы, к наиболее экстремальной форме которой можно отнести террористическое нападение с применением биологических материалов. С другой стороны, при проектировании инженерных систем с учетом данных рисков такие системы могут защитить людей, находящихся в здании. Это особенно важно для обеспечения безопасности общественных зданий с возможностью большого скопления людей, таких как многофункциональные комплексы, крупные зрелищные центры, высотные здания, стадионы, школы, больницы, представительства иностранных государств и т. п. Риск проведения террористических актов тем выше, чем больше людей могут стать их жертвами либо чем большее символическое значение имеет потенциальный объект нападения.

Задачей системы климатизации является предоставление людям безопасных и комфортных условий для жизни и работы или для обеспечения требуемого технологического

процесса в здании. Плохое качество внутреннего воздуха в помещениях здания может возникнуть вследствие объективных и субъективных причин. Наряду с проблемами, возникающими

в результате просчетов при проектировании, строительстве и монтаже систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, существуют некоторые виды воздействий (назовем



■ Рис. 1. Элементы инженерного оборудования здания, входящие в систему комплексной безопасности здания

их экстраординарными) на само здание или его систему климатизации, в результате которых происходит нарушение комфортного или технологического режима в помещениях здания, причиняется вред здоровью людей или возникает опасность для их жизни, либо происходит остановка технологического процесса. Дабы свести к минимуму возможность возникновения экстраординарных воздействий или уменьшить их отрицательное влияние на здание, применяют ряд организационных и технологических мероприятий, составляющих комплексную систему безопасности здания, при этом в определенных случаях системам климатизации отводится ключевая роль.

Экстраординарные воздействия:

- загрязнения смогом, дымом, частицами копоти и т.п. приточного воздуха, подаваемого в здание посредством системы вентиляции или кондиционирования;
- загрязнение наружного воздуха, используемого затем в качестве приточного, в результате выброса ядовитого газа из-за аварии на близлежащем промышленном предприятии или подобного инцидента, повлекшего ухудшение экологической обстановки;
- значительное количество внутренних вредных выделений (газообразных и биологических);

- загрязнение вентиляционного воздуха химическими, биологическими и радиологическими агентами в результате преднамеренных (террористических) актов.

Комплексная система безопасности здания

Комплексную систему безопасности здания можно подразделить на четыре подсистемы:

- систему видеонаблюдения;
- систему контроля и управления доступом;
- систему оповещения;
- инженерные системы здания (вентиляция, в т.ч. противодымная, кондиционирование, водоснабжение, вертикальный транспорт и пр.) в совокупности

с системами автоматизации и управления.

Первые две системы направлены на предотвращение возможности осуществления экстраординарного воздействия (теракта); система оповещения информирует о случившейся опасности. Инженерные системы здания (в случае учета возможных рисков при проектировании данных систем) позволяют обеспечить безопасность находящихся в здании людей или свести к минимуму последствия экстраординарного воздействия в результате техногенных факторов либо террористического акта.

Эти системы могут быть как интегрированными (то есть реализуется единая интегрированная система автоматического управления всем инженерным оборудованием здания), так и обособленными. В случае совместного использования оборудования различными подсистемами все возможности интегрированных систем управления проявляются наиболее полно. Так, в числе прочего, такая интеграция различных подсистем позволяет в конечном итоге снизить общую стоимость системы автоматизации и диспетчеризации. Интегрированные системы позволяют реализовать различные функции на программном уровне, то есть имеется единая база данных, а необходимые функции реализуются путем добавления соответствующих подпрограмм в единый программный пакет.

Уязвимые элементы системы климатизации:

- приемные устройства наружного воздуха систем вентиляции или кондиционирования воздуха;

- рециркуляция – загрязняющие агенты могут быть внесены в систему вентиляции или кондиционирования и затем распространиться по всем помещениям здания через устройства забора рециркуляционного воздуха в одном из помещений;
- воздушные фильтры – эти устройства доступны для периодического обслуживания, поэтому в данной уязвимой точке также могут быть внесены загрязняющие агенты;
- вентиляционные агрегаты – как и в случае с фильтрами, в месте расположения вентиляционных агрегатов загрязняющие агенты относительно легко могут быть внесены в систему вентиляции;
- кабельные слаботочные линии системы автоматизации и управления инженерным оборудованием системы климатизации – повреждение этих линий может вызвать остановку всей вентиляции здания, в том числе аварийной;
- подвод хозяйственно-питьевой воды и электрической энергии – в хозяйственно-питьевой водопровод могут быть внесены загрязняющие агенты; нарушение водоснабжения и электроснабжения может привести к перебоям в работе системы климатизации;
- емкости с запасами жидкого топлива или опасных веществ, например аммиака (может использоваться в системах холодоснабжения крупных торговых центров, ледовых дворцов и т.п.);
- крышные установки кондиционирования – вывод их

из строя может, например, привести к нарушению технологического процесса, в результате чего возникает потенциальная возможность техногенной экологической катастрофы.

Загрязняющие агенты

В качестве наиболее вероятных агентов, используемых как биологическое загрязнение, могут быть возбудители сибирской язвы, ботулизма, чумы, оспы, туляремии и разнообразных видов вирусной геморрагической лихорадки. Бактериальные и вирусные агенты могут разбрызгиваться в воздухе в виде аэрозоля.

Еще одной формой биологического загрязнения являются токсины, представляющие собой любые токсичные вещества, вырабатываемые животными, растениями или микробами. Токсины, в отличие от бактериальных и вирусных агентов, не репродуцируются. С наибольшей вероятностью токсины попадают в организм человека в виде вдыхаемого аэрозоля с зараженной пищей или водой.

Боевые отравляющие вещества – токсичные химические соединения, они могут воздействовать на организм через органы дыхания, кожные покровы и пищеварительный тракт. Боевые свойства определяются их токсичностью, физико-химическими свойствами (летучесть, растворимость), проникающей способностью. По характеру воздействия подразделяются на смертельные (зарин, иприт), временного действия (хлорацетофенон), раздражающие. Боевые отравляющие вещества являются основным поражающим элементом химического оружия.

Химические агенты могут доставляться с помощью таких средств, как баллоны с газом, контейнеры с жидкими агентами, оставленные для испарения, генераторы аэрозолей, разбрызгивающие емкости, а также с помощью небольших зарядов взрывчатого вещества.

Подходы к обеспечению безопасности в случае внешних и внутренних угроз

Безопасность помещений здания при экстраординарных воздействиях на системы климатизации может обеспечиваться рядом мероприятий, которые можно разделить на две основные группы. Это активная защита путем фильтрации наружного и (или) внутреннего воздуха и пассивная защита, состоящая из ряда мероприятий, таких как организация безопасного воздухозабора, создание избыточного давления внутри здания, повышение герметичности здания, возможность работы системы вентиляции в режиме полной рециркуляции и т. д.

В случае загрязнения смогом, дымом, частицами копоти и т. п. приточного воздуха, подаваемого в здание посредством системы вентиляции или кондиционирования, или загрязнения наружного воздуха, используемого затем в качестве приточного, в результате инцидента, повлекшего ухудшение экологической обстановки, первоочередным мероприятием по защите является установка воздушных фильтров и датчиков обнаружения загрязнений.

Один из важных факторов – время отклика инженерных систем здания на изменение параметров исследуемой

среды. Использование датчиков для активации защитных механизмов (увеличение скорости вращения вентиляторов, введение дополнительных вентиляторов и фильтров в контуре вентиляции и т. д.) требует способности реагировать в режиме реального времени в широком диапазоне загрязняющих веществ. Датчики, представленные в настоящее время на рынке, имеют высокую скорость отклика только в очень ограниченном диапазоне химических и биологических агентов.

Время реакции системы складывается из времени диффузии загрязняющего агента к датчику, времени отклика механизмов датчика и времени, необходимого для активации изменений в определенной инженерной системе здания.

Для очистки приточного воздуха от химических или биологических загрязняющих агентов используются воздушные фильтры специальной конструкции, рассчитанные на определенные виды загрязнений, воздухоочистители на основе адсорбции, каталитического окисления и т. д. Фильтры могут быть установлены последовательно с основным агрегатом обработки воздуха или в байпасной конфигурации для специального подключения системы очистки от химических или биологических веществ. Инактивация микроорганизмов может быть достигнута за счет дополнительного использования ультрафиолетовых ламп-стерилизаторов достаточной мощности.

Поскольку не существует некоторого универсального фильтра, рассчитанного на все возможные виды загрязнений, забор и обработка наружного

ZOTA[®]

ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ КОТЛЫ



Реклама

*Короли
бюджетта*

«ЗАВОД ОТОПИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИКИ»
Красноярск, ул. Калинина, 53А
(391) 247-77-77, 247-78-88, 247-79-99

www.zota.ru



воздуха предусматриваются несколькими различными способами, то есть в зависимости от того, какая угроза исходит извне, система вентиляции и кондиционирования воздуха функционирует в одном из предусмотренных специальных режимов. Например, в режиме нормального функционирования, когда нет загрязнения наружного воздуха, воздух для притока подается через штатный воздуховод; при угрозе химической атаки наружный воздух подается в помещения через воздуховод, оборудованный специальными средствами химической очистки. При высокой концентрации загрязнений в наружном воздухе или при наличии вредностей, для которых не предусмотрены фильтры, система может работать в режиме полной изоляции. В этом режиме могут использоваться специальные регенерирующие устройства для снижения концентрации диоксида углерода (углекислого газа, CO_2) при полной рециркуляции.

В штатном режиме объем притока в помещения обслуживаемого объекта равен объему вытяжки. В нештатных режимах объем подаваемого в помещения обработанного (очищенного) воздуха превышает объем вытяжного воздуха, в результате чего в обслуживаемом помещении создается избыточное давление, чтобы исключить попадание вредностей из внешней среды за счет инфильтрации. Подобный подход используется в медицинских учреждениях, в частности в операционных. В режиме рециркуляции в обслуживаемых помещениях объекта также должно поддерживаться избыточное давление.

Молекулярная фильтрация

Молекулярная фильтрация – это стандартный метод фильтрации газообразных химических веществ. Чаще всего фильтр состоит из блока гранул активированного угля с пропиткой. Угольный фильтр использует два различных процесса для удаления молекул загрязняющих веществ из потока воздуха. Это адсорбция (физический процесс) и абсорбция (химический процесс).

Метод адсорбции основан на улавливании вредных газовых примесей поверхностью твердых тел, высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью. Адсорбенты, чаще всего применяемые в газоочистке, – это активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты (молекулярные сита). Основные требования к промышленным сорбентам: высокая поглотительная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. После очистки адсорбер переключается на регенерацию. Адсорбционная установка, состоящая из нескольких реакторов, работает в целом непрерывно, так как одновременно одни реакторы находятся на стадии очистки, а другие на стадиях регенерации.

К достоинствам адсорбционных методов очистки газов можно отнести глубокую очистку газов от токсичных примесей; сравнительную легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт. Адсорбционный метод особенно рационален для удаления

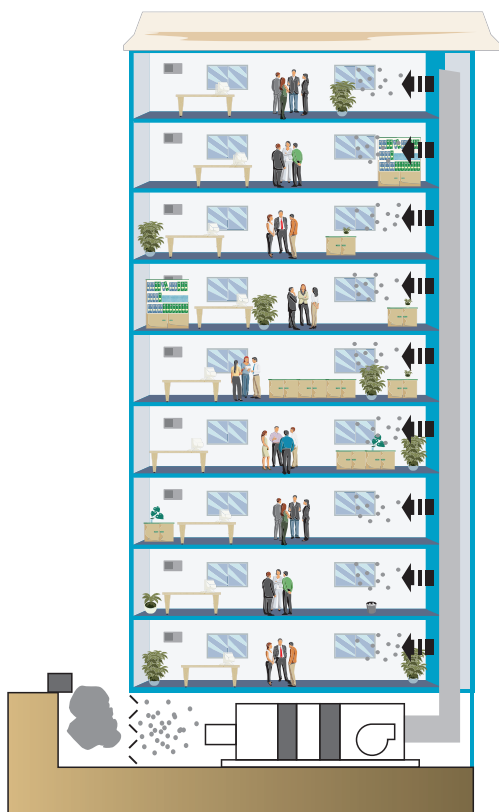
токсических примесей (органических соединений, паров ртути и др.), содержащихся в малых концентрациях, то есть как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов. Недостатки большинства адсорбционных установок: периодичность их работы из-за необходимости регенерации.

Активированный уголь, содержащийся в одном блоке фильтрации пропускной способностью $360 \text{ м}^3/\text{ч}$ [1], обладает эквивалентной площадью, равной примерно 8 км^2 . Принцип поглощения, однако, эффективно работает с молекулами определенного размера, имеющими низкое парциальное давление. Чтобы эффективно улавливать более летучие вещества, активированный уголь дополнительно пропитывают специальными реагентами, такими как соли меди, цинка, серебра, молибдена, которые, вступая в реакцию с молекулами загрязнителя, превращают их в безвредные вещества.

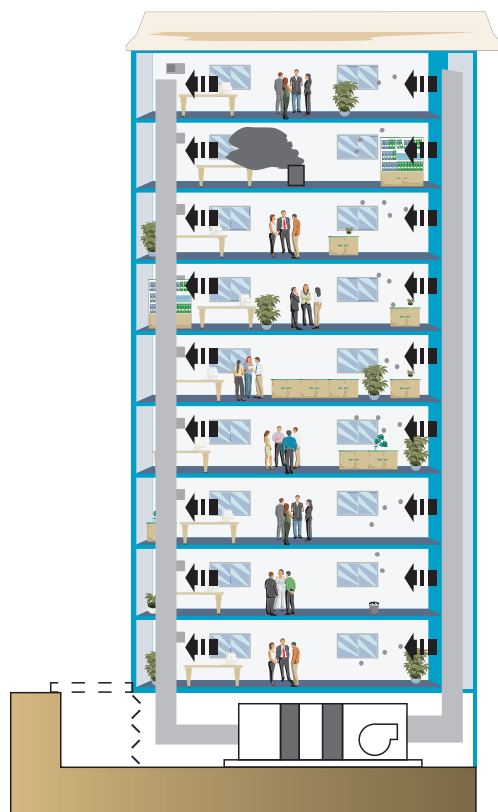
Срок службы угольного фильтра определяется комбинацией его работы и регенерации и зависит от конкретных условий, в частности количества загрязняющих веществ в атмосфере, температуры окружающей среды, ее относительной влажности и интенсивности его использования. Как правило, высокая влажность и пониженная температура отрицательно влияют на эффективность и на срок эксплуатации фильтра.

Фильтрация аэрозолей

Для удаления ультратонких частиц из потока воздуха в настоящее время в основном используют HEPA-фильтры (англ. High Efficiency Particulate



■ Рис. 2. Источник загрязнения снаружи здания



■ Рис. 3. Источник загрязнения внутри здания

Air – высокоэффективный аэрозольный фильтр). Такие фильтры являются разновидностью высокоэффективных воздушных фильтров. Они используются непосредственно в установках обработки воздуха, а также в конечных точках подачи воздуха в помещение в качестве конечной ступени очистки. Если используется комбинация фильтров, то HEPA-фильтр, как правило, устанавливается до угольного фильтра, чтобы защитить последний от пыли и аэрозолей.

HEPA-фильтры образованы системой волокон сложной формы. Обычно используются стеклопластиковые волокна с диаметром от 0,5 до 2,0 мкм. Основные факторы, влияющие на работу, – диаметр волокна и толщина фильтра. Эффективность этих фильтров для частиц

размером 0,3 мкм варьируется от 97,800 до 99,995%.

Характерной особенностью HEPA-фильтров является значительное начальное сопротивление (сопротивление чистого фильтра) и, что особенно важно, значительный диапазон изменения сопротивления фильтра. Например, сопротивление чистого фильтра класса H14 достигает 350 Па, а конечное (при достижении этого перепада давления фильтр заменяется) – 650 Па. Если не применять специальных способов, то из-за значительного изменения гидравлического сопротивления HEPA-фильтров в процессе эксплуатации сопротивление всей вентиляционной сети также изменяется. А это значит, что изменяются расходы воздуха, поступающие в помещения, то есть без принятия специальных

мер для компенсации сопротивления фильтров системы вентиляции будут относиться к системам с переменным расходом воздуха – VAV-системам (variable air volume).

Пассивная защита

Также для защиты от загрязнения приточного воздуха в результате экстраординарного воздействия могут выполняться следующие перечисленные ниже рекомендации.

Отключение вентиляции. Насколько долго в здании будет сохраняться приемлемое качество воздуха, отделенного от наружного воздуха, в большой степени будет зависеть от плотности заполнения здания людьми, герметичности наружных стен и возможности установки работы системы кондиционирования в режиме рециркуляции воздуха.

Принимая инфильтрацию эквивалентной $0,3 \text{ ч}^{-1}$, но не учитывая адсорбцию и десорбцию во внутреннее пространство, можно рассчитать, что для того чтобы уровень загрязнения достиг уровня загрязнения наружного воздуха, понадобится 13 ч, а при инфильтрации $0,1 \text{ ч}^{-1}$ для этого понадобится не менее 39 ч.

Создание внутри здания повышенного давления для предотвращения инфильтрации наружного воздуха. Снижение инфильтрации наружного воздуха является хорошим средством удержания химических, биологических и радиологических агентов вне здания, но эффективность этой меры в значительной степени зависит от герметичности наружных стен, а также от разности давления воздуха снаружи и внутри здания.

Задание расписания работы системы вентиляции в соответствии с периодами максимального и минимального загрязнения воздуха, например посредством ограничения времени включения, чередующегося режима работы и т. д.

Эти рекомендации следует включить в техническое задание на проектирование и эксплуатацию.

В случае экстраординарного воздействия (в частности, химико-биологического загрязнения) снаружи здания худший вариант развития событий представляет собой распространение загрязняющих агентов в непосредственной близости от приемного устройства наружного воздуха. В данном случае все помещения здания, обслуживаемые данной вентиляционной системой, подвергаются одинаковому отрицательному воздействию.

Утечка загрязняющих веществ внутри здания может представлять большую опасность для помещения, где находится источник загрязнений, вследствие высокой концентрации загрязняющих агентов, но для здания в целом это представляет меньшую угрозу в сравнении с ситуацией на рис. 2. В случае частичной рециркуляции загрязнения могут попасть в другие помещения здания, но в меньших концентрациях.

Конструктивные решения систем вентиляции и кондиционирования воздуха могут выполнять определенные функции защиты от поступления или циркуляции химических и биологических веществ в системах обработки воздуха. Можно рекомендовать следующий перечень таких средств и мер защиты:

- Приемные устройства наружного воздуха должны располагаться в недоступной части здания, а если это невозможно, то необходимо их оснащение охранными устройствами и сооружениями по периметру здания.
- Приточные и вытяжные устройства в каждом помещении, в котором находятся люди, должны оборудоваться быстро закрывающимися изолирующими заслонками.
- Системы вентиляции лестниц аварийного выхода могут оборудоваться НЕРА-фильтрами.

Также могут возникать ситуации, когда приточный воздух загрязняется воздухом из вытяжной вентиляции в случае, если приточные и вытяжные устройства расположены в непосредственной близости друг от друга, либо при рециркуляции; возникает так называемое короткое

замыкание. Устройства для забора и выброса воздуха должны быть всегда оснащены воздушными заслонками с электроприводом. Эти заслонки должны иметь эффективные уплотнения, чтобы они были действительно воздухонепроницаемыми в закрытом положении; при угрозе надвигающейся экологической катастрофы, а также террористической атаки с применением биологических или химических агентов они должны быть закрыты.

Стоимость инженерных систем здания с учетом дополнительных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, и их эксплуатация выше по сравнению с обычными системами климатизации. Однако это является и дополнительной преференцией здания, неважно, будь то торговый центр, концертный зал или жилой дом. Наличие комплексной системы безопасности добавляет объекту инвестиционную привлекательность и конкурентные преимущества.

Литература

1. Cristiano Vergani. Impianti a prova di attacco // RCI. 2015. № 3.
2. Табунщиков Ю. А. Безопасность здания при экстраординарных воздействиях на системы климатизации и теплоэнергоснабжения зданий // АВОК. 2008. № 3.
3. Бронсема Б. Экологические катастрофы и биологическое оружие // АВОК. 2005. № 4.
4. Системы автоматизации и безопасности здания // АВОК. 2007. № 1. ■

*Статью подготовил
М. Н. Ефремов, инженер,
НП «АВОК»*