



# Система вентиляции жилых многоквартирных зданий: «опрокидывание» вытяжных каналов

А. Д. Кривошеин, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО СибАДИ, gshomsk@mail.ru

**Ключевые слова:** вентиляция, жилые здания, приточные устройства, вытяжные каналы, расход воздуха

Организованный воздухообмен – вентиляция – является основным способом обеспечения чистоты воздуха в квартирах жилых зданий. От качества и надежности работы вентиляции зависят комфортность проживания, здоровье людей, сохранность и долговечность конструкций здания (Р НП АВОК 5.2–2012 [1]). В представленной статье рассматривается ряд аспектов нарушения устойчивой работы систем вентиляции с естественным побуждением, характерных для многих жилых многоквартирных зданий.

## Введение

Системы вентиляции жилых многоквартирных зданий в РФ проектируются и строятся в подавляющем большинстве случаев как системы с естественным побуждением. Причины понятны: с одной стороны, простота устройства и невысокая стоимость реализации, с другой – многолетний опыт проектирования подобных систем.

Системы с естественным побуждением включают, как правило, вытяжные вентиляционные каналы, располагаемые на кухне и в санузлах, и элементы приточных устройств. Если 20 и более лет

тому назад в качестве устройств для притока воздуха рассматривались в основном открывающиеся фрамуги и форточки окон [2–4], то в последнее время в проектах зданий закладываются специальные приточные устройства – оконные или стеновые клапаны [5–8].

Движение воздуха в этих системах предусматривается за счет тепловых (гравитационных) и ветровых перепадов давлений.

В реальной жизни (по мере заселения жилого дома) первоначальная система вентиляции постепенно меняется. К вытяжным каналам присоединяются кухонные вытяжки, в вытяжные каналы

санузлов устанавливаются осевые вентиляторы, обратные клапаны и другое оборудование. И система вентиляции, изначально запроектированная как система с естественным побуждением движения воздуха, превращается в смешанную систему – частично с механическим удалением воздуха, частично с естественным побуждением, а в некоторых случаях и с децентрализованным механическим притоком или вообще без организованного притока воздуха [7, 8].

Последствия – многочисленные нарушения работы вентиляции, проявляющиеся

в недостаточном воздухообмене, повышенной влажности внутреннего воздуха, перетекании воздуха между квартирами различных этажей, появлении неприятных запахов, поступлении в квартиры по вытяжным каналам наружного холодного воздуха и т.п.

В общем случае, понятие «нарушение работы систем вентиляции» включает широкий круг вопросов, связанных с отклонением режима работы системы вентиляции на стадии эксплуатации здания от проектного режима, в частности:

- нарушение работы систем естественной вентиляции вследствие недостаточного притока;
- перетекание воздуха из одних квартир в другие вследствие подключения к вытяжным вентиляционным каналам бытовых вентиляторов и/или кухонных вытяжек;
- понижение температуры теплого чердака вследствие ошибок проектирования (или строительства);
- поступление грязного воздуха из вытяжных каналов в квартиры вследствие ветровых воздействий, перетекание воздуха через лестничную клетку и входные двери квартир и др.

В данной статье предлагается рассмотреть одно из достаточно распространенных явлений, так называемое «опрокидывание» вытяжных вентиляционных каналов систем естественной вентиляции с поступлением наружного холодного воздуха по одному из вытяжных каналов в квартиру [7].

Именно эти нарушения работы системы естественной вентиляции вызывают наибольшее количество нареканий. «Опрокидывание» вентиляционных каналов

сопровождается понижением температуры воздуха в тех помещениях, в которые поступает холодный воздух, выпадением конденсата (вплоть до появления изморози на поверхности строительных конструкций), иногда замерзанием («перехватыванием») трубопроводов холодного водоснабжения.

На стадии эксплуатации жильцы пытаются закрывать вытяжные решетки, через которые в квартиру поступает холодный воздух, утепляют стенки каналов, закрывают их облицовкой. В отдельных случаях строительные компании надстраивают «опрокинутые» каналы, пытаются увеличить располагаемый перепад давлений. Но, как правило, все эти решения не дают результата – либо вытяжной канал исключается из работы со всеми вытекающими последствиями, либо «опрокидываются» другие каналы.

Определенная «загадочность» явления дополняется еще и тем, что в квартирах, имеющих несколько вытяжных вентиляционных каналов, может «опрокидываться» то один, то другой канал.

## Физика процессов

Физические причины описанного явления на сегодняшний день понятны и достаточно детально рассмотрены в ряде публикаций [7–9].

Основная причина – большое сопротивление воздухопроницающим ограждающим конструкциям при отсутствии какого-либо организованного притока или применение приточных устройств с большим аэродинамическим сопротивлением. Недостаточный приток воздуха в квартиры обуславливает изменение распределения перепадов давлений,



Ганс Östberg создал первый в мире канальный центробежный вентилятор, в результате получивший наименование СК. Это явилось настоящим событием в мире вентиляции и до сих пор СК является инженерной концепцией, признанной по всему миру.

*«ÖSTBERG» — это не просто имя производителя, это характеристика, говорящая о прекрасных свойствах вентиляционной техники. Каждый вентилятор этой компании можно без преувеличения назвать изобретением. У каждой модели есть своя история, свое лицо, свое назначение. Да, они разные, но есть то, что всех их объединяет между собой. Все они идеально отлажены, эффективны, надежны и долговечны. Приобретая «ÖSTBERG», приобретаешь уверенность.*



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](http://www.ARKTIKA.ru)

что при определенных условиях и приводит к нарушению работы системы вентиляции.

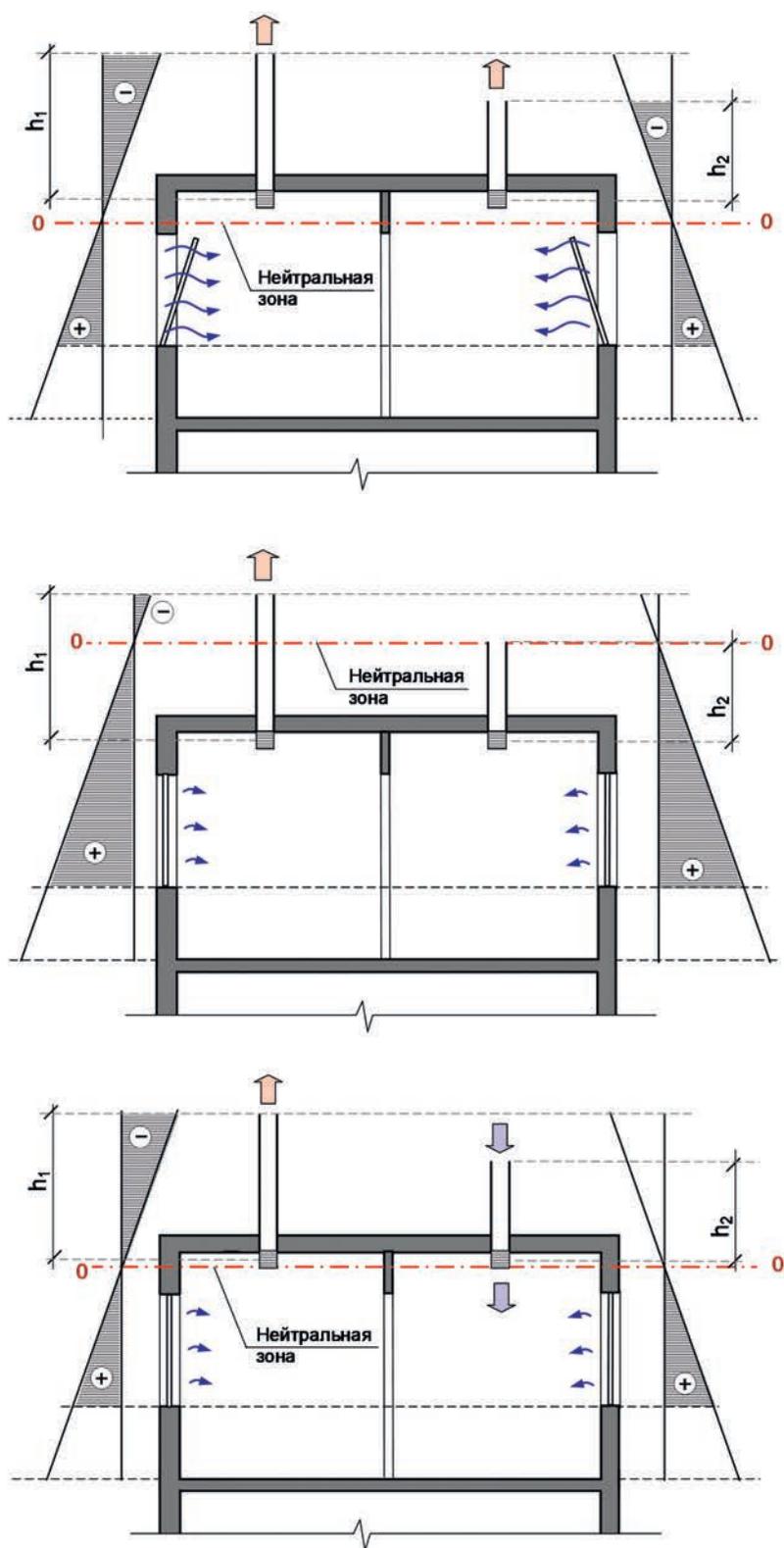
В качестве иллюстрации можно привести распределение перепадов давления в квартире верхнего этажа многоэтажного здания на основе известной теории нейтральной зоны [5].

Положение нейтральной зоны определяется соотношением аэродинамических сопротивлений элементов системы вентиляции на притоке и вытяжке (рис. 1). В общем случае при наличии открытых форточек (сопротивление на притоке минимальное) нейтральная зона располагается чуть выше окна (рис. 1, а). При увеличении сопротивления на притоке расход приточного воздуха уменьшается, вытяжные каналы создают определенное разрежение в помещении, и нейтральная зона приподнимается вверх (рис. 1, б).

Крайнее положение характеризует уже неустойчивое состояние системы вентиляции – нейтральная зона находится недалеко от устья каналов, расход удаляемого воздуха незначителен во всех вытяжных каналах.

Если вытяжные каналы имеют разные отметки, то при выходе нейтральной зоны за пределы оголовка одного из каналов – он «опрокидывается» и заполняется холодным воздухом, который начинает поступать в помещение. При этом положение нейтральной зоны изменяется – она опускается вниз, и система вентиляции переходит в новое устойчивое состояние (рис. 1, в).

При равной высоте оголовков «опрокидывание» того или иного канала будут обуславливать уже дополнительные факторы (зачастую случайные): ветровые воздействия (срыв струи с оголовка вентиляционного канала), разница



■ Рис. 1. Расположение нейтральной зоны при изменении (уменьшении) расхода приточного воздуха: а – при открытых окнах, б – при закрытии окон (приточных клапанов), в – при «опрокидывании» одного из вентиляционных каналов

температур удаляемого воздуха из помещений квартиры, в которых расположены вытяжные каналы (например, кухня или санузел), и даже локальное по времени изменение распределения давлений внутри квартиры (например, вследствие открытия входной двери).

Данная проблема ранее рассматривалась в журнале «АВОК» [8], при этом отмечалась необходимость исследования воздушного режима здания как динамической системы и приводился пример с включением вытяжных вентиляторов и изменением распределения давлений во времени при переходе из одного состояния системы в другое. Бесспорно, динамическое моделирование систем вентиляции представляет большой интерес, и прежде всего именно в части оценки влияния различных факторов на изменение режима работы системы вентиляции, находящейся в неустойчивом состоянии. Но это изменение может происходить и без какого-либо участия вентиляторов – под действием естественных причин, обуславливающих переход системы из одного неустойчивого (но стационарного) состояния в другое – более устойчивое (и тоже стационарное) состояние.

В данном случае представляется более правильным говорить не о динамическом моделировании – изменении состояния системы во времени, а об имитационном моделировании – проведении на построенной модели экспериментов с целью описания наблюдаемых результатов или предсказания будущих результатов.

В этой же связи необходимо прояснить и вопрос с нестационарностью процессов

воздухораспределения. Понятно, что распределение воздуха в системах вентиляции здания постоянно меняется и называть его стационарным в полном понимании этого термина неправильно. Например, воздействие ветра, изменение температуры наружного или внутреннего воздуха, открытие форточек и т.п. приводит к изменению распределения расходов, давлений воздуха на отдельных участках. Инерционность системы вентиляции относительно невелика, ее состояние может меняться очень быстро, и, соответственно, математическое моделирование и определение границ нарушения режима устойчивой работы систем вентиляции вполне можно описывать, рассматривая ряд последовательных стационарных (квазистационарных) состояний, что и предполагает имитационное моделирование.

### Математическое описание процессов «опрокидывания» вытяжных каналов

Один из известных подходов математического описания распределения давлений и расходов воздуха в системах вентиляции, который уже можно считать классическим, заключается в представлении здания как сложной аэродинамической сети, состоящей из узлов, соединенных между собой связями, характеризующими сопротивление ограждающих конструкций, вентиляционных каналов, приточных и вытяжных решеток, клапанов и других элементов [3, 4, 6, 10].

Движение воздуха по отдельным участкам аэродинамической сети описывается нелинейными уравнениями, отражающими взаимосвязь между перепадом

давлений и расходом воздуха через тот или иной элемент.

Известен достаточно большой ряд работ в данной области, отличающихся представлением напорно-расходных характеристик отдельных вентиляционных элементов, методами решения систем нелинейных уравнений и др. [3, 4, 9, 10].

Например, для вентиляционных каналов в большинстве работ применялась (и применяется) зависимость [3, 4]

$$\Delta P_i = s_i \times G_i^2, \quad (1)$$

где  $\Delta P_i$  – разность давлений в отдельных узлах, Па;

$G_i$  – расход воздуха по  $i$ -му участку сети, кг/ч;

$s_i$  – характеристика сопротивления  $i$ -ого участка сети,  $\text{Па} \times \text{ч}^2 / \text{кг}^2$  [3].

Для ряда воздухопроницаемых элементов (двери, окна, клапаны) предлагалась степенная зависимость [4, 9]

$$\Delta P_i = s_i \times G_i^\beta, \quad (2)$$

где  $\beta$  – показатель фильтрации.

В последних работах по данной проблеме [10] аппроксимацию напорно-расходных характеристик вентиляционных элементов предлагается проводить уже в виде полинома, позволяющего описать практически любую характеристику вентиляционных элементов, в том числе вентиляторов с седлообразной характеристикой, приточных клапанов с авторегулированием и др.

$$\Delta P_i = s_{i,1} \times G_i + s_{i,2} \times G_i^2 + s_{i,3} \times G_i^3 + \dots + s_{i,k} \times G_i^k. \quad (3)$$

Аналогичным образом записываются уравнения, характеризующие тепловые и ветровые перепады давлений [4, 6, 10].

Задача моделирования воздухораспределения в конечном

**Характеристики сопротивления  $s_r$  и показатели режима фильтрации  $\beta$  некоторых элементов систем естественной вентиляции\***

№ п/п	Описание элемента	$s_r$ , Па·ч <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>	$\beta$
1	Оконный блок в отдельных деревянных переплетах с уплотнением притворов шерстяным шнуром (размеры блока 1,5×1,5 м)	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1,6
2	Оконный блок в переплетах из ПВХ-профилей по ГОСТ 30674–99	4,9	1,8
3	Открытая форточка размером 0,2×0,2 м	$4,8 \cdot 10^{-5}$	2
4	Стеновой вентиляционный клапан СВК В-75: – в открытом состоянии при $\Delta P \leq 12$ Па – в открытом состоянии при $\Delta P > 12$ Па	$2,1 \cdot 10^{-2}$ $3,1 \cdot 10^{-7}$	1,9 6,0
5	Стеновой вентиляционный клапан КИВ-125: – в открытом состоянии – в закрытом состоянии	$1,9 \cdot 10^{-2}$ $126 \cdot 10^{-2}$	1,8 1,9
6	Оконный клапан ЕММ 3–30 Aereco: – в открытом состоянии – в закрытом состоянии	$1,9 \cdot 10^{-2}$ $22,3 \cdot 10^{-2}$	1,8 1,9
7	Вентиляционный канал сечением 140×140 мм длиной 5 м – при расходе воздуха 50 м <sup>3</sup> /ч – при расходе воздуха 10 м <sup>3</sup> /ч	$2,9 \cdot 10^{-4}$ $6,1 \cdot 10^{-5}$	2 2

\* По данным [9].

счете сводится к составлению системы нелинейных уравнений типа (1) – (3) или их аналогов по расчетной схеме системы вентиляции и к последующему решению системы уравнений с использованием различных математических методов.

Не вдаваясь в описание тонкостей моделирования, представляется интересным рассмотреть пограничные состояния систем вентиляции с естественным побуждением при изменении характеристик сопротивления приточных устройств.

В качестве примера в таблице приведены значения характеристик сопротивления некоторых элементов систем вентиляции, полученные путем аппроксимации результатов испытаний (или расчетных зависимостей) по формуле (2). Даже поверхностный анализ (см. табл.) показывает, что при регулировании воздухообмена на стадии эксплуатации здания величина характеристик сопротивлений может существенно (на несколько порядков!) изменяться.

### Литература

1. Р НП АВОК 5.2–2012. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2012.
2. Ливчак И. Ф. Вентиляция многоэтажных жилых домов. М.: Госиздат архитектуры и градостроительства, 1951.
3. Константинова В. Е. Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности. М.: Стройиздат, 1969.
4. Гинцбург Э. Я. Расчет отопительно-вентиляционных систем с помощью ЭВМ. М.: Стройиздат, 1979.
5. Ливчак И. Ф., Наумов А. Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. 134 с.
6. Малявина Е. Г., Бирюков С. В., Дианов С. Н. Воздушный режим жилых зданий. Учет влияния воздушного режима на работу системы вентиляции жилых зданий // АВОК. – 2003. – 6. – С. 14–21.
7. Кривошеин А. Д., Андреев И. В. Особенности проектирования систем естественной вентиляции с вертикальными сборными каналами // Проектирование и строительство в Сибири. – 2008. – № 6. – С. 50–55.
8. Волов Г. Я. Устойчивость работы систем естественной вентиляции многоквартирных жилых зданий // АВОК. – 2014. – № 1. – С. 30–37.
9. Кривошеин А. Д. Прогнозирование работы систем естественной вентиляции жилых зданий с организованным притоком воздуха // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 4. – С. 43–52.
10. Кривошеин М. А. Прогнозирование работы систем вентиляции жилых многоквартирных зданий с децентрализованным механическим удалением воздуха // Вестник СибАДИ. – 2017. – № 4–5 (56–57). – С. 116–126.
11. Рекомендации АВОК 5.4.1–2018. Расчет и проектирование регулируемой естественной и гибридной вентиляции в многоэтажных жилых домах. М.: АВОК-ПРЕСС, 2018. [□](#)

*Окончание читайте  
в следующем номере.*