

Использованные фильтры и качество воздуха в помещении

Gabriel Bekö, доктор наук (Ph. D.), исследователь Международного центра энергии и микроклимата помещений при Техническом университете Дании (г. Лингби)

Присутствие в системе вентиляции фильтров, на которых уже успела накопиться пыль, ухудшает качество воздуха, приводит к появлению «синдрома больного здания», отрицательно влияет на самочувствие и производительность труда людей, работающих в помещении. В данной статье рассмотрен механизм этого явления, дана его оценка с экономической точки зрения, предложены возможные пути решения проблемы.

Опросы показывают, что люди, которым приходится подолгу находиться в старых зданиях, оборудованных системами механической вентиляции, недовольны качеством поступающего в помещение воздуха. А это, в свою очередь, отрицательно сказывается на производительности их труда. Через систему вентиляции в здание могут проникать дым, частицы пыли, газы, биоаэрозоли (вирусы, бактерии и другие микроорганизмы), которые вызывают симптомы респираторных заболеваний, аллергические реакции, приступы астмы. Более того, эпидемиологические исследования доказали прямую связь между загрязненностью воздуха и уровнем заболеваемости и смертности.

Фильтры, применяемые при механической вентиляции, препятствуют загрязнению устройств обработки воздуха, защищают вентиляторы от перерасхода энергии, снижают вероятность возникновения пожара. Положительно влияют они и на качество атмосферы в помещении. Однако эти устройства сами могут быть источниками загрязнений. Это происходит при запущенности систем кондиционирования и вентиляции и несвоевременной замене фильтров (рис. 1).

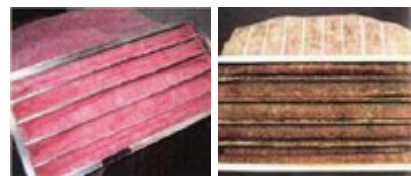


Рисунок 1. Слева — новый стекловолоконный фильтр класса F7 (~MERV 13), справа — он же после пяти месяцев непрерывного использования.

Субъективная оценка влияния фильтров на чистоту воздуха

В результате исследования 20 зданий выяснилось, что основным компонентом вентиляционных систем, загрязняющим воздух в помещении, является фильтр, точнее, частицы, собирающиеся на нем в процессе работы. Средний срок службы фильтра — 6–12 месяцев. Но уже через шесть недель его эксплуатации количество людей, недовольных качеством воздуха в помещении, возрастает на 20%. Логично предположить, что к улучшению качества воздуха приведет повышение кратности воздухообмена. Однако на практике увеличение воздушного потока через проработавший какое-то время фильтр ведет к росту интенсивности поступления загрязнений с его поверхности.

Недавние исследования показали, что ухудшение качества воздуха значительно снижает производительность труда работников и ведет к серьезным экономическим потерям. Когда в ходе эксперимента использованные фильтры были заменены новыми, производительность, по собственной оценке работников, выросла на 5,7%. В другом исследовании сравнивалось время разговора операторов колл-центра в помещениях с различной кратностью воздухообмена при использовании новых и отработавших полгода фильтров. Простая замена старых фильтров на новые сократила время работы на 10%. Повышение кратности воздухообмена при использовании новых фильтров давало выигрывать еще на 6%, однако стоило на их место поставить старые — и производительность операторов падала на 8%. Кроме того, начинали проявляться эффекты «синдрома больного здания», ухудшался микроклимат.

Все эти эксперименты подтверждают: фильтры могут быть причиной ухудшения качества воздуха. Однако, природа этого явления до конца не ясна. С уверенностью можно сказать лишь, что микроорганизмы, попадающие на фильтр с уличным воздухом, здесь ни при чем.

Химические реакции на поверхности фильтра

На фильтре собираются частицы органического и неорганического происхождения — цветочная пыльца, микробы, частички грунта, неорганические соли, продукты горения. Также он адсорбирует летучие и малолетучие органические соединения. Часть из них может выделиться с поверхности фильтра и ухудшить качество подаваемого в помещение воздуха. Интенсивность этого процесса зависит от количества и состава пыли. Кроме того, по некоторым данным, фильтры предварительной очистки выделяют больше летучих веществ, чем фильтры тонкой очистки.

Некоторые органические вещества на поверхности фильтра могут вступать в химические реакции. Например, окисляться озоном, содержащимся в наружном воздухе. Однако со временем эффективность поглощения озона загрязненным фильтром снижается, так как уменьшается число частиц, способных вступить в реакцию.

В одном из недавних исследований Технического университета Дании озон пропускался через три загрязненных фильтра. Изначально фильтры убрали от 35% до 50% озона при его концентрации во входящем потоке 75 ppb (миллиардных долей). В течение часа этот показатель снижался до 5%–10%. После этого фильтры на 48 часов были помещены в азот, в атмосферу с содержанием озона менее 5 ppb или в воздух, нагретый до 100 °C. В результате этих действий способность фильтров поглощать озон частично восстановилась (рис. 2). Это связано с тем, что за 48 часов «покоя» на поверхность фильтра перемещаются способные окисляться частицы из его толщи.

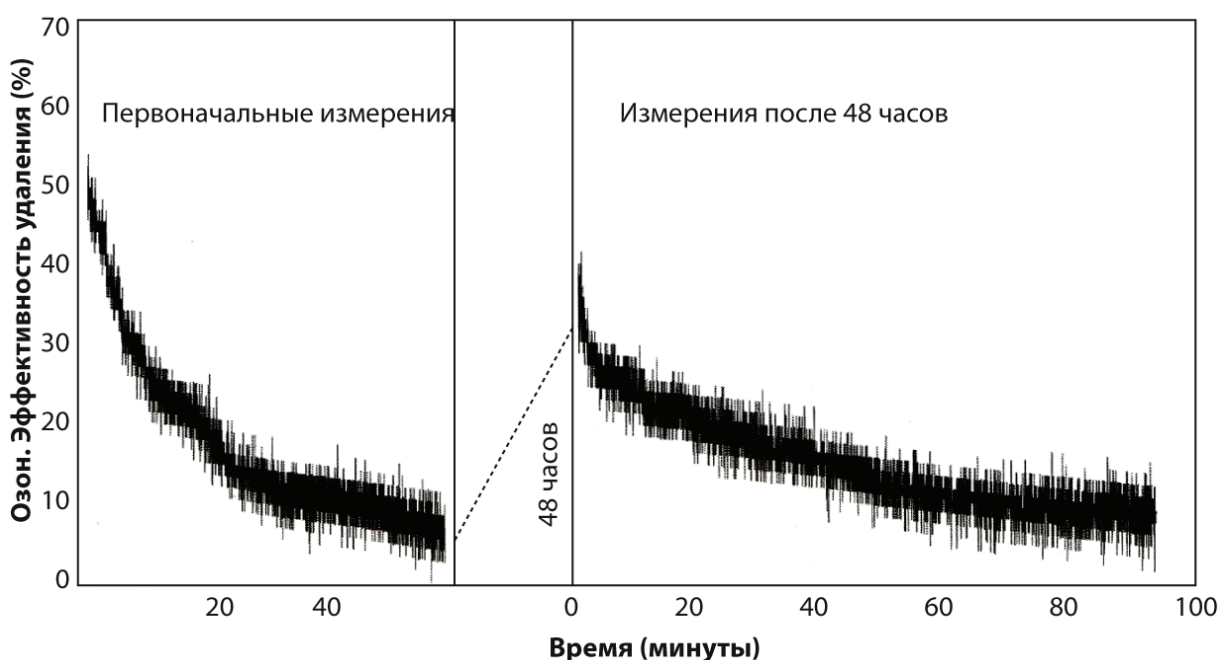


Рисунок 2. Зависимость эффективности поглощения озона от времени. После 60 минут работы фильтр на 48 часов находился в неподвижной воздушной атмосфере.

Хотя поглощение озона — это плюс, ведь этот газ токсичен, но продукты химических реакций часто опаснее исходных реагентов. И выделяющиеся при окислении вещества, попадая в подаваемый в помещение воздух, способны вызвать дискомфорт и другие негативные последствия.

Это показывает следующий эксперимент. В вентиляционные системы трех изолированных комнат были установлены три в равной степени загрязненных фильтра. Находящихся в помещениях людей просили оценить качество воздуха. Во всех трех случаях оценки совпали.

Затем один фильтр был помещен на 48 часов в азот, второй — на обычный воздух, третий — в атмосфере с содержанием озона 100 ppb. Затем было сделано еще одно измерение качества воздуха. В полном соответствии с ожиданиями, фильтр, пробывший в азоте, показал наилучший результат, а тот, что был в озоне — наихудший. Следующая оценка была сделана через два часа работы вентиляции. Показатели во всех случаях оказались лучше, чем при предыдущем замере. Однако худшим, по-прежнему, был фильтр, подвергавшийся действию озона (рис. 3). Эксперимент показал, что окисление влияет на качество воздуха отрицательно, а последующая вентиляция — положительно. По-видимому, в статичном состоянии (когда воздух не проходит сквозь фильтр) интенсивность выделения органических веществ с поверхности сокращается. В этом случае продукты окисления накапливаются в толще мембраны. Как только воздушный поток возобновляется, выделение окисленной органики увеличивается. На практике это означает, что системы вентиляции нужно периодически продувать. Делать это необходимо в пустом здании, — например, ночью в выходные.

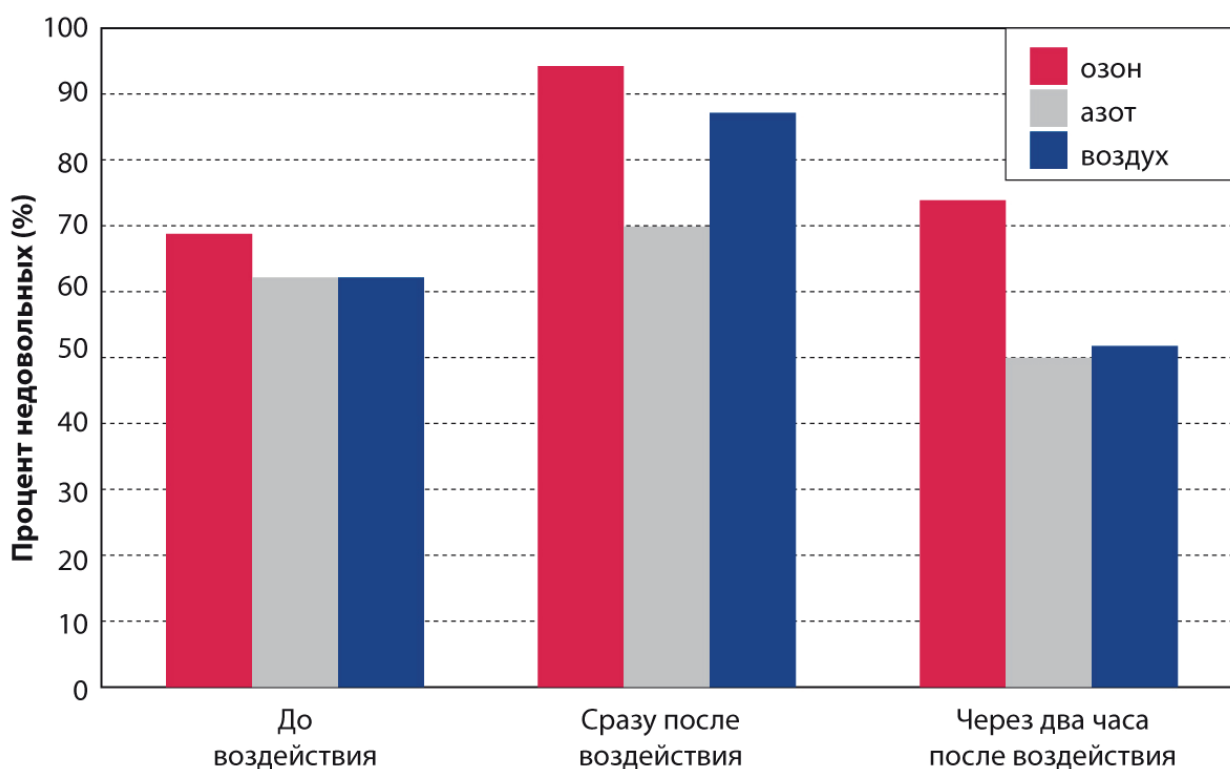


Рисунок 3. Процент людей, недовольных качеством воздуха, поступающего через три образца фильтров.

Экономический эффект

С одной стороны, фильтрация воздуха, подаваемого в помещение, уменьшает число обращений работающего в нем персонала за врачебной помощью. Соответственно, сокращаются затраты на медицинское обслуживание. Кроме того, фильтрация позволяет снизить расходы на уборку здания и чистку систем кондиционирования и вентиляции. С другой стороны, ухудшение качества воздуха, вызванное состоянием фильтра, может привести к значительным экономическим потерям из-за снижения производительности труда работников.

На рис. 4 приведены максимальные, минимальные и средние оценки начальных затрат, ежегодных расходов и ожидаемой прибыли при использовании в стандартном офисе одноступенчатых фильтров карманного типа класса F7.

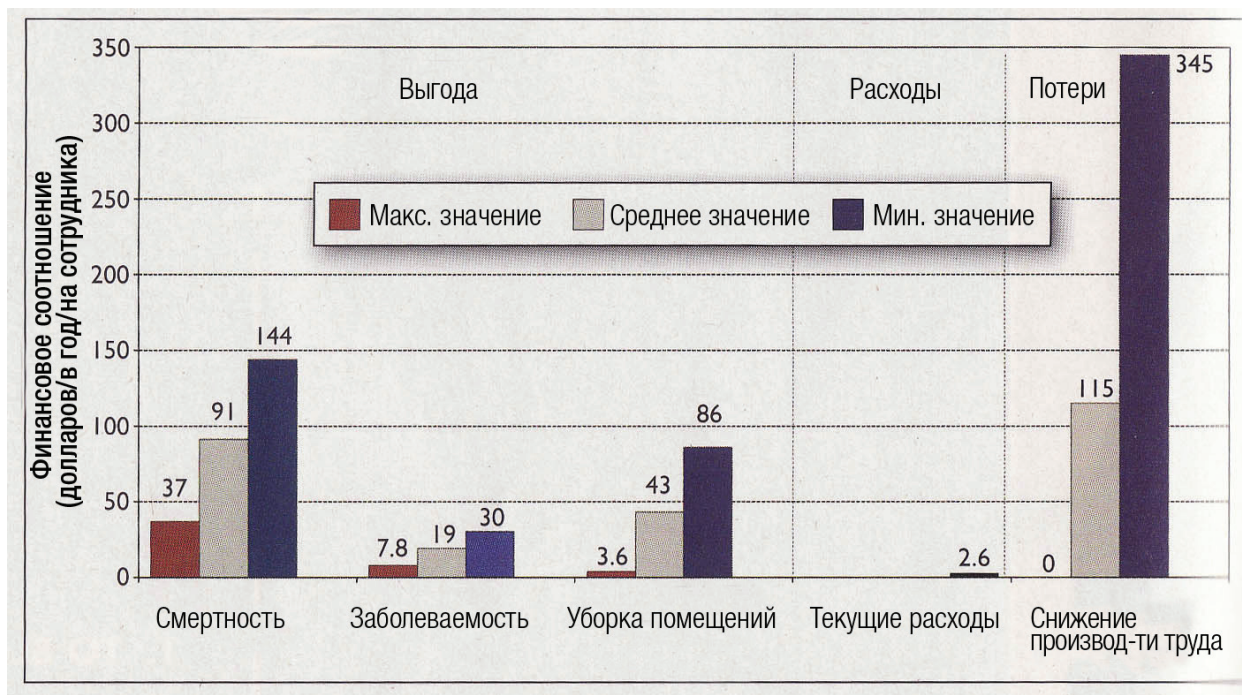


Рисунок 4. Минимальные, средние и максимальные оценки выгод и потерь от применения воздушной фильтрации. Нижняя оценка получена при нулевом снижении производительности труда, средняя — соответствует снижению на 0,5% за половину срока службы фильтров, максимальное значение рассчитано для снижения производительности на 1% по истечении трех четвертей срока службы.

Инженерные решения

Для испытаний были взяты: стекловолоконный мешочный фильтр класса F7 (~MERV 13); он же в комплекте с ежемесячно заменяемым предварительным фильтром класса G4 (~MERV 8); различные сочетания стекловолоконных (F7) и угольных фильтров (последние устанавливаются на входе, на выходе и в обоих местах сразу); отдельный стекловолоконный мешочный фильтр, содержащий активированный уголь; отдельный кассетный фильтр с искусственным волокном и активированным углем и, наконец, стекловолоконный фильтр класса F5 (~MERV 10–11).

Все они в течение пяти месяцев подвергались идентичным нагрузкам (поток — $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$, скорость движения воздуха — 2 м/с), после чего были помещены в лабораторную систему вентиляции для оценки качества пропущенного через них воздуха (рис. 5). Результаты оказались лучше там, где на выходе применялся активированный уголь, а также при использовании моноблочного мешочного стекловолоконно-угольного фильтра. В этих случаях после пятимесячной эксплуатации устройства приобрели способность поглощать озон, не становясь при этом источником загрязнений.

Заключение

Грязь на фильтрах — неизбежный результат работы вентиляционных систем. Она способна стать причиной ощутимого ухудшения качества воздуха, в который попадают летучие продукты реакций, происходящих на поверхности фильтра. Эффективно бороться с этим явлением позволяет установка на выходе воздушного потока фильтра из активированного угля, а также использование комбинированных угольно-волоконных фильтров.

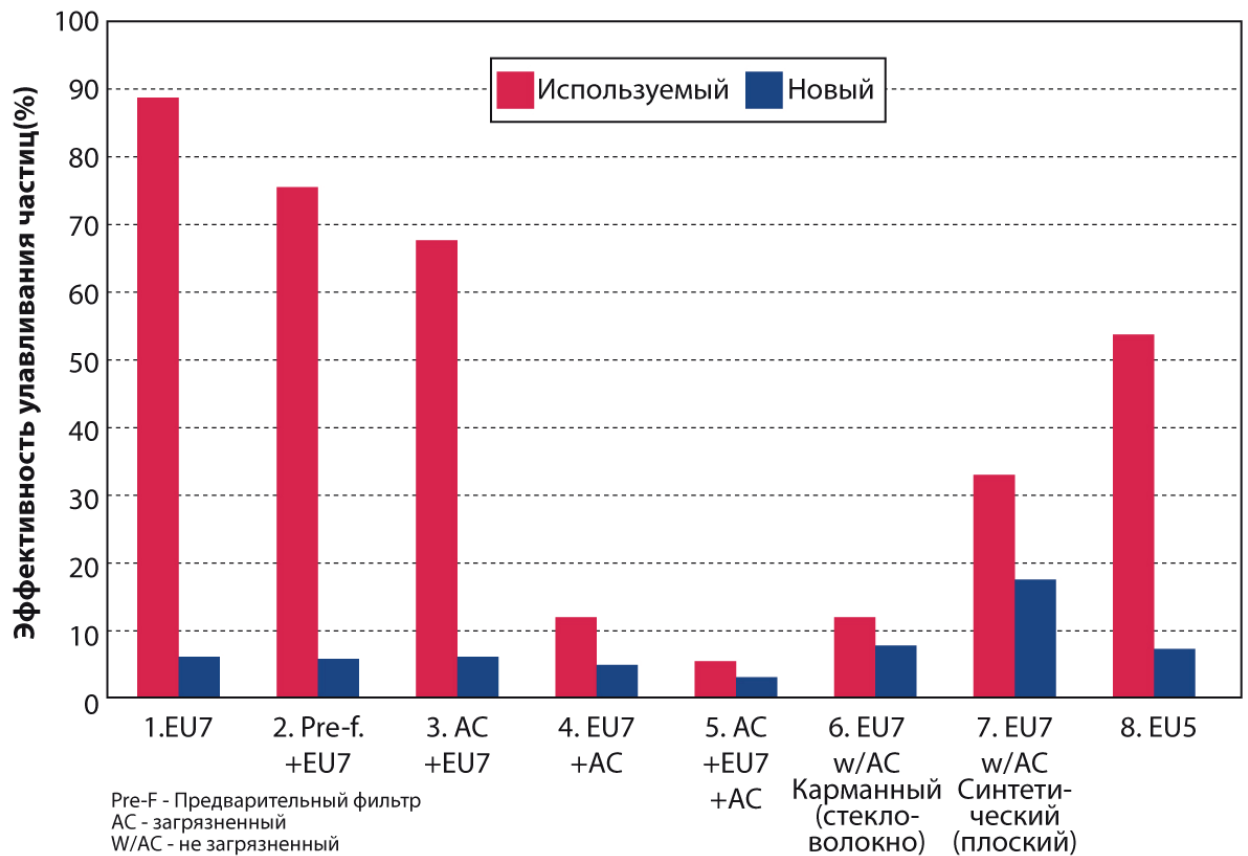


Рисунок 5. Оценка качества воздуха, поступающего в помещение через различные комбинации фильтров.

Энергоэффективные системы вентиляции
Представительство АО «Аэрэко» в РФ
 105120, г. Москва, Костомаровский переулок, дом 3
 Тел.: +7 495 921-36-12
www.aereco.ru