



Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых домах: варианты решения

Н. В. Шилкин, канд. техн. наук, профессор МАРХИ, otvet@abok.ru

Н. А. Шонина, старший преподаватель МАРХИ

Ю. В. Миллер, канд. техн. наук НП «АВОК»

А. Н. Галуша, канд. полит. наук, НП «АВОК»

Ключевые слова: естественная вентиляция, гибридная вентиляция, естественно-механическая вентиляция, смешанная вентиляция

Значительную часть жилого фонда составляют многоэтажные жилые здания, оборудованные системами естественной вентиляции. При такой схеме организации вентиляции воздух поступает в помещения через неплотности наружных ограждающих конструкций и удаляется через вентиляционные каналы в помещениях кухонь, ванных комнат и санузлов. Побуждение движения воздуха происходит за счет гравитационного (за счет разности удельных весов наружного и внутреннего воздуха, обусловленной разностью их температуры, и высоты вентиляционной шахты) и ветрового напора.

О естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах

Основными достоинствами естественной вентиляции, традиционно применяемой в многоэтажных жилых зданиях, являются простота и невысокая ее стоимость, а также практическое отсутствие необходимости ее обслуживания. Но на практике такие системы вентиляции зачастую не работают должным образом и не обеспечивают необходимого воздухообмена.

Неудовлетворительная работа естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах обусловлена

комплексом причин, но основными предпосылками являются:

- 1) фактическое отсутствие притока при установке герметичных окон (со стеклопакетами);
- 2) недостаточная вентиляция в квартирах верхних этажей, обусловленная малой высотой вентиляционной шахты;
- 3) прекращение работы вентиляции при повышении температуры наружного воздуха до $+5-7^{\circ}\text{C}$ и выше;
- 4) нахождение здания в зоне аэродинамической тени.

Это обстоятельство – неудовлетворительная работа естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах – приводит к двум основным проблемам:

1) неудовлетворительное качество микроклимата в квартирах и вызванные этим проблемы с самочувствием и здоровьем жителей, а также с поражением здания грибком, плесенью, что, в свою очередь, также ухудшает здоровье жильцов. У жителей возникает так называемый синдром больного здания (Sick Building Syndrome – SBS);

2) при неработающей вентиляции жильцы проветривают квартиры, открывая окна, что приводит к избыточному проветриванию и перерасходу тепловой энергии на подогрев сверхнормативного расхода воздуха. Квартиры выступают, и тем самым эффект энергосбережения от дополнительного

утепления зданий, от замены окон фактически сводится к нулю.

Рассмотрим возможные способы обеспечения устойчивой работы вентиляции в многоэтажных жилых зданиях при относительно высоких температурах приточного воздуха.

Предпосылки использования гибридной вентиляции

Требования нормативных документов регламентируют обязательное обеспечение требуемого расхода воздуха в течение всего года. В пункте 7.1.3 СП 60.13330.2016 [1] записано, что если параметры микроклимата и качество воздуха в течение года не обеспечиваются вентиляцией с естественным побуждением, следует предусматривать вентиляцию с механическим побуждением. Пункт 7.1.10 того же СП предписывает предусматривать вентиляцию с механическим побуждением для квартир и помещений, в которых при температуре наружного воздуха 5 °С и выше не обеспечивается удаление нормируемого расхода воздуха. Оба этих пункта, 7.1.3 и 7.1.10, входят в перечень обязательных, в результате применения которых обеспечивается выполнение требований ФЗ N384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Кроме того, имеет место пункт 7.1.4 названного выше СП, который указывает, что для жилых и общественных зданий в периоды года, когда параметры микроклимата и качество воздуха не могут быть обеспечены естественной вентиляцией, следует предусматривать механическую вентиляцию с частичным использованием систем естественной вентиляции для притока или удаления воздуха

(в СП она определяется термином «смешанная вентиляция»).

Имеется опыт применения механической вентиляции в многоэтажных жилых зданиях [4]. Вместе с тем специалистам хорошо известны и сложности массового перехода на механическую вентиляцию многоэтажных жилых зданий, особенно эксплуатируемых (переход на механическую вентиляцию при их капитальном ремонте). Наряду с общеизвестными вопросами экономической эффективности, необходимости наличия квалифицированной службы эксплуатации, проблему представляет попытка сохранить типовые вентиляционные блоки (далее – вентблоки) из сборного железобетона. При использовании этих вентблоков чрезвычайно сложно обеспечить достаточную герметичность конструкции [3]. Не очень хорошая герметичность в целом не препятствует нормальной работе естественной вентиляции, однако при использовании механического побуждения за счет вентиляторов, обеспечивающих высокое разрежение, низкая герметичность приводит к колоссальным подсосам воздуха. В результате воздух попадает в воздуховод не через воздухозаборные решетки в квартирах, а через стыки. Так, в МНИИТЭП был проведен эксперимент по реализации гибридной вентиляции в многоэтажных жилых зданиях серии П-44Т/1–17 производства ДСК-1 в Москве, в Очаково. В данном проекте был реконструирован типовой вентблок БВ-49 с тем, чтобы вентиляция четырех верхних этажей осуществлялась за счет механического побуждения, а вентиляция остальных этажей – за счет естественного побуждения. Однако в ходе реализации проекта для получения расчетных расходов воздуха на воздухозаборных решетках верхних этажей



С НАМИ КОМФОРТНО

КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Вентиляционное оборудование
- Кондиционеры
- Чиллеры и фанкойлы
- Увлажнители воздуха
- осушители воздуха
- Системы автоматики



АРКТИКА

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЯ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Москва, улица Тимирязевская, 1, строение 4.

Тел.: (495) 981 1515, (499) 755 1515.

Факс: (495) 981 0117.

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.

Тел.: (812) 441 3530. Факс: (812) 441 3535.

www.ARKTIKA.ru

производительность вытяжных вентиляторов пришлось увеличить вдвое против расчетной все из-за тех же подсосов через неплотности стыков вентблоков.

Проблема обеспечения нормативного воздухообмена в теплый и переходный периоды года может быть решена при применении гибридной вентиляции. Гибридная вентиляция – вентиляция, в холодный период года работающая как естественная за счет гравитационного и ветрового напоров. В теплый и переходный периоды года побуждение движение воздуха обеспечивается механическими устройствами. Необходимо отметить, что попытки реализации подобных схем предпринимались в нашей стране достаточно давно.

Реализация схем гибридной вентиляции в многоэтажных жилых домах и общежитиях возможна как для нового строительства, так и в ходе капитального ремонта, реконструкции, модернизации. Разумеется, помимо обеспечения гарантированной вытяжки, необходимо обеспечить и гарантированный приток, тем более это также прямо требует пункт 7.1.10 указанного выше СП: *«Поступление наружного воздуха в помещения следует предусматривать через специальные приточные устройства в стенах и окнах»*. Подробнее эти аспекты рассмотрены в [5, 9]. При применении указанной системы достигается положительный эффект:

1) обеспечение санитарных нормативных требований по качеству микроклимата квартир в течение всего года;

2) устранение сверхнормативного расхода воздуха и связанного с ней перерасхода тепловой энергии, что позволяет в полной мере получить эффект от утепления зданий;

3) дальнейшее повышение энергетической эффективности зданий – снижение энергопотребления без какого-либо ухудшения качества воздушной среды.

Необходимо специально отметить, что системы гибридной (естественно-механической) вентиляции должны обслуживаться службой эксплуатации здания или специализированной организацией.

О терминологии

В настоящее время терминология в части определения рассматриваемых систем не является общепринятой. Используются термины «гибридная вентиляция», «естественно-механическая вентиляция», смешанная вентиляция. Иногда это приводит к неоднозначности трактовок: так, имели место случаи, когда под смешанной или естественно-механической вентиляцией понималась система с естественным притоком и механической вытяжкой.

Рассмотрим терминологию, определяющую содержание понятий «вентиляция», «естественная вентиляция» и «механическая вентиляция».

Согласно пункту 3.2 СП 60.13330.2016 вентиляция – это *«организация естественного или искусственного обмена воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой или рабочей зонах»* [1].

Согласно пункту 3.3 СТО НП «АВОК» 2.1–2017 вентиляция естественная – это *«организованный обмен воздуха в помещениях под действием теплового (гравитационного) и/или ветрового давления»* [2].

С учетом данных определенных представляется целесообразным ввести термин «вентиляция гибридная (естественно-механическая)» с соответствующим определением: **«Организованный обмен воздуха в помещениях: в холодный период года под действием теплового (гравитационного) и/или ветрового давления; в теплый и переходный периоды года под действием давления, создаваемого вентиляторами»**.

Согласно пункту 3.4 СТО НП «АВОК» 2.1–2017 вентиляция механическая (искусственная) – это *«организованный обмен воздуха в помещениях под действием давления, создаваемого вентиляторами»* [2].

Принципы организации гибридной вентиляции

В системах гибридной вентиляции, по сути, объединяются вентиляция механическая с вентиляцией гравитационной (естественной), что позволяет при одной вытяжной шахте в каждой секции здания при наличии разности температур обеспечить естественную вентиляцию при неработающем вентиляторе, а при отсутствии естественной тяги интенсифицировать ее при пуске вентилятора. Гибридная вентиляция объединяет в себе достоинства естественной вентиляции (легкое обслуживание, энергосбережение, низкий уровень шума) с производительностью механической вентиляции.

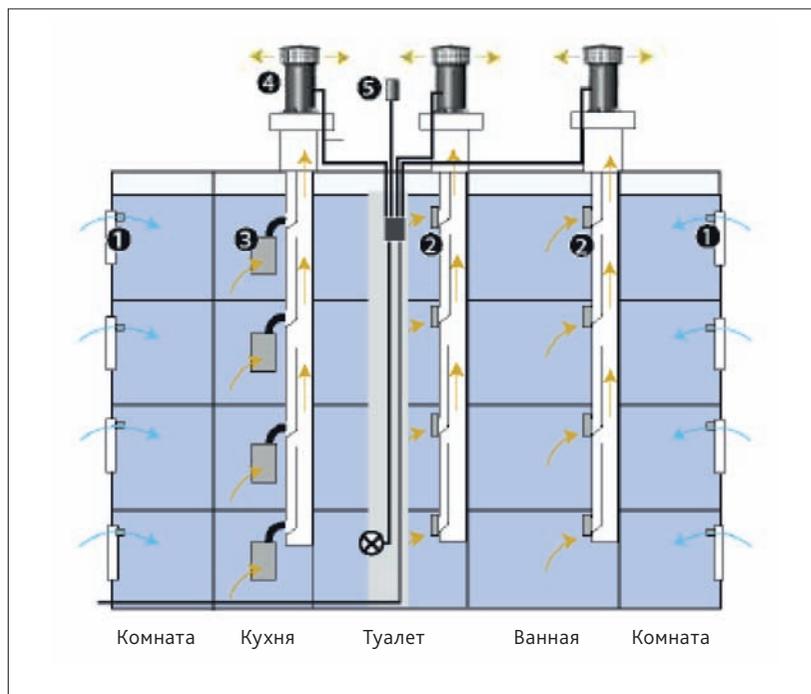
Гибридная (естественно-механическая) вентиляция позволяет использовать существующие

вентиляционные каналы естественной вытяжки, с которыми сопрягается вентилятор низкого давления. Вентилятор используется исключительно для поддержания естественной тяги, обеспечивая гарантированный расход воздуха. Включение может производиться как вручную, так и автоматически, например: посредством датчика температуры или скорости ветра. Наружный воздух поступает через регулируемые приточные устройства, расположенные в жилых помещениях (спальня, гостиная), и далее движется в сторону подсобных помещений (кухня, ванная, туалет), где удаляется через регулируемые вытяжные устройства, сообщающиеся с вентиляционным каналом, подсоединенным к вентилятору.

Гибридная вентиляция удовлетворительно работает в естественном режиме весь холодный период до 5 °С и может

переключаться на механический режим при более высокой наружной температуре или в определенные часы при необходимости исходя из опыта эксплуатации. Например, может обеспечиваться автоматическое включение вентилятора при снижении разрежения ниже допустимого. При выключенном вентиляторе гибридная вентиляция работает как система естественной вентиляции.

Гибридную вентиляцию рекомендуется использовать в том числе в многосекционных зданиях с секциями разной высоты. Чередование этажности секций может привести к опрокидыванию естественной вытяжки в низких секциях, примыкающих к более высоким при определенных направлениях ветра. В таких зданиях необходима вытяжная механическая система вентиляции или гибридная (естественно-механическая) вентиляция.



■ Рис. 1. Схема гибридной вентиляции с низконапорными вентиляторами, устанавливаемыми на оголовки вентиляционного канала: 1 – приточное устройство, 2 – вытяжное устройство в санузлах, 3 – вытяжное устройство на кухне, 4 – вентилятор низкого давления, установленный на оголовке вентиляционной шахты, 5 – датчик температуры наружного воздуха и скорости ветра

Возможны различные способы организации гибридной (естественно-механической) вентиляции:

- низконапорные вентиляторы, устанавливаемые на оголовки вентиляционного канала;
- эжекторная вытяжная установка с осевым вентилятором;
- эжекторная система с высоконапорным вентилятором;
- статодинамические дефлекторы.

В любом случае системы гибридной вентиляции должны быть построены таким образом, чтобы вентиляторы не нарушали естественный гравитационный и ветровой напор.

Гибридная вентиляция с низконапорными вентиляторами, устанавливаемыми на оголовки вентиляционного канала

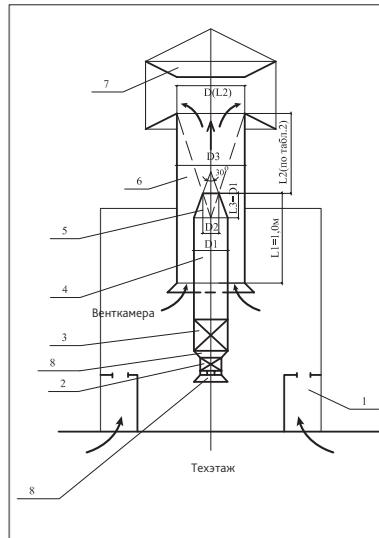
Схема гибридной вентиляции с низконапорными вентиляторами, устанавливаемыми на оголовки вентиляционного канала, приведена на рис. 1. При такой схеме наружный воздух подается в помещения через приточные устройства (1), расположенные в верхней части окна в спальнях и гостиных. И использованный воздух удаляется через вытяжные устройства (2) в санузлах (туалеты и ванные комнаты) и в помещениях кухни (3). Естественный гравитационный и ветровой напоры в случае необходимости дополнительно усиливаются вентиляторами низкого давления (4), установленными на оголовки вентиляционной шахты. Управление работой вентиляторов осуществляется в зависимости от температуры наружного воздуха и скорости ветра по сигналу от датчика (5).

Гибридная вентиляция с эжекторной вытяжной установкой с осевым вентилятором

Схема гибридной вентиляции с эжекторной вытяжной установкой с осевым вентилятором была предложена М. А. Малаховым и описана в ряде статей [6, 7] и других. Расчет схемы представлен в [7]. Схема приведена на рис. 2.

Гибридная естественно-механическая вытяжная система в теплый период года работает за счет эжектора низкого давления – осевого вентилятора, установленного в общей вытяжной шахте в каждой секции дома. При этом остаются все индустриальные элементы здания (вентблоки, теплый чердак и общая вытяжная шахта). Управление осевым вентилятором эжектора может быть осуществлено по определенной программе или графику работы дистанционно, из помещения консьержа. Электродвигатель вентилятора должен быть укомплектован регулятором переключения скоростей.

В этой конструкции происходит дополнительная эжекция воздуха из объема теплого чердака при работающем вентиляторе, и при отключении его обеспечивается естественная вытяжка за счет гравитационного давления и ветрового с помощью дефлектора (см. рис. 2). На общей вытяжной шахте секции дома имеется дефлектор (7) для использования давления ветра и защиты шахты от осадков. Внутри шахты (в стволе дефлектора) установлен патрубок (эжектор низкого давления) (4) с осевым вентилятором (2). В патрубке сделана крестообразная перегородка (3) – выпрямитель потока воздуха после осевого



■ Рис. 2. Схема эжекторной вытяжной установки: 1 – шумоглушитель; 2 – осевой вентилятор; 3 – выпрямитель потока; 4 – патрубок эжектора; 5 – сопло эжектора; 6 – ствол дефлектора; 7 – дефлектор; 8 – переходы

вентилятора для уменьшения потерь в камере смешения, которой является сама шахта.

В данной установке эжектором является патрубок (4) с плавно поджатым соплом (5). Вытяжной воздух из объема теплого чердака поступает через шумоглушители в венткамеру. В естественном режиме воздух удаляется через кольцевое сечение (F_k). При включении вентилятора воздух (рабочий L_1 , м³/ч) подается через сопло, и струя со значительной скоростью 15–16 м/с увлекает – эжектирует – вторичный воздух L_2 через кольцевое сечение ($F_k = F_3 - F_1$). Ствол дефлектора (6) служит камерой смешения, в которой происходит передача энергии от потока первичного воздуха L_1 к потоку вторичного L_2 воздуха путем их турбулентного смешения. Запас кинетической энергии в струе

должен быть достаточным, чтобы преодолеть сопротивление сети как на линии всасывания, так и на линии нагнетания [7].

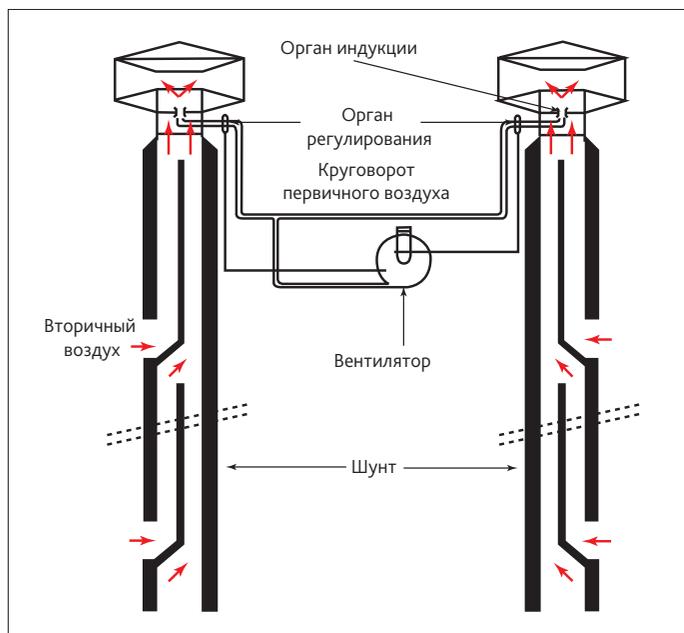
Гибридная вентиляция с эжекторной системой с высоконапорным вентилятором

Эжекторная система с высоконапорным вентилятором описана в [8]¹. Схема приведена на рис. 3. Такая система состоит из обычной традиционной системы естественной вентиляции, статических дефлекторов, одного высоконапорного вентилятора, системы воздухопроводов и эжектирующих насадок, которые устанавливаются внутри вентиляционных стволов в местах крепления дефлекторов. Вышедшая из сопла струя воздуха устремляется по вертикальной оси вентиляционного канала вверх с большой скоростью (обычно 30–50 м/с) и увлекает с собой вверх воздух из нижней части вентиляционного канала. В результате обмена энергии между быстрыми и медленными струйками воздуха скорость воздуха в канале ниже сопла увеличивается, скорость воздуха в струе падает, общий расход воздуха в вентиляционном канале увеличивается в несколько раз.

Гибридная вентиляция со статодинамическими дефлекторами

Описание этой схемы приведено в [11]. Статодинамические дефлекторы (рис. 4) являются комбинированным средством ветрового и механического побуждения естественной вентиляции.

¹ В оригинальной публикации используется термин «эжекционная система». В настоящей статье использован термин «эжекторная» для обеспечения единой терминологии: хронологически в более ранних публикациях М. А. Малахова был использован именно он. – Прим. ред.



■ Рис. 3. Эжекторная система с высоконапорным вентилятором

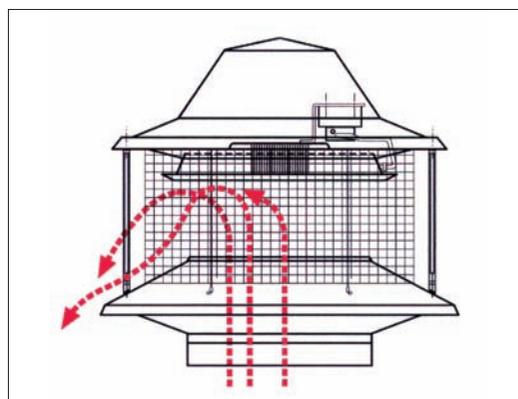
Статодинамический дефлектор при выключенном электродвигателе обладает техническими характеристиками статического дефлектора того же номинального диаметра и создает разрежение, равное сумме гравитационного и ветрового давлений. При включенном электродвигателе он не нарушает аэродинамику вентиляционного канала и создает разрежение, равное сумме гравитационного давления и напора вентилятора (до 35 Па). Таким

В настоящее время НП «АВОК» разрабатывает рекомендации «Руководство по расчету регулируемой естественной и гибридной вентиляции в многоэтажных жилых домах» (название рабочее). В рекомендациях предполагается методика аэродинамического расчета регулируемой естественной и гибридной вентиляции, а также разработка программы, реализующей методику расчета. Авторы будут благодарны за замечания и дополнения по статье.

образом, в тех случаях, когда гравитационное и ветровое давления в сумме достаточны для нормальной работы естественной вентиляции (весь отопительный период, ночи в переходные периоды, периоды похолодания или ветреной погоды), вентилятор может быть отключен. Техническое обслуживание, ремонт и замена статодинамического дефлектора не приводят к нарушению работы системы естественной вентиляции.

Литература

1. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». М., 2016.
2. СТО НП «АВОК» 2.1-2017 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена». М., 2017.
3. Бобровицкий И. И., Шилкин Н. В. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых зданиях // АВОК. – 2010. – № 3. – С. 16–23.
4. Колубков А. Н., Никитин С. Г., Шилкин Н. В. Опыт проектирования и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования новых



■ Рис. 4. Статодинамический дефлектор

многоэтажных жилых зданий и многофункциональных высотных комплексов Москвы // АВОК. – 2006. – № 1. – С. 14.

5. Кривошеин А. Д. Обеспечение регулируемого притока в зданиях: проблемы и решения // АВОК. – 2018. – № 4. – С. 32.
6. Малахов М. А. Системы естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплым чердаком // АВОК. – 2006. – № 7. – С. 8.
7. Малахов М. А. Опыт проектирования естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками // АВОК. – 2008. – № 6.
8. Харитонов В. П. Естественная вентиляция с побуждением // АВОК. – 2006. – № 3. – С. 46.
9. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В., Галуша А. Н. Оценка времени работы регулируемой вентиляции в жилых зданиях // АВОК. – 2018. – № 3. – С. 28.
10. Применение систем механической вентиляции в жилых зданиях // АВОК. – 2015. – № 8. – С. 22.
11. Вентиляция помещений многоэтажных жилых зданий // АВОК. – № 5. – 2000.
12. Табунщиков Ю. А. Экологическая безопасность жилища // АВОК. – 2007. – № 4.
13. Бродач М. М. Вентиляция и сертификация – основы экологической безопасности жилища // АВОК. – 2017. – № 1. ■