

# Персональная вентиляция. Время перейти от теории к практике!

*Д. В. Капко, руководитель сектора научных исследований ООО «НПО ТЕРМЭК»*

*Р. В. Афанасьев, заместитель генерального директора ООО «ЭкоЭнергоВент СПб»*

Задаче снижения энергопотребления систем вентиляции в общественных зданиях при обеспечении нормируемого качества внутреннего воздуха уделяется все больше внимания ввиду повышения требований к энергетической эффективности зданий, а также в связи с необходимостью обеспечить хорошее самочувствие и здоровье людей, находящихся в помещении, и, соответственно, их высокую производительность труда.

Уже долгое время (начиная с начала 2000-х годов) отечественными и зарубежными специалистами одним из основных решений данной задачи признается применение персональной вентиляции [1–4], однако на практике это решение до сих пор является крайне мало применяемым. В данной статье приведены преимущества персональной вентиляции, а также доводы в пользу широкого применения данных систем в настоящее время.

## Преимущества персональной вентиляции

Системы персональной вентиляции обладают высоким потенциалом энергосбережения [2, 3, 5]:

- за счет снижения расхода наружного воздуха ввиду высокой эффективности воздухораспределения (в 2–3 раза эффективнее по сравнению с системой перемешивающей вентиляции [4, 6, 7]);

- в результате подачи наружного воздуха только при фактическом присутствии сотрудника на рабочем месте.

Идея организации персональной вентиляции принадлежит датскому профессору П. Оле Фангеру [1]: она заключается в подаче каждому находящемуся в помещении человеку свежего наружного воздуха, как можно менее загрязненного источниками, имеющимися в помещении. Данная идея была реализована при непосредственном

участии профессора в Международном центре ICIEE (International Centre for Indoor Environment and Energy) при Датском техническом университете (DTU) – совместно с компанией Exhausto был разработан приточный воздухоораспределитель для персональной вентиляции (рис. 1), реализуемый в настоящее время в России компанией ООО «ЭкоЭнергоВент СПб».

Исследования персональных систем вентиляции продолжаются в Международном центре ICIEE и в настоящее время. В частности, последние 10 лет эти исследования проводятся Арсеном Меликовым, профессором Датского технического университета. За эти годы испытательные работы по определению характеристик персональных систем вентиляции продолжались в общей сложности более 4500 часов; в экспериментах приняли участие более 500 студентов. Ниже приведены некоторые выводы, сделанные профессором Меликовым на основе анализа полученных результатов.

**1. Тысячи проведенных испытаний доказали: невозможно создать в помещении такие условия, которые бы удовлетворяли более 95% находящихся в нем людей, – было невозможно до тех пор, пока не появились системы персональной вентиляции.**

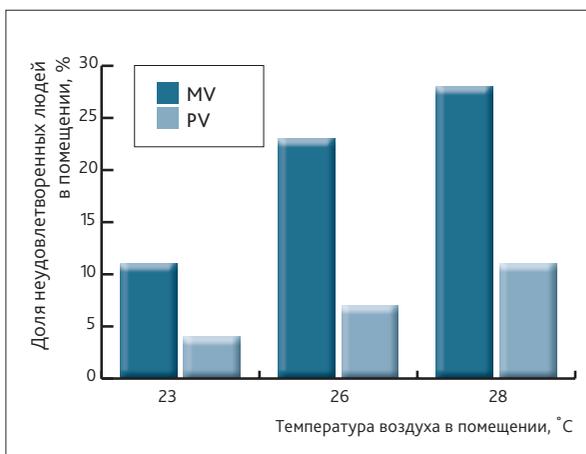
**2. Системы персональной вентиляции обладают высоким потенциалом энергосбережения.**

Кроме снижения расхода наружного воздуха и подачи его при фактическом присутствии сотрудника на рабочем месте, персональные системы вентиляции позволяют снизить расход энергии на охлаждение помещения, так как в этом случае отпадает необходимость поддержания температуры в помещении на низком уровне в теплый период года. Исследования показали, что только 3,5% людей испытывают дискомфорт при температуре воздуха в помещении 23 °С, если их рабочее место оборудовано системой персональной вентиляции. В случае стандартной перемешивающей вентиляции дискомфорт при данной температуре испытывают уже 11%. Из диаграммы (рис. 2) видно, что при температуре воздуха в помещении 28 °С и устройстве персональной вентиляции только 10% находящихся в помещении людей испытывают дискомфорт, против 28% – при устройстве системы перемешивающей вентиляции.

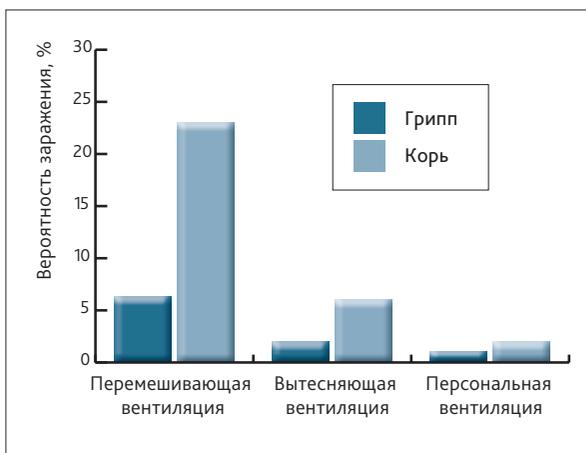
Результаты данных исследований указывают не только на высокий потенциал энергосбережения систем персональной вентиляции, но и на необходимость актуализации отечественных



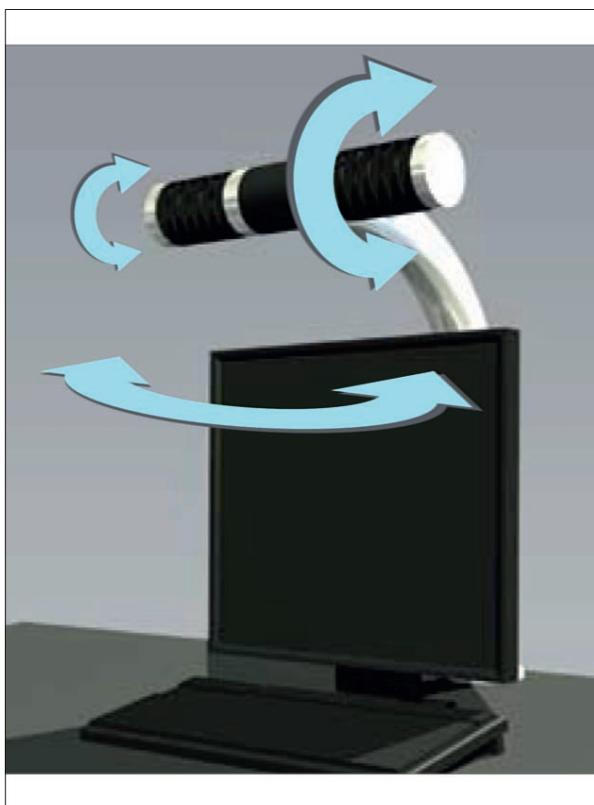
■ Рис. 1. Приточный воздухоораспределитель для персональной вентиляции фирмы Exhausto



■ Рис. 2. Доля людей в помещении, неудовлетворенных качеством воздуха в теплый период года, при устройстве персональной (PV) и перемешивающей (MV) вентиляции



■ Рис. 3. Вероятность заражения сотрудников гриппом и корью в помещении при устройстве различных типов вентиляции



■ Рис. 4. Возможность регулирования направления воздушного потока

нормативных документов. В соответствии с ГОСТ 30494 [6] в теплый период года в помещениях общественных зданий с постоянным пребыванием людей оптимальная температура воздуха находится в диапазоне  $23 \div 25$  °С, однако вышеприведенные результаты исследований систем персональной вентиляции показывают, что верхний предел может быть повышен до 28 °С.

3. Существует множество факторов, влияющих на интенсивность бактериального и вирусного заражения сотрудников в офисном помещении, одним из которых является воздухообмен в помещении. Исследования показали, что и в этом случае системы персональной вентиляции превосходят стандартные системы и, как видно из диаграммы (рис. 3), значительно снижают интенсивность распространения вирусов и бактерий на рабочих местах.
4. По данным исследований стоимость эксплуатации и обслуживания персональных систем вентиляции в здании составляет менее 1% от всех расходов на одного работника, включая заработную плату, амортизационные расходы и т. п.

Учитывая перечисленные выше результаты исследований и то, что качество воздуха в помещении в значительной степени влияет на производительность труда сотрудников [8], можно сделать вывод, что устройство систем персональной вентиляции в общественных зданиях является крайне актуальным решением, обоснованным как с физиологической, так и с экономической стороны.

#### **Преимущества персональных систем вентиляции EXHAUSTO:**

- увеличение работоспособности сотрудников;
- снижение уровня заболеваемости сотрудников; снижение энергопотребления системы вентиляции;
- современный дизайн приточных воздухоораспределителей;
- индивидуальный контроль расхода и направленности воздушного потока, что повышает уровень персонального комфорта [3];
- минимальный срок окупаемости дополнительных капиталовложений;
- возможность интеграции в существующие системы вентиляции, в том числе с постоянным расходом воздуха [9].

#### **Факторы, сдерживающие применение персональной вентиляции**

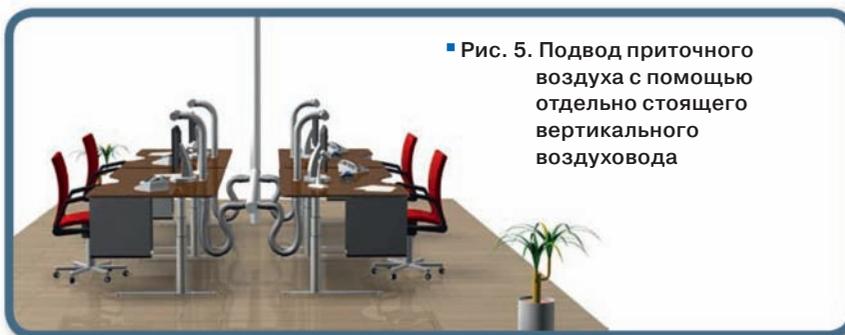
В комментарии к статье [3] научный редактор А. Л. Наумов обозначает ряд возможных сдерживающих факторов для широкого применения систем персональной вентиляции и предлагает возможные решения для исключения этих факторов. Остановимся на них с конкретным рассмотрением существующего технического решения персональной вентиляции EXHAUSTO.

1. Ввиду возможности индивидуального регулирования направленности воздушного потока из приточного воздухоораспределителя как по вертикали, так и по горизонтали (рис. 4) и регулирования расхода приточного воздуха от 0 до  $36 \text{ м}^3/\text{ч}$  каждый сотрудник на рабочем месте может создать приточную струю с комфортными для себя параметрами.
2. Трассировка воздухопроводов при устройстве персональной вентиляции не представляет особых трудностей – возможно устройство [10]:
  - вертикального воздуховода (вдоль стены или «отдельно стоящим» (рис. 5) – при расположении сборного воздуховода в фальшпотолке;

- горизонтального воздуховода вдоль стены (рис. 6) – при расположении сборного воздуховода в вертикальном коробе;
  - горизонтального воздуховода в фальшполу (рис. 7).
3. Персональная вентиляция требует бóльших первоначальных затрат по сравнению с традиционными системами вентиляции ввиду большего количества воздухораспределителей, регулирующих устройств (при устройстве VAV-системы), более протяженной сети воздуховодов. В то же время за счет снижения расхода наружного воздуха уменьшается типоразмер приточной и вытяжной установки, требуется подвод меньшей мощности электрической энергии (в особенности при применении электрического нагревателя в приточной установке), что ведет к сокращению капитальных затрат. Ввиду значительного снижения энергопотребления (до 50–70%) срок окупаемости дополнительных инвестиций составляет около 2–4 лет.

На основании перечисленных выше факторов можно сделать вывод, что системы персональной вентиляции являются экономически целесообразными и практически реализуемыми в настоящее время системами, а также предположить, что основными факторами, сдерживающими применение данных систем, является:

- отсутствие информации о системах персональной вентиляции у потенциальных заказчиков, в том числе девелоперов и застройщиков офисных зданий;
- отсутствие опыта в проектировании систем персональной вентиляции у подавляющего большинства отечественных проектировщиков.



■ Рис. 5. Подвод приточного воздуха с помощью отдельно стоящего вертикального воздуховода



■ Рис. 6. Подвод приточного воздуха с помощью горизонтального воздуховода у стены



■ Рис. 7. Подвод приточного воздуха с помощью горизонтального воздуховода в полу

## Опыт применения

Областью применения систем персональной вентиляции являются помещения с фиксированными рабочими местами (например, офисные помещения).

Компанией EXHAUSTO был реализован проект персональной вентиляции в одном из подразделений датского банка «Джиске Банк» [11] (рис. 8). Стимулом для организации высокоэффективной вентиляции явилось недовольство сотрудников банка внутренним климатом помещений, которое заключалось в повышенной подвижности воздуха и значительных перепадах температуры в офисе.

*«Сотрудники часто работали в стрессовых условиях, связанных с высокой тепловой нагрузкой от бесчисленных компьютерных экранов. Наш*



■ Рис. 8. Рабочее место в банке «Джиске Банк», оборудованное устройством персональной вентиляции

*большой экран на задней стенке выделяет около 15 кВт/ч тепловой энергии, – объясняет Кент Соренсен, инженер по эксплуатации банка. – Мы существенно увеличили численность работников на нашем дилерском этаже по сравнению с нашими первоначальными планами, в результате чего они сидят в непосредственной близости друг от друга в сравнительно тесной комнате с высоким потолком. Моя задача как опытного инженера – удалить огромную тепловую нагрузку и добавить большое количество свежего наружного воздуха, не создавая дискомфорта для сотрудников, все из которых работают, сидя целый рабочий день».*

Для решения этой задачи были опробованы различные решения:

- охлаждение с помощью центрального кондиционера с воздухораспределением потолочными диффузорами. При этом применялись различные типы воздухораспределителей;



■ Рис. 9. Рабочее место с устройством персональной вентиляции

- охлаждение с помощью потолочных охлаждающих балок в комбинации с перемешивающей вентиляцией;
- устройство вытесняющей вентиляции.

Однако все эти решения в той или иной степени приводили к неудовлетворенности сотрудников воздушно-тепловым микроклиматом из-за перепадов температуры по высоте и/или площади помещения и/или повышенной скоростью движения воздуха в помещении.

По инициативе инженеров компании EXHAUSTO было принято решение установить систему персональной вентиляции.

**О персональной системе вентиляции в офисе «Джиске Банк»:**

- оборудовано 59 рабочих мест;
- у каждого рабочего места предусмотрено индивидуальное регулирование расхода наружного воздуха от 0 до 36 м<sup>3</sup>/ч;
- приточные воздухораспределители позволяют изменять эпюру воздушной струи горизонтально и вертикально;
- система персональной вентиляции работает с постоянным давлением;
- зональный регулирующий клапан в каждой ветке служит для поддержания постоянного давления, в результате расход наружного воздуха в каждом приточном воздухораспределителе не зависит от изменений расхода в другом воздухораспределителе, что позволяет пользователям сохранять индивидуальные настройки расхода воздуха.

Существуют примеры реализации систем персональной вентиляции в офисных зданиях и в России.

Компания «ЭкоЭнергоВент СПб» в 2011 году оборудовала свой офис системой персональной вентиляции (рис. 9).

*«Поскольку мы являемся дилерами персональных систем вентиляции EXHAUSTO в России, мы решили испытать данную систему в первую очередь на себе, – рассказывает генеральный директор ООО «ЭкоЭнергоВент СПб» Д.В. Бердиков. – Первое, что хотелось бы отметить: проложить воздуховоды к индивидуальному рабочему месту не сложнее, чем при устройстве обычной системы с воздуховодами в фальшпотолке, а иногда и проще, поскольку нет необходимости работать на высоте. В нашем офисе сборный воздуховод идет в фальшпотолке, от него по стенам мы к каждому рабочему месту спустили вертикальный пластиковый воздуховод 100 × 50 мм, который, скорее, напоминает пластиковые короба*

для прокладки электрических кабелей, а от него пустили прозрачный гибкий круглый воздуховод диаметром 60 мм к приточному воздухораспределителю. Также необходимо отметить, что система персональной вентиляции была интегрирована в существующую систему вентиляции с постоянным расходом, безусловно, с учетом рекомендаций наших датских коллег [9].

Я, как генеральный директор, могу отметить, что система персональной вентиляции продемонстрировала свою экономическую целесообразность в применении за 5 лет прежде всего по следующим причинам:

- повысилась производительность сотрудников. Если раньше к середине рабочего дня, особенно после обеда, у сотрудников появлялась сонливость, то сейчас этот фактор отсутствует за счет подачи свежего воздуха непосредственно в зону дыхания;
- снизилось количество отпусков по болезни. Если раньше один заболевший сотрудник мог заразить значительную часть нашего коллектива, то сейчас, находясь на работе, эпидемий вирусов мы не боимся».

Кроме того, системы персональной вентиляции реализуются и в палатах больниц [12], таким образом решается проблема с размещением инфекционных больных. (Обычно на одного такого больного предусматривается отдельное помещение; при применении систем персональной вентиляции и эффективных вытяжных зонтов в одном помещении могут находиться несколько больных.)

Также существуют технические решения для организации персональной вентиляции в спальнях жилых домов или гостиниц, отелей, при этом возможно в приточный воздухораспределитель встроить устройство для выполнения функции индивидуального источника искусственного освещения (рис. 10).

## Заключение

Системы персональной вентиляции обладают значительным потенциалом реализации в общественных зданиях. В настоящее время разработаны технические решения и серийно производится техническое оборудование, которые позволяют обеспечить экономическую целесообразность применения данных систем.



■ Рис. 10. Устройство персональной вентиляции с функцией освещения в спальне

## Литература

1. P. Ole Fanger. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. – 2003. – № 4.
2. Табунчиков Ю.А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты // АВОК. – 2008. – № 5.
3. Dieckmann J., Cooperman A., Brodrick J. Персональная вентиляция: комфорт и энергосбережение // АВОК. – 2011. – № 4.
4. Наумов А.Л., Капко Д.В. Лучшие отечественные и зарубежные энергоэффективные инженерные системы // АВОК. – 2014. – № 5.
5. Schiavon S., Melikov A.K., Sekhar C. Energy analysis of the personalized ventilation system in hot and humid climates // Energy and Buildings. – 2010. – Vol. 42. – P. 699–707.
6. ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». М., 2011.
7. Наумов А.Л., Капко Д.В. CO<sub>2</sub>: критерий эффективности систем вентиляции // АВОК. – 2015. – № 1.
8. Производительность труда и качество внутреннего воздуха // АВОК. – 2013. – № 6.
9. EXHAUSTO. Personalized ventilation. Project Planning Guide for existing installations.
10. EXHAUSTO. Персональные системы вентиляции: Руководство по проектированию.
11. EXHAUSTO. Опыт применения системы персональной вентиляции. Jyske Bank.
12. Cao G., Taipale A. Indoor environment in the focus of the 10th Ventilation Conference in Paris // REHVA Eur. HVAC J. – 2013. – Vol. 50. – P. 64–65. ○

ООО «ЭкоЭнергоВент СПб»  
<http://ecoenergovent.ru>

