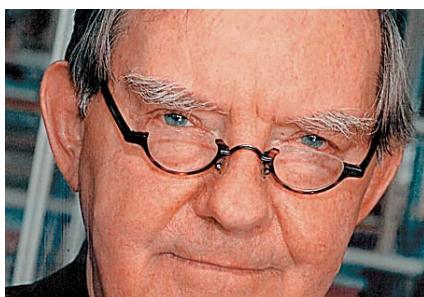


Экологические катастрофы и биологическое оружие –

могут ли здания защитить нас от загрязнений, переносимых по воздуху?



Специально для журнала «АВОК»

Б. Бронсема, инженер-консультант, Дельфтский технологический университет, председатель Федерации европейских ассоциаций по отоплению и кондиционированию (REHVA) по региону I

Введение

Задачей систем ОВК является предоставление людям безопасных, здоровых, и комфортных условий для жизни и работы. В действительности данные системы не всегда успешно справляются с указанными задачами, а иногда вообще не могут обеспечить все эти условия. Печально известный синдром «больного» здания наиболее часто встречается в зданиях с крупными системами ОВК. Наиболее значительными проявлениями неэффективной работы таких систем являются недостаточ-

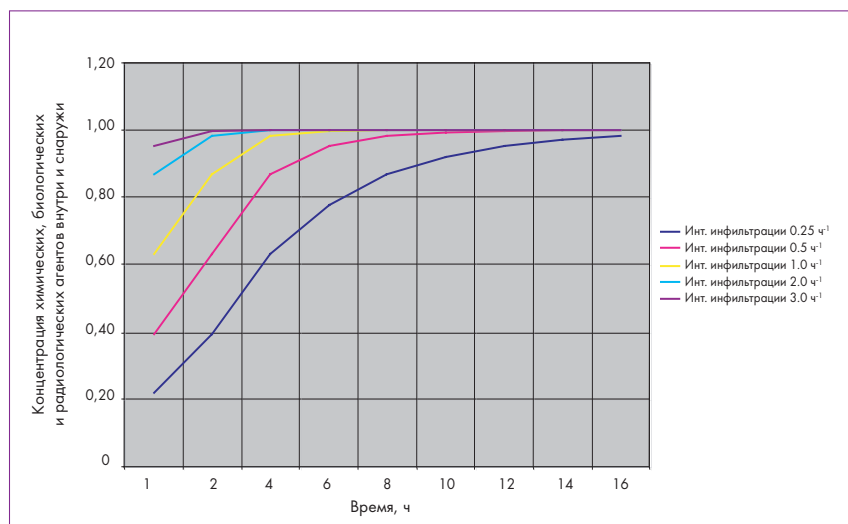
ная вентиляция, плохое техническое обслуживание и их сложная конструкция. Мы можем еще добавить к этому перечню «короткое замыкание», которое происходит, если воздухозаборное отверстие приточного воздуха расположено неверно относительно выпускного отверстия для вытяжного воздуха.

Наряду с этими просчетами, внутренне связанными с системами ОВК, имеются некоторые виды внешней опасности. Закономерен вопрос: что необходимо предпринять, если качество наружного воздуха падает

ниже показателей, задаваемых стандартами общественного здоровья. Что делать, если загрязненный воздух, смог, дым, частицы копоти делают воздух непригодным для дыхания? Что, если наружный воздух загрязнен в результате инцидента, повлекшего ухудшение экологической обстановки? Или если вандалы или террористы намеренно загрязнили окружающий или вентиляционный воздух химическими, биологическими и радиологическими агентами?

Воздух – жизненно важный предмет потребления

Воздух является жизненно важным предметом потребления, который должен удовлетворять высочайшим стандартам качества. Поэтому вентиляция помещений, в которых находятся люди, очень важна для обеспечения внутренней среды с оптимальными гигиеническими параметрами и условиями сохранения здоровья людей. С учетом упомянутых выше видов опасности подача приточного воздуха представляет собой основную, но не единственную проблему. Система вентиляции может распространять по всему зданию взвешенные в воздухе загрязняющие вещества, от вполне безопасных до смертельно опасных. Можно ли контролировать качество



■ Рис. 1. Кривая концентрации химических, биологических и радиологических агентов внутри и снаружи здания как функция времени и интенсивности инфильтрации

воздуха? Может ли система ОВК очищать вентиляционный воздух? Может ли система быть отключена в любой момент? Каким образом это может сказаться на качестве внутреннего воздуха и на работе людей, находящихся в здании? Могут ли системы ОВК обеспечивать защиту, или они фактически увеличивают степень опасности? Имеются ли между системами ОВК различия, касающиеся указанных факторов?

Предписания Союза немецких инженеров (VDI)

Союз немецких инженеров (Verein Deutscher Ingenieure, VDI) опубликовал предписания по работе систем обработки воздуха в периоды его загрязнения (1993). В предписаниях даются основные принципы, определяют ситуации, связанные с наличием смога, радиоактивного излучения и других загрязнений. Общие принципы включают в себя:

- Отключение вентиляции. Принимая интенсивность инфильтрации эквивалентной 0,3 ч⁻¹, но не учитывая адсорбцию и десорбцию¹ во внутреннее пространство, получим, что для того, чтобы уровень загрязнения достиг уровня загрязнения наружного воздуха, понадобится 13 часов. При интенсивности инфильтрации 0,1 ч⁻¹ для этого понадобится не менее 39 часов (рис. 1).
- Очистку вентиляционного воздуха при помощи фильтров, воздухоочистителей, абсорбции, каталитического окисления и т. д.
- Задание расписания вентиляции в соответствии с периодами максимального и минимального загрязнения воздуха, например, при помощи ограничения времени включения, чередующегося режима работы и т. д.

Инфильтрация

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.

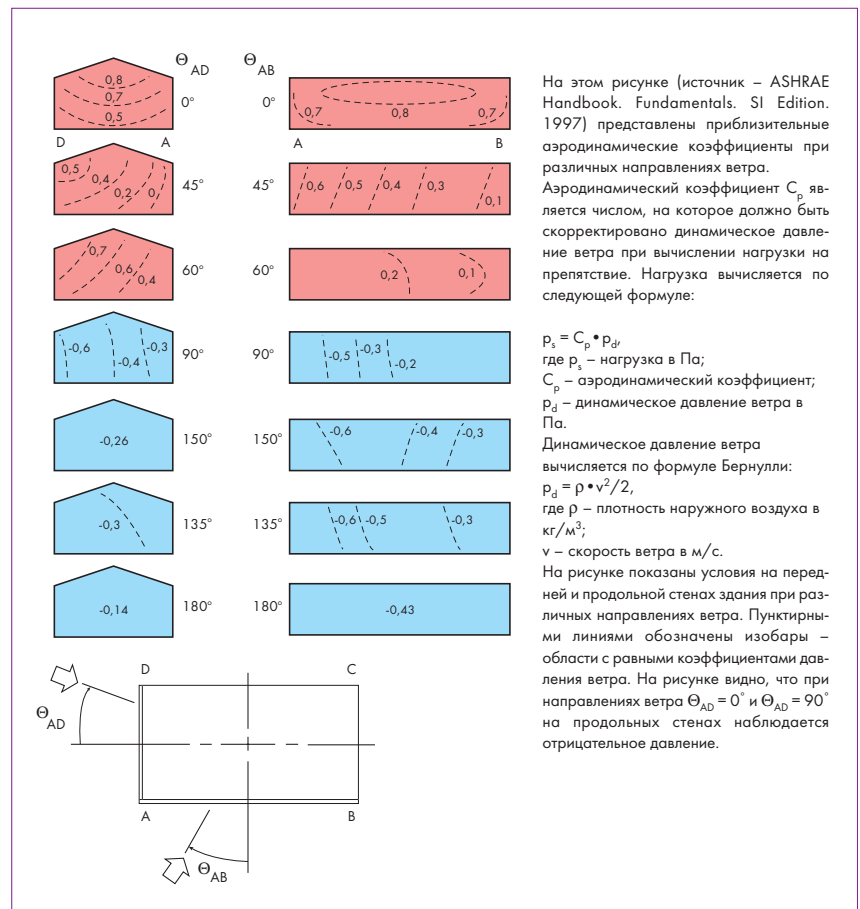
При силе ветра, большей шести баллов шкалы Бофорта, и при направлении ветра, перпендикулярном стене здания, интенсивность инфильтрации можно приблизительно оценить как 0,5 ч⁻¹ для очень герметичных зданий и гораздо большей величиной для обычных зданий. На рис. 1 показан ход кривой концентрации химических, биологических и радиологических агентов внутри и снаружи здания при различной интенсивности инфильтрации и при указанных условиях, причем адсорбция и десорбция не учитываются.

Создание в здании повышенного давления

В принципе, в здании в качестве средства защиты можно было бы создать повышенное давление, но на практике это реально только при небольшой скорости ветра и очень хорошей воздухопроницаемости корпуса здания или в том

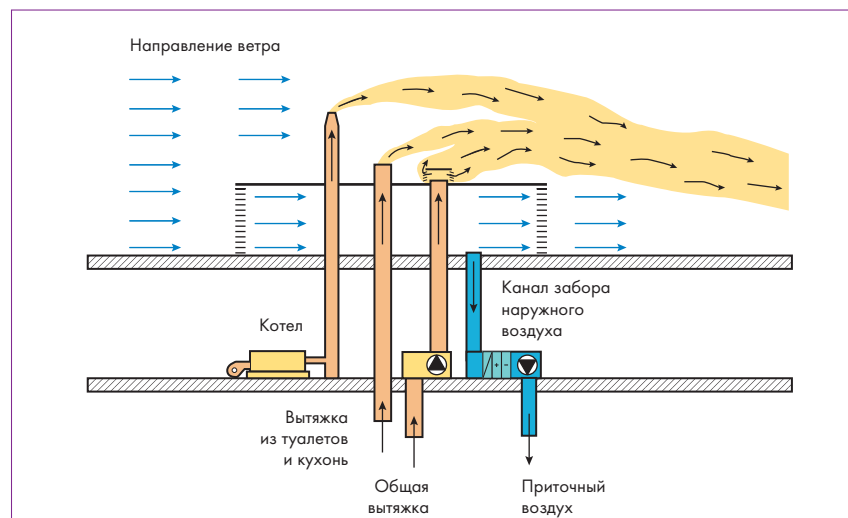
случае, если ветер дует вдоль фасада, когда создается отрицательное давление снаружи. Это поясняется на рис. 2 и в приводимом ниже тексте.

При силе ветра 5–6 баллов по шкале Бофорта и при направлении ветра, перпендикулярном фасаду, разность давления воздуха снаружи и внутри здания может варьироваться от 50 до 100 Па для зданий, расположенных, соответственно, в пригородах и на плоской, открытой для ветра местности. Вероятно, нет нужды говорить, что в таких условиях создание в здании повышенного давления невозможно. Здания, которые могут быть потенциальными целями биологических террористов или которые уязвимы в случае экологической катастрофы, должны, по возможности, располагаться плоскостью фасада по доминирующему направлению ветра.



■ Рис. 2. Аэродинамические коэффициенты. (Подробнее об этом читайте в статье Ю. А. Табунщикова и Н. В. Шилкина «Аэродинамика высотных зданий» в журнале «АВОК», 2004, № 8, с. 14–22.)

¹ При абсорбции вещество впитывается в массу материала, при адсорбции оно только пристает к поверхности. Десорбция представляет собой процесс, обратный только что указанным. Адсорбция и десорбция во внутреннее пространство являются непростыми факторами, приводящими к большим фактическим временным показателям, чем заявленные изначально.



■ Рис. 3. Забор воздуха с гарантией отсутствия короткого замыкания

Адсорбция и десорбция внутри здания

Если даже в качестве реакции на чрезвычайную ситуацию вентиляция в здании отключается, загрязняющие вещества все-таки могут проникнуть внутрь благодаря инфильтрации. Внутри здания могут абсорбироваться газообразные субстанции и адсорбироваться твердые частицы, благодаря чему концентрация загрязняющих веществ во внутренней среде в общем ниже, чем в наружном воздухе. Обратное справедливо, когда уровень загрязнения наружного воздуха уменьшается, например ночью, и внутренние помещения выделяют субстанции благодаря десорбции.

Это аналогично известному явлению, при котором дым, запахи кухни или туалета могут впитываться в одежду и вновь выделяться из нее, когда человек попадает в чистое пространство. В литературе это явление обычно называется «эффект поглощения и выделения». Этот эффект усиливается в зависимости от «коэффициента ворсистости» ткани, равного общей площади тканых материалов в помещении, например, ковров, штор и обивки мебели, деленной на объем помещения (единицей измерения этого коэффициента является m^1). В настоящее время проводятся интенсивные исследования этого явления как в реальных условиях, так и с применением моделей вычислительной гидродинамики.

«Короткое замыкание»

«Короткое замыкание» возникает, если приточный воздух загрязняется газами и отработанным воздухом из вытяжки здания. Теоретически, находящиеся в воздухе загрязняющие вещества таким образом могут распространяться по всему зданию. Это явление известно работникам, которые ощущают запах жареного лука или тех продуктов, которые готовятся на кухне, когда дует ветер определенного направления. Эффект возникает из-за того, что ветер направляет воздух, выводимый из кухни, к воздухозаборному отверстию, распространяя запахи (обычно в очень разбавленном виде) по всему зданию.

Более серьезна ситуация, когда воздух, загрязненный бактериями болезни легионеров, например из градирни, попадает в здание. Аналогично, общеизвестной опасностью для больниц является распространение находящихся в воздухе патогенных микроорганизмов из-за короткого замыкания между вытяжным воздухом и воздухозаборными отверстиями. Известно несколько таких случаев в Голландии.

Исключение любой возможности короткого замыкания является важной задачей инженеров ОВК, хотя иногда это может быть совсем не просто. На рис. 3 дан пример конструкции приточных и вытяжных путей, гарантирующей отсутствие короткого замыкания. Независимо от направления ветра, чистый наружный воздух всегда забирается с наветренной стороны здания, а за-

грязненный воздух уносится ветром с подветренной стороны.

Решение подобного рода должно быть введено в конструкцию здания на ранней стадии проектирования. Поэтому разработчик систем ОВК должен привлекаться уже на этапе определения общих контуров процесса разработки, и для этого он должен уже иметь определенное представление о подходящей системе ОВК, включая размер и расположение соответствующих помещений для оборудования. Нет нужды говорить, что архитектор также имеет право решающего голоса в этих основополагающих решениях процесса проектирования.

Безопасный забор воздуха

В этой статье мы не ставили перед собой цель рассмотреть все вопросы забора воздуха, с которыми можно познакомиться в многочисленных публикациях. Например, обширный обзор по этой теме представлен Центром воздушной инфильтрации и вентиляции (AIVC)².

При заборе воздуха должна быть исключена возможность преднамеренного загрязнения в результате актов вандализма, терроризма или действий, производимых по каким-либо иным мотивам. Подброшенную во впускное отверстие для воздуха кустарную дымовую шашку можно рассматривать как своеобразную шутку, распыление слезоточивого газа из баллончика – как хулиганство, если же кто-то попытается занести в устройство забора воздуха патогенные организмы, таящие в себе смертельную опасность, речь уже может идти об акте терроризма, угрожающем жизни людей. После 11 сентября 2001 года в Соединенных Штатах сообщалось об имевшемся террористическом плане по загрязнению системы кондиционирования воздуха в здании конгресса.

Поэтому рекомендуется устанавливать вентиляционную решетку для забора воздуха таким образом, чтобы она была незаметна и/или недоступна с внешней стороны здания. Установка решеток вблизи уровня земли крайне нежелательна не только из-за опасности злонамеренных действий, но и из-за того, что на этом уровне воздух более на-

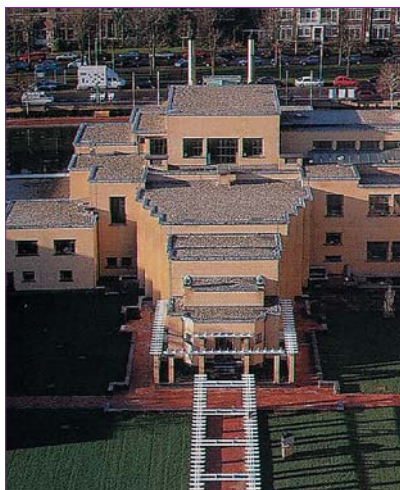
² Air Infiltration and Ventilation Centre – Центр воздушной инфильтрации и вентиляции, www.AIVC.org

сыщен выхлопными газами, пылью растений и другими загрязняющими веществами. Забор воздуха ниже уровня земли, например из подвала, что иногда применяется в расположенных в подвале установках кондиционирования, абсолютно непригоден, т. к. в этом случае накапливается влага и грязь, служащие питательной средой для грибов и бактерий.

На фотографии задней части Городского музея Гааги показан пример разумного и привлекательного расположения недоступных устройств забора воздуха. Несколько лет назад в рамках проекта капитальной реконструкции в музее была установлена система ОВК с основной установкой обработки воздуха, расположенной в подвале. На фотографии видно размещение вентиляционной решетки, но можно ли ее распознать?³

Воздушные заслонки

Подключения к установке обработки воздуха каналов для приточного наружного воздуха и для вывода вытяжного воздуха должны быть всегда оснащены воздушными заслонками, приводимыми в действие двигателями. Эти заслонки должны иметь эффективные уплотнения, чтобы они были действительно воздухонепроницаемыми в закрытом положении; при угрозе надвигающейся экологической катастрофы или террористической атаки с применением биологических агентов они должны быть закрыты. В этой связи интересно рассмотреть вопрос: откуда должен исходить сигнал на закрытие заслонки? Преимуществом неприятного запаха является то, что он сразу же предупреждает людей, что что-то не в порядке. То же самое относится и к раздражающим веществам, таким как хлор, аммиак и т. д. Человеческий нос может быть для уполномоченного лица тем самым прибором, по реакции которого может быть выдана команда «закрыть заслонки». Естественно, в это же время должны быть закрыты все окна. К сожалению, люди не могут почувствовать некоторые смертельно ядовитые газы, такие как угарный газ или патогенные организмы,



■ Рис. 4. Городской музей Гааги. Слева – главный вход. Справа – вид сзади

например бактерии болезни легионеров или споры сибирской язвы. Однако датчики для регистрации таких загрязняющих веществ или уже имеются, или разрабатываются. Масс-спектрографический анализ хорошо зарекомендовал себя при обнаружении частичек сажи, радиоактивных изотопов, бактерий и спор. «Пригодные для немедленного использования детекторы бактерий, несомненно, являются только вопросом времени». Региональные и городские планы действий в чрезвычайных ситуациях должны предусматривать формирование сигналов тревоги различных уровней опасности, а управляющие зданием должны знать, как реагировать на эти сигналы.

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

Рециркуляция воздуха

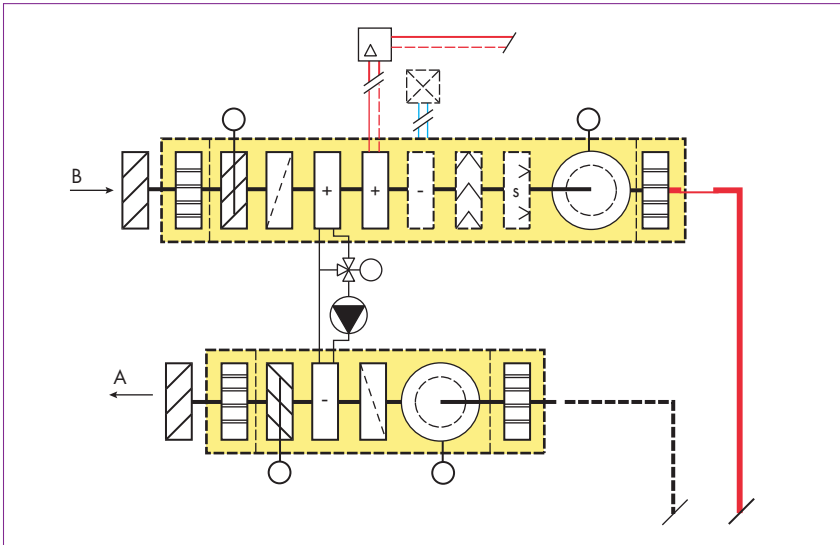
Решетки забора приточного воздуха имеют размеры, соответствующие необходимой интенсивности вентиляции, обычно эквивалентной кратности воздухообмена 2–3, рассчитанной на эффективной общей площади. В системах централизованной подачи воздуха охлаждение помещений осуществляется воздухом,

для чего интенсивность вентиляции значительно увеличивается. Известным примером такой системы является VAV-система (Variable Air Volume – система с переменным расходом воздуха), в которой осуществляется рециркуляция значительной части воздуха. Если позволяют внешние условия, такая система, работающая полностью на приточном воздухе, позволяет значительно экономить энергию. Из этого следуют два вывода:

- Заборное устройство для приточного воздуха должно быть в 2–3 раза больше, чем если бы оно использовалось только для вентиляции, что повышает вероятность короткого замыкания.
- Рециркуляционный воздух образуется внутри самого здания, поэтому он легко подвержен загрязнению, источники которых находятся в здании.

Исследования показывают, что в зданиях с системами рециркуляции синдром «больного» здания проявляется чаще, т. к. табачный дым и летучие органические смеси, выделяющиеся внутри здания, циркулируют вместе с вентиляционным воздухом. Поэтому, начиная с середины 1980-х годов, такие системы стали в Северо-Западной Европе менее популярными, и в настоящее время они редко используются в офисных зданиях в Голландии. Однако в Соединенных Штатах они все так же популярны. То, что рециркуляционные системы могут загрязняться из источников внутри здания, делает

³ Благодаря недавнему подключению к системе централизованного теплоснабжения Гааги, дымовые трубы котлов стали ненужными. Они были покрыты внутренней облицовкой из нержавеющей стали и теперь используются в качестве устройств забора наружного воздуха (консультант – Б. Бронсема (B. Bronsema)). Берлаг (Berlage), известный голландский архитектор, без всякого сомнения, был бы удовлетворен таким решением. Также был доволен архитектор Джоб Роос (Job Roos), выигравший в 1998 году премию Берлага и ответственный за реконструкцию здания музея.



■ Рис. 5. Система ОВК без рециркуляции

их чрезвычайно уязвимыми для биологического терроризма. Террорист может быть незаметным сотрудником, делающим свое злое дело под защитой своего собственного офиса.

Внутренняя среда с закрытыми воздушными заслонками

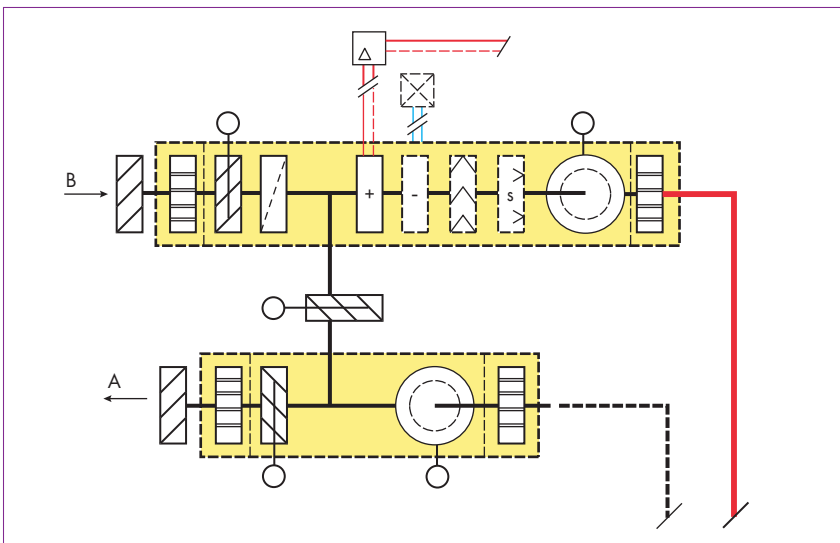
Системы без рециркуляции (рис. 5)
Во время чрезвычайной ситуации системы кондиционирования воздуха, на 100 % работающие с наружным воздухом и не обладающие достаточными возможностями рециркуляции, должны быть деактивированы.

В этих условиях качество внутреннего воздуха быстро снижается, т. к. все биологические выделения

замыкаются внутри эффективно используемого объема внутренних помещений.

Если вентиляционный воздух служит также в качестве теплоносителя для отопления и охлаждения помещений, система ОВК в указанных условиях полностью выходит из строя. Это справедливо и для систем забора воздуха, используемого для распределения тепла и холода. С другой стороны, системы ОВК, в состав которых входят вентиляционные и охлаждающие конвекторы, системы охлаждающих и нагреваемых потолков, могут поддерживать тепловые параметры внутри помещений без участия вентиляции.

Системы с рециркуляцией (рис. 6)
В принципе, система кондиционирования с возможностью рецирку-



■ Рис. 6. Рециркуляционная система ОВК

ляции может продолжать работать в чрезвычайной ситуации все то время, пока внешние воздушные заслонки остаются закрытыми. Большой объем внутреннего пространства, подключенного к системе вентиляции (в том числе потолочные полости, аппаратные и т. д.), способен ассимилировать большое количество биологических выделений, поэтому качество внутреннего воздуха будет снижаться не так быстро, как в системе без рециркуляции.

Все системы ОВК с рециркуляцией, включая VAV-системы и системы забора воздуха, могут продолжать работать и способны поддерживать внутренние тепловые параметры без участия системы вентиляции.

Снижение качества внутреннего воздуха

Концентрация CO₂ во внутреннем воздухе может использоваться в качестве показателя качества воздуха. В качестве первоначального предположения представляется разумным принять в качестве величины этой концентрации в начале чрезвычайной ситуации значение 800 промилле. Концентрация CO₂ может быть вычислена в виде функции времени по следующей формуле:

$$C_i(t) = C_e + (C_o - C_e) e^{-n \cdot t} + P / (n \cdot V) \cdot [1 - e^{-n \cdot t}]$$

(в промилле) (Recknagel, 2000),

где C_i(t) – концентрация CO₂ внутри здания в момент времени (t), промилле;

C_e – концентрация CO₂ в наружном воздухе;

C_o – концентрация CO₂ внутри здания в момент времени (0);

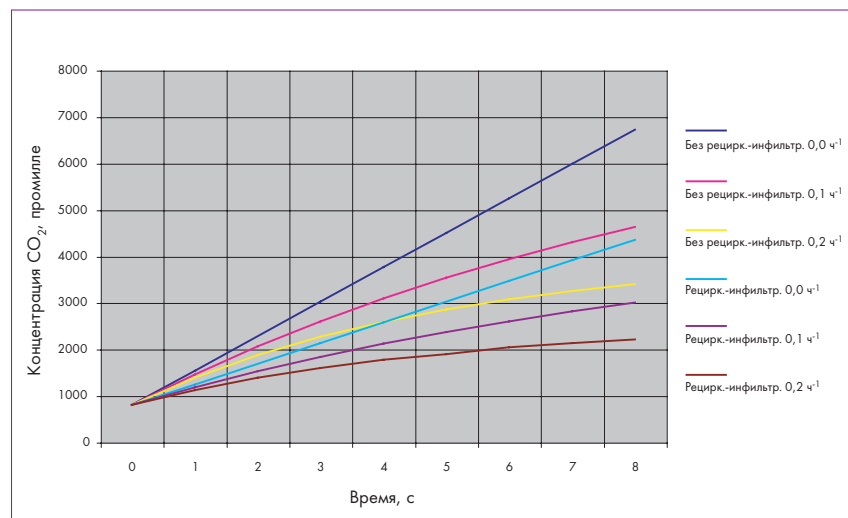
P – интенсивность выработки CO₂ внутри здания, см³/ч;

n – интенсивность инфильтрации, ч⁻¹;

V – эффективный объем внутреннего пространства, м³;

t – время, ч.

На рис. 7 показаны примеры изменения концентрации CO₂ как функции времени. Во всех представленных вариантах в качестве C_e берется значение 350 промилле, а C_o – 800 промилле. В качестве эффективного объема внутреннего пространства для систем без рециркуляции берется значение 27 м³, рассчитанное для офисного помещения общей площадью 10 м² и с высотой



■ Рис. 7. Рост концентрации CO₂ внутри здания при отсутствии вентиляции

от пола до потолка 2,7 м. Для систем с рециркуляцией воздуха в качестве средней плотности заполнения людьми помещений предполагается 1 человек на 15 м², высота помещения вместе с потолочной полостью принимается равной 3 м, что в результате дает объем $V = 45 \text{ м}^3$.

Интенсивность выработки CO₂ берется равной 20 л/ч = 0,02 × 106 см³/ч на человека. В качестве интенсивности инфильтрации берется 0,1 или 0,2 ч⁻¹ соответственно, что может рассматриваться как очень небольшая инфильтрация.

Обсуждение

Голландские правила по охране здоровья и обеспечению безопасности на производстве (ARBO) определяют хорошее состояние внутреннего воздуха как концентрацию CO₂ менее 1 000 промилле, верхней границей допустимого значения этого показателя является 1 200 промилле. В случае использования помещений не по их основному назначению, приводящего к повышению уровня загрязнения, например, вследствие увеличения длительности периодов нахождения в здании людей, концентрация CO₂ не должна превышать максимального значения 1 500 промилле.

Эти значения соответствуют предельным величинам диапазона комфортного восприятия, касающегося оценки качества воздуха для людей, входящих в помещение со свежего воздуха и еще не адаптировавшихся к качеству внутрен-

него воздуха. Это является разумным допущением для общественных зданий и офисов с интенсивным перемещением людей, еще не адаптировавшихся к внутренним условиям.

Через некоторый промежуток времени чувствительность к определенным запахам из-за привыкания (в данном контексте из-за адаптации) снижается. Это явление наиболее отчетливо проявляется по отношению к запахам человеческого тела и в некоторой степени – по отношению к умеренно дымной атмосфере. Так как в чрезвычайной ситуации людям не хватает свежего воздуха, они не возражают против резкого роста концентрации CO₂. Действительно, маловероятно, что привыкшие к запахам люди даже заметят такой рост. В этой связи можно упомянуть исследования качества воздуха в самолетах, где вариации концентрации CO₂ от 1 500 до 2 000 являются скорее правилом, чем исключением. Несмотря на это, по результатам одного исследования выявлено, что лишь небольшое число (около 4 %) людей оценивают качество воздуха как плохое.

В качестве значения MAC⁴ для CO₂ в воздухе принято 5 000 промилле. Это соответствует максимальной концентрации в воздухе, при которой человек может дышать таким воздухом восемь часов в день без ухудшения здоровья. Исходя из предыдущего анализа, этот предел может быть превышен только в условиях отсут-

ствия рециркуляции и инфильтрации воздуха (степень инфильтрации равна 0,0 ч⁻¹).

Воздушные фильтры

Воздушные фильтры являются важной частью систем ОВК как по гигиеническим, так и по техническим причинам. Наряду с тем, что они защищают людей от твердых частиц, находящихся в наружном воздухе, они служат для защиты системы от внутреннего загрязнения, которое, в свою очередь, способно ухудшить качество воздуха внутри помещения. Чем меньше взвешенные в воздухе частицы, тем труднее уловить их воздушным фильтром. Наиболее широко используемые в настоящее время фильтры имеют показатель эффективности 80–85 % для частиц размером 1 микрон, а наилучшим показателем, достигнутым для комфортных приложений, является 90–95 %⁴.

Это показано на рис. 2. Бактерии имеют размеры от 0,3 до 30 микрон, и как видно на графике, субмикронные частицы только частично удерживаются фильтрами даже с наиболее оптимальной эффективностью (типа А). Вирусы меньше 0,05 микрон, поэтому они беспрепятственно могут проходить через эти фильтры. В любом случае было бы интересно, как бы повели себя эти микроорганизмы, если бы они попали в воздушный фильтр. Заранее можно предсказать их бурный рост в накапливаемой в воздушном фильтре питательной массе из пыли и влаги, обогащенной большим количеством кислорода. Кроме того, об этом говорилось в материалах некоторых исследований.

Электростатические воздухоочистители

Одним из типов воздушных фильтров с эффективностью удержания практически 100 % для частиц размером 0,3 микрона и более является электростатический фильтр. Этот фильтр имеет секцию ионизации, в которой производится электрический заряд взвешенных частиц, и секцию накопления, где они осаждаются под действием электростатической силы. Секция накопления периодически промывается водой, содержащей моющее средство.

⁴ Maximum Allowable Concentration – предельно допустимая концентрация.

Более крупные системы обычно оснащены автоматическим устройством промывки.

Электростатические воздухоочистители могут удерживать очень небольшие частицы, причем не только микробиологические организмы, но и табачный дым, пыльцу растений, зольную пыль, частицы копоти и т. д. В поле высокого напряжения образуется также озон, который окисляет пахучие вещества, а также убивает бактерии и вирусы. Способность электростатических фильтров осаждать очень мелкие частицы, которые в случае загрязнения наружного воздуха могли бы быть также загрязнены или пропитаны опасными веществами, делает их привлекательными в ситуациях, где необходимо обеспечение высокого стандарта качества воздуха.

Идеальная комбинация воздушных фильтров могла бы состоять из электростатического фильтра с последовательно подключенным к нему устройством промывки, которое нейтрализует оставшийся озон, поглощает пахучие вещества, охлаждает и при необходимости осушает или увлажняет воздух. В чрезвычайной ситуации, благодаря исключительно эффективной очистке воздуха, становится возможным использование в течение очень длительных периодов только рециркуляционного воздуха, без существенного ухудшения качества внутреннего воздуха.

Работу такой комбинации фильтра и устройства промывки можно сравнить с действием грозового ливня после жаркого дня со смогом в атмосфере. Насыщенная кислородом холодная вода не только очищает воздух, но и создает бодрящую, свежую атмосферу.

Воздушные фильтры этого класса могут, в принципе, обеспечить прекрасную защиту в случае чрезвычайной ситуации, связанной с экологическими нарушениями или с проявлениями биологического терроризма. При совместной работе с системами кондиционирования и вентиляции любого типа они могут также давать свой вклад в энергосбережение и повышение качества воздуха. На рынке имеется множество различных моделей таких фильтров. Только их высокая цена (в 10–16 раз больше стоимости обычных воздушных фильтров), длительный срок окупаемости и «высокотехнологичный» характер (отпугивающий многих инженеров-установщиков и пользователей) стоят в настоящее время на пути их широкого использования в комфортных приложениях в Европе.

В США, где бытовые воздушные отопительные системы широко распространены, такие фильтры служат в качестве обычных хозяйственных устройств. Пользователи промывают фильтры раз в неделю в посудомоечной машине, обеспечивая тем самым чистый воздух в доме.

Выбор естественной или гибридной вентиляции

Приведенные выше соображения применимы, в принципе, к промышленным зданиям с искусственной вентиляцией. В жилых зданиях в Западной Европе используется обычно естественная вентиляция, для промышленных зданий здесь также растет интерес к системам естественной и гибридной вентиляции.

В системах естественной и гибридной вентиляции наружный воздух поступает непосредственно снаружи через струйные вентиляционные проемы и/или через окна. Это затрудняет загрязнение воздуха из центральной точки (рис. 9).

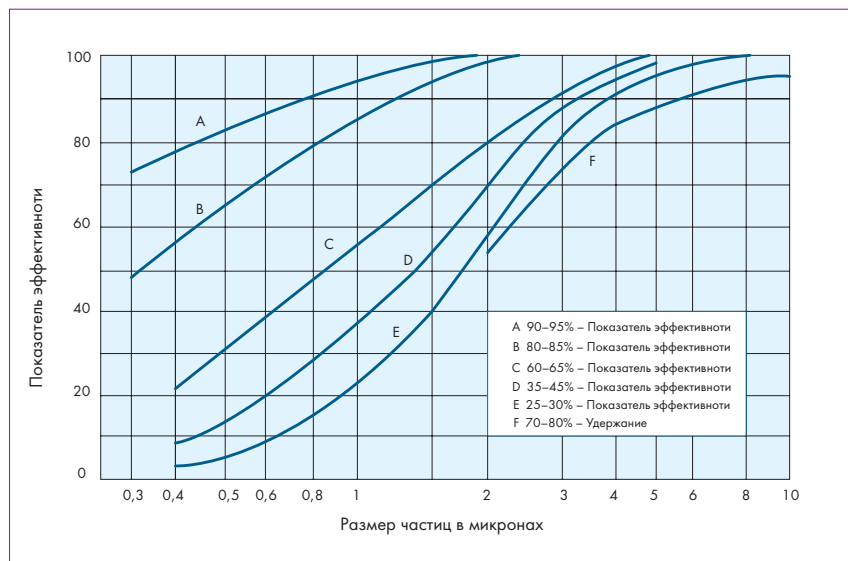
В настоящее время в Голландии ведется интенсивная разработка гибридных вентиляционных систем для промышленных зданий. Охлаждение внутренних помещений может обеспечиваться комбинацией таких систем при интеграции охлаждающих конвекторов, охлаждающих полов и активировании панелей перекрытия (охлаждение и/или нагревание массы здания).

При использовании естественного забора воздуха концентрация твердых частиц внутри здания вообще меньше, чем снаружи, благодаря чему автоматически реализуется определенная мера защиты (см. выше). Частицы, проникшие в здание, имеют тенденцию, как уже указывалось выше, оседать на стенах, полу, потолке и обстановке внутри, в результате период их нахождения в воздухе во взвешенном состоянии уменьшается. Степень проявления этого явления зависит, однако, от адсорбирующих характеристик этих поверхностей и от потоков воздуха, вызываемых деятельностью людей, работой вентиляторов, компьютеров и т. д.

Одно можно сказать со всей определенностью. В случае неминуемого террористического нападения или экологической катастрофы люди в зданиях с гибридной или естественной вентиляционной системой могут в некоторой степени защитить себя, закрыв окна и вентиляционные проемы.

Заключение

В случае экологической катастрофы, к наиболее экстремальной форме которой можно отнести террористи-



■ Рис. 8. Типичные показатели эффективности воздушных фильтров по отношению к размерам твердых частиц. Использованы данные Американского общества инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE)

ческое нападение с применением биологических материалов, системы ОВК могут быть фактором риска. С другой стороны, при правильном проектировании такие системы могут обеспечить защиту.

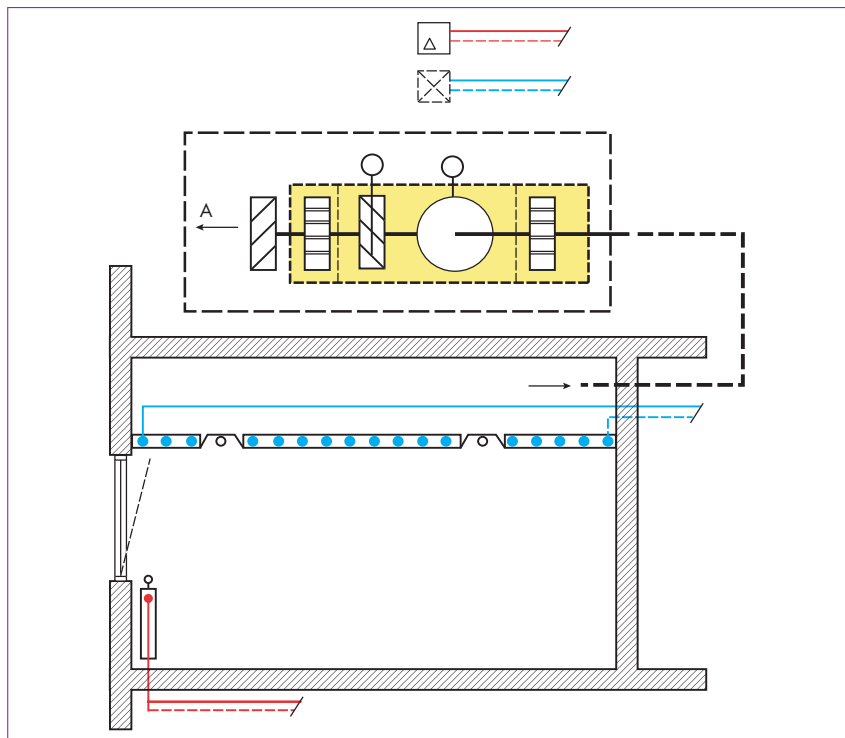
В случае экологической катастрофы система ОВК значительный период времени может работать в режиме рециркуляции, не подвергая опасности здоровье находящихся в здании людей. Предпочтительно, чтобы устанавливаемые системы имели возможность работы в режиме рециркуляции, даже если они рассчитаны на нормальную работу со 100-процентным использованием наружного воздуха.

Команда «закрыть заслонки наружного воздуха и открыть заслонки рециркуляционного воздуха» должна исходить от одного из высокопоставленных лиц, способных принимать соответствующие решения. Следует избегать возможного злоупотребления этой властью, например для экономии энергии.

Здания в потенциально уязвимых местах и здания особой общественной значимости (в том числе центры по борьбе с чрезвычайными ситуациями) должны быть оснащены наилучшим из возможного оборудованием очистки, например, с использованием описываемой выше комбинации электростатических фильтров с воздухоочистителями. Управляющие зданием должны знать возможные действия, которые должны предприниматься в чрезвычайной ситуации:

- Закрыть все окна и вентиляционные решетки в стенах.
- Для систем обработки воздуха, на 100 % работающих с наружным воздухом: «остановить вентиляторы подачи воздуха и перекрыть клапаны наружного воздуха».
- Для систем обработки воздуха с возможностью работы в режиме рециркуляции: «закрыть заслонки наружного воздуха и полностью перейти на рециркуляцию».

Для каждого здания должен быть подготовлен подробный план действий, и все эти отдельные планы должны быть скоординированы на базе общего плана действий в условиях чрезвычайной ситуации. Подобного рода планы доказали свою полезность при экологических катастрофах.



■ Рис. 9. Гибридная система с элементами естественной и искусственной вентиляции – радиаторы и охлаждающие потолки

Послесловие

«В Голландии нет никаких причин изменять конструкцию или использование зданий для учета возможных актов биологического терроризма. Вероятность такого нападения, например при помощи ингалятора для горла, очень низка. С другой стороны, имеется масса других, более серьезных опасностей для здоровья, которые заслуживают большего внимания. Во-первых, могут быть аварии на химических предприятиях или при транспортировке опасных химических материалов. Как в случае террористического нападения, так и при химическом заражении действуют одни и те же правила поведения. Сценарий для таких случаев должен включать следующие основные действия: услышав звук сирены, войти в здание, закрыть окна и двери и слушать объявления по радио или телевидению. Для обеспечения дополнительной защиты разработаны специальные инструменты, в том числе системы оповещения людей с пониженным слухом, управляемые по радио и централизованно отключаемые системы вентиляции многоквартирных домов, специальные планы укрытия в безопасном месте. Что касается последнего, следует отметить, что укрытие на подвет-

ренной стороне здания при закрытых дверях внутри помещений обеспечивает дополнительную защиту. Здесь концентрация вредных веществ гораздо ниже, и для проникновения этих веществ внутрь здания требуется больше времени».

Приведенное здесь высказывание принадлежит главе отдела медицины окружающей среды департамента общественного здравоохранения Роттердама (Woudenburg, 2001).

Побудительной причиной написания этой статьи было не стремление к сенсационности, а любопытство. На определенный момент любопытство было удовлетворено, но затем возник вопрос: рассматривалась ли связь между городскими и региональными планами действий в чрезвычайных ситуациях, и если да, то в какую форму вылилась такая координация?

Должны ли здания, предназначенные для использования их в качестве кризисных центров в чрезвычайных ситуациях, удовлетворять определенным стандартам? ■

E-mail: bronconsult@planet.nl

Если Вы хотите получить список литературы, использованной в данной статье, – пишите по адресу mariya@abok.ru.