

23. Belyaev N.M. Soprotivlenie materialov [Resistance of materials]. Moscow. Nauka, 1965. 856 p.

24. Gulvanesyan Ch., Formici P., Kalgaro J.-A., Harding D. Rukovodstvo dlja proektirovshchikov k Evrokodu 1 [Guidance for designers to Eurocode 1: Impacts on structures. Standards EN 1991-1-1 and 1-3-1-7] Moscow. MGSU, 2011. 340 p.

25. Krasnoshchekov Yu.V. Prochnost i nadezhnost shponochnyh chvov [Durability and reliability of keyways]. *Vestnik SibADI*, 2015, no. 3 (43). pp. 46-51.

26. SP 63.13330.2012. Betonnye i gelezobetonnnye konstrukcii. Osnovnye pologenija. Aktualizirovannaja redakcija SNIIP 52.01.2003 [Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. Updated version of SNIIP 52.01.2003]. Moscow. 2013. 156 p.

27. Rekomendazii po zashchite zdaniy s nesushchimi kirpichnymi stenami pri chrezvychajnykh situacijach [Recommendations for the protection of residential buildings with load-bearing brick walls in emergency situations]. Moscow. Moscomarchitectura. 2002. 14 p.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

*Краснощеков Юрий Васильевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).*

*Yuri V. Krasnoshchekov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, Omsk «SibADI». (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: uv1942@mail.ru).*

УДК 697.92: 628.83

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ УДАЛЕНИЕМ ВОЗДУХА**

*М. А. Кривошеин  
ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия*

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые аспекты прогнозирования работы систем вентиляции жилых многоквартирных зданий с децентрализованным механическим удалением воздуха и естественным притоком. Представлены физическая и математическая модели системы вентиляции жилого многоквартирного здания с децентрализованным механическим удалением воздуха и алгоритм расчета подобных систем. Приведены результаты расчетов системы вентиляции двухкомнатной квартиры верхнего этажа многоквартирного жилого дома и системы вентиляции десятиэтажного жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха.

**Ключевые слова:** вентиляция, аэродинамический расчет, децентрализованное удаление воздуха, приточные клапаны

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Системы вентиляции зданий, в вытяжных каналах которых устанавливаются индивидуальные вентиляторы, принято называть системами вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха [1] (по терминологии АВОК - системы механической вытяжной вентиляции с индивидуальными вентиляторами [2]).

Аэродинамический расчет подобных систем, как правило, заключается в подборе вентиляторов по требуемому расходу воздуха и потерям давления в сети [2]. При этом все вентиляторы принимаются с одинаковыми характеристиками, а сопротивление приточных устройств (если оно учитывается) – считается постоянным во времени.

Однако на практике режим работы подобных систем вентиляции существенно отлича-

ется от проектного. В частности, включение и выключение индивидуальных вентиляторов осуществляется по потребностям отдельных пользователей, характеристики вентиляторов различных квартир могут существенно отличаться от проектных, сопротивление на притоке изменяется при регулировании (открытии-закрытии) приточных устройств, не говоря уже об открытии форточек или створок окон. Как следствие – несоответствие фактических расходов на отдельных участках сети проектным значениям, перетекание воздуха между квартирами различных этажей, ухудшение работы системы вентиляции в целом.

Цель данной статьи – рассмотрение задачи расчета систем вентиляции с децентрализованным удалением воздуха, анализ ряда закономерностей распределения расходов воздуха в сети вентканалов при различных режимах работы индивидуальных вентиляторов и изменения характеристик отдельных элементов системы на стадии эксплуатации.

### **ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

В общем случае постановка задачи может быть сформулирована следующим образом. Система вентиляции жилого многоквартирного здания включает сеть вытяжных вентиляционных каналов, в которые встроены индивидуальные вентиляторы с известными характеристиками, приточные вентиляционные устройства, предназначенные для регулируемого притока воздуха, ограждающие конструкции (окна, двери, наружные и внутренние стены) с определенной воздухопроницаемостью.

Воздухообмен помещений осуществляется в результате притока воздуха через приточные клапаны и неплотности ограждающих конструкций, удаление воздуха – через вытяжные вентиляционные каналы. Перетекание воздуха между отдельными помещениями (квартирами) является частным случаем и определяется конструктивным решением вентиляционных каналов, характеристиками применяемых вентиляторов, воздухопроницаемостью ограждающих конструкций (стены, окна, входные двери и т.п.).

Принципиальная схема систем вентиляции, характеризующая общую постановку задачи, представлена на рис. 1.

Сложность задачи заключается в необходимости учета возможного изменения отдельных параметров сети в процессе эксплуатации, как внешних, например, температуры наружного

воздуха, скорости и направления ветра, так и внутренних – закрытия (открытия) приточных клапанов, створок оконных блоков, включения или выключения отдельных вытяжных вентиляторов с учетом изменения их эксплуатационных характеристик.

В качестве допущений принято, что сеть воздухопроводов герметична, температуры воздуха внутри здания и снаружи постоянны, аэродинамическое сопротивление ограждающих конструкций внутри квартиры (межкомнатные перегородки, двери) равно нулю.

Решение задачи рассмотрено на основе теории гидравлических цепей с учетом известных подходов [3,4].

Отдельные помещения рассматриваются в виде узлов (блоков), соединенных между собой связями, характеризующими сопротивление ограждающих конструкций, вентиляционных каналов, приточных или вытяжных решеток, клапанов и др. элементов системы вентиляции. К узлам, под воздействием перепада давлений, подходит и уходит определенное количество воздуха. При этом воздушный баланс каждого из узлов остается нулевым (количество поступившего воздуха равно ушедшему).

Узлами сети в данном случае являются отдельные квартиры, а также точки слияния и деления потоков воздушной среды. Окружающая среда принимается в качестве мнимого узла.

Движение воздуха по рассматриваемой сети описывается уравнениями вида [5, 6]

$$P_k - P_m = s_i \cdot G_i^\beta, \quad (1)$$

где  $P_k, P_m$  – давление в отдельных помещениях (узлах), Па;  $G_i$  – расход воздуха по  $i$ -му участку сети между узлами  $k$  и  $m$ , кг/ч;  $s_i$  – характеристика сопротивления  $i$ -ого участка сети, Па $\times$ (ч/кг) $^b$ ;  $b$  – показатель фильтрации.

Если конструкция непосредственно граничит с наружным воздухом, то в уравнении (1) фигурирует давление наружного воздуха на уровне данной конструкции  $P_{ext,i}$  и давление в рассматриваемом помещении  $P_{m,i}$

$$P_{ext,i} - P_m = s_i \cdot G_i^\beta. \quad (2)$$

Для участков сети, включающих вентилятор

$$P_k - P_m + P_{вент} = s_i \cdot G_i^\beta, \quad (3)$$

где  $P_{вент}$  – давление (напор), создаваемый вен-

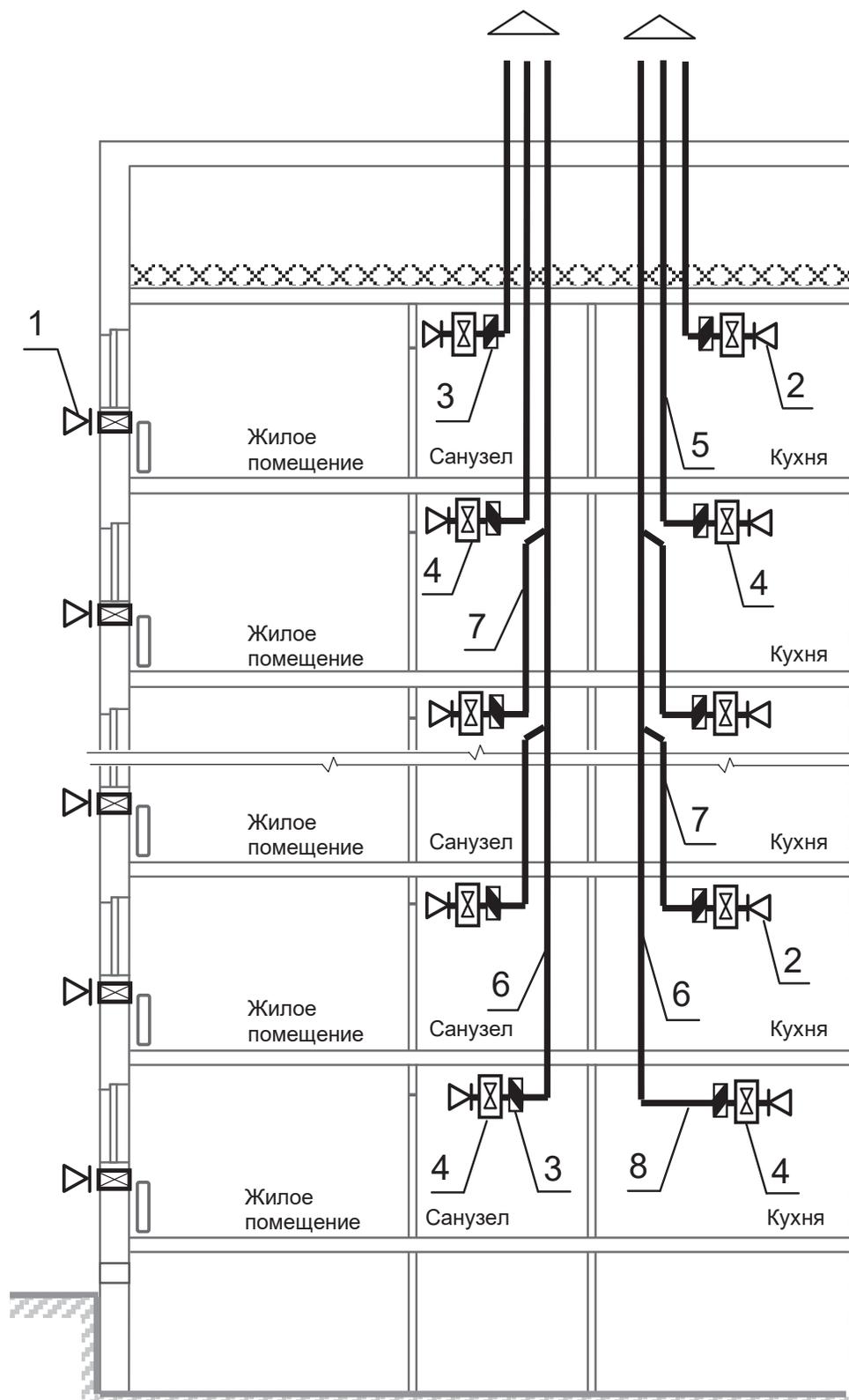


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы вентиляции жилых зданий с децентрализованным механическим удалением воздуха посредством индивидуальных вытяжных вентиляторов:  
 1 – приточное вентиляционное устройство; 2 – вытяжная вентиляционная решетка;  
 3 – обратный клапан; 4 – вытяжной вентилятор; 5 – вертикальный вентиляционный канал;  
 6 – сборный вентиляционный канал; 7 – канал-спутник;  
 8 – горизонтальный вентиляционный канал (воздуховод)

тилятором, Па, определяемый по результатам испытаний.

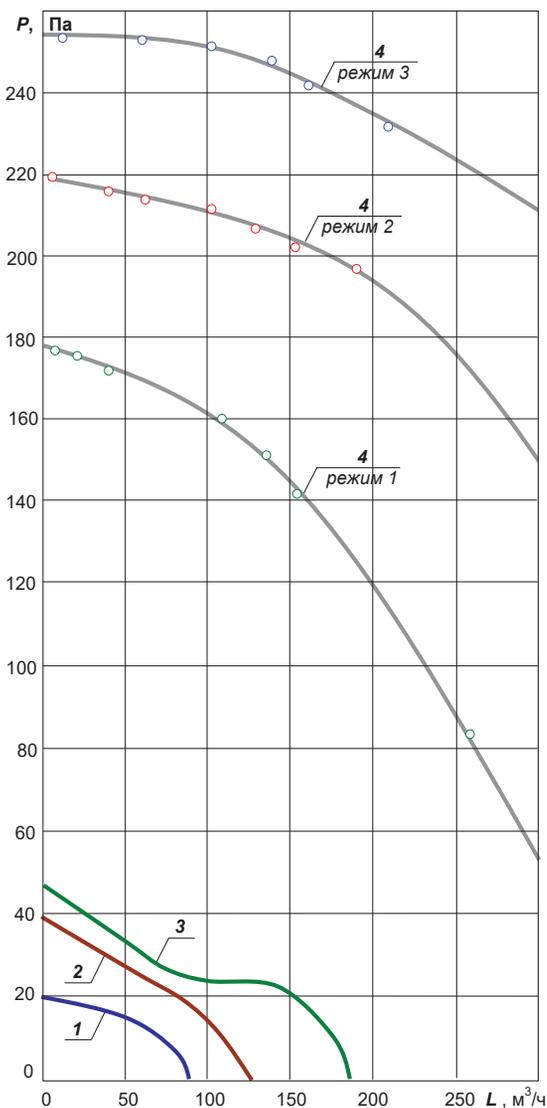
Число уравнений типа (1) – (3) определяется по расчетной схеме системы вентиляции здания и равно общему количеству связей, сходящихся в узлах [3, 4].

Характеристики сопротивлений вентиляционных каналов, решеток, приточных клапанов, окон, дверей и др. элементов принимаются по справочным данным или результатам испытаний [1, 7–9].

Для аппроксимации зависимостей «давление – расход воздуха» приточных или вытяжных устройств, окон и др. предложены формулы на основе известного алгебраического многочлена [3]

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n (s_i \cdot G^i) \quad (4)$$

Для вентиляторов выражение (4) предложено записывать в виде



$$P_e = s_0 + \sum_{i=0}^n (s_i \cdot G^i), \quad (5)$$

где  $s_0$  – нулевой коэффициент, соответствующий давлению вентилятора при нулевом расходе.

Следует отметить, что характеристики вентиляторов, установленных в одной сети, могут существенно отличаться друг от друга, особенно заметно отличие в характеристиках бытовых вентиляторов и кухонных вытяжек.

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты испытаний индивидуальных вентиляторов и кухонных вытяжек некоторых производителей, а также результаты испытаний некоторых приточных клапанов).

Математическая модель воздушного режима здания, в конечном счете, сводится к системе нелинейных уравнений, составленных по пространственной расчетной схеме системы вентиляции.

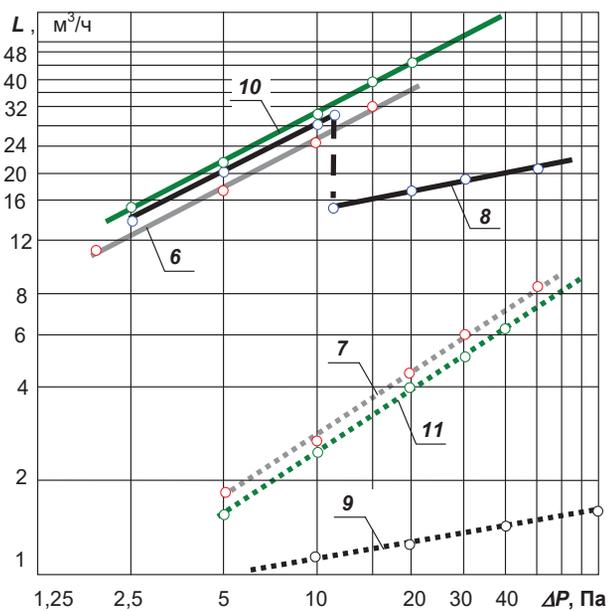


Рисунок 2 – Характеристики некоторых вытяжных вентиляторов (а) и приточных устройств (б):  
1 – вентилятор BF 100 (Systemair);  
2 – вентилятор ВЕНТС 100 Турбо (ВЕНТС);  
3 – вентилятор MF 120/5" (Vortice);  
4 – вентилятор MF 150/6" (Vortice);  
5 – кухонная вытяжка «Shindo domestic» при различных режимах работы вытяжного вентилятора;  
6 – оконный клапан ЕММ 3-30 «Аересо»;  
7 – то же в закрытом состоянии;  
8 – стеновой клапан СВК В-75;  
9 – то же в закрытом состоянии;  
10 – стеновой клапан КИВ-125;  
11 – то же в закрытом состоянии

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Составление системы уравнений осуществляется на основе графа системы вентиляции с указанием ветвей, узлов, расположения источников давления (вентиляторов) и предварительным заданием направления движения воздуха.

После создания графа геометрические свойства схемы соединений графа выражаются в виде системы уравнений, связывающих матрицы: инцидентий ( $A$ ), циклов ( $B$ ), расходов ( $G$ ), сопротивлений ( $S$ ), источников давления ( $P$ ) [3,4]:

$$\left. \begin{aligned} A \cdot G &= 0; \\ B \cdot s &= B \cdot P. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Матрица инцидентий  $A$  представляет собой связь ребер (участков) и вершин (узлов) графа:

Вершины $j$	Ребра $i$			
	1	2	...	$p$
1	$A$			
2				
...				
$g-1$				

Матрица циклов  $B$  представляет собой связь ребер (участков) и циклов графа:

Циклы $c$	Ребра $i$			
	1	2	...	$p$
1	$B$			
2				
...				
$k = p - g + 1$				

Матрицы расходов  $G$  и действующих давлений  $P$  имеют одностолбцовый вид:

$$G = \begin{bmatrix} G_1 \\ G_1 \\ \dots \\ G_n \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{bmatrix}$$

Матрица сопротивлений  $s$  имеет диагональный вид и выглядит следующим образом:

$$s = \begin{bmatrix} \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^4) & & & \\ & \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^4) & & \\ & & \dots & \\ & & & \sum(s_{n,i} \cdot G_{n,i}^4) \end{bmatrix}$$

В качестве примера на рис.3 приведена схема простейшей системы вентиляции, квартиры, расположенной на верхнем этаже многоэтажного здания и её расчетный граф. Приток воздуха осуществляется через два приточных клапана, расположенных в противоположных стенах квартиры, удаление воздуха через два вытяжных канала, расположенных в кухне и санузле, оснащенных индивидуальными вентиляторами.

Система уравнений на основе графа, приведенного на рис. 3, будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} G_1 + G_2 - G_3 - G_4 &= 0 \\ \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^4) + \sum(s_{3,i} \cdot G_{3,i}^4) &= P_3; \\ \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^4) + \sum(s_{4,i} \cdot G_{4,i}^4) &= P_4; \\ \sum(s_{1,i} \cdot G_{1,i}^4) + \sum(s_{4,i} \cdot G_{4,i}^4) &= P_4; \\ \sum(s_{2,i} \cdot G_{2,i}^4) + \sum(s_{3,i} \cdot G_{3,i}^4) &= P_3; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$



**РАЗДЕЛ III.  
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ДВУХКОМНАТНОЙ КВАРТИРЫ  
ВЕРХНЕГО ЭТАЖА МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА\*

Температура наружного воз- духа, °С	Расход воздуха через вытяжные каналы, м³/ч		Расход воздуха через приточные клапаны, м³/ч		Примечания
	В-1	В-2	ПК-1	ПК-2	
Приточные клапаны*** закрыты , вентиляторы **** В-1, В-2 выключены					
+5	-1,6	-1,6	1,6	1,6	Требуемый возду- хообмен** не обе- спечен
-10	-2,6	-2,6	2,6	2,6	
-20	-3,2	-3,2	3,2	3,2	
Приточные клапаны открыты , вентиляторы В-1, В-2 выключены					
+5	-15,3	-15,3	+15,3	+15,3	Требуемый возду- хообмен** не обе- спечен
-10	-22,7	-22,7	+22,7	+22,7	
-20	-26,9	-26,9	+26,9	+26,9	
Приточные клапаны открыты, вентиляторы В-1, В-2 включены					
+5	-56,5	-56,5	+56,5	+56,5	Требуемый воздухо- обмен обеспечен
-10	-58,4	-58,4	+58,4	+58,4	
-20	-59,9	-59,9	+59,9	+59,9	
Приточные клапаны открыты, вентилятор В-1 включен, вентилятор В-2 выключен					
+5	-220,4	+162,6	+28,9	+28,9	Вытяжной канал В-2 работает на приток
-10	-221,5	+156,0	+32,8	+32,8	
-20	-222,2	+151,6	+35,3	+35,3	
Приточные клапаны открыты, вентилятор В-1 включен, к каналу В-2 подключена кухонная вытяжка					
+5	+83,2	-230,9	+73,9	+73,9	Вытяжной канал В-2 работает на приток
-10	+82,2	-232,3	+75,9	+75,9	
-20	+81,5	-233,3	+75,9	+75,9	

\* Схематичный план квартиры приведен на рис. 3. \*\* Требуемый воздухообмен принят равным 110 м³/ч по [2]. \*\*\* Расчеты выполнены для приточных клапанов ЕММ 3-30 «Aereco»; при проведении расчетов клапаны принимались полностью открытыми. \*\*\*\* Характеристики вентиляторов принимались по справочным данным VENTS ВКО-125 турбо.

Решение системы уравнений получено методом обобщенного приведенного градиента с использованием программы Microsoft office Excel. Критериями решения являются допустимые невязки расходов воздуха, подходящих и уходящих от узлов и Критерии сходимости: расходы воздуха, подходящие и уходящие от узлов (допустимая невязка – 0,1 м³/ч) и давления, создаваемые и теряемые в каждом независимом контуре графа (допустимая невязка – 0,1 Па).

Результаты расчетов показывают, что воздухообмен квартиры существенно зависит от характеристик применяемых вентиляторов

и приточных устройств; выключение одного из вентиляторов приводит к опрокидыванию направления движения воздуха. Если к одному из каналов подключена кухонная вытяжка (см. рис. 2), то опрокидывание второго канала может происходить и при включенном осевом вентиляторе.

Более сложным является расчет систем вентиляции многоэтажных жилых зданий, который требует решения десятков уравнений, учета изменения коэффициентов местных сопротивлений тройников, учета возможных различий в характеристиках вентиляторов и др.

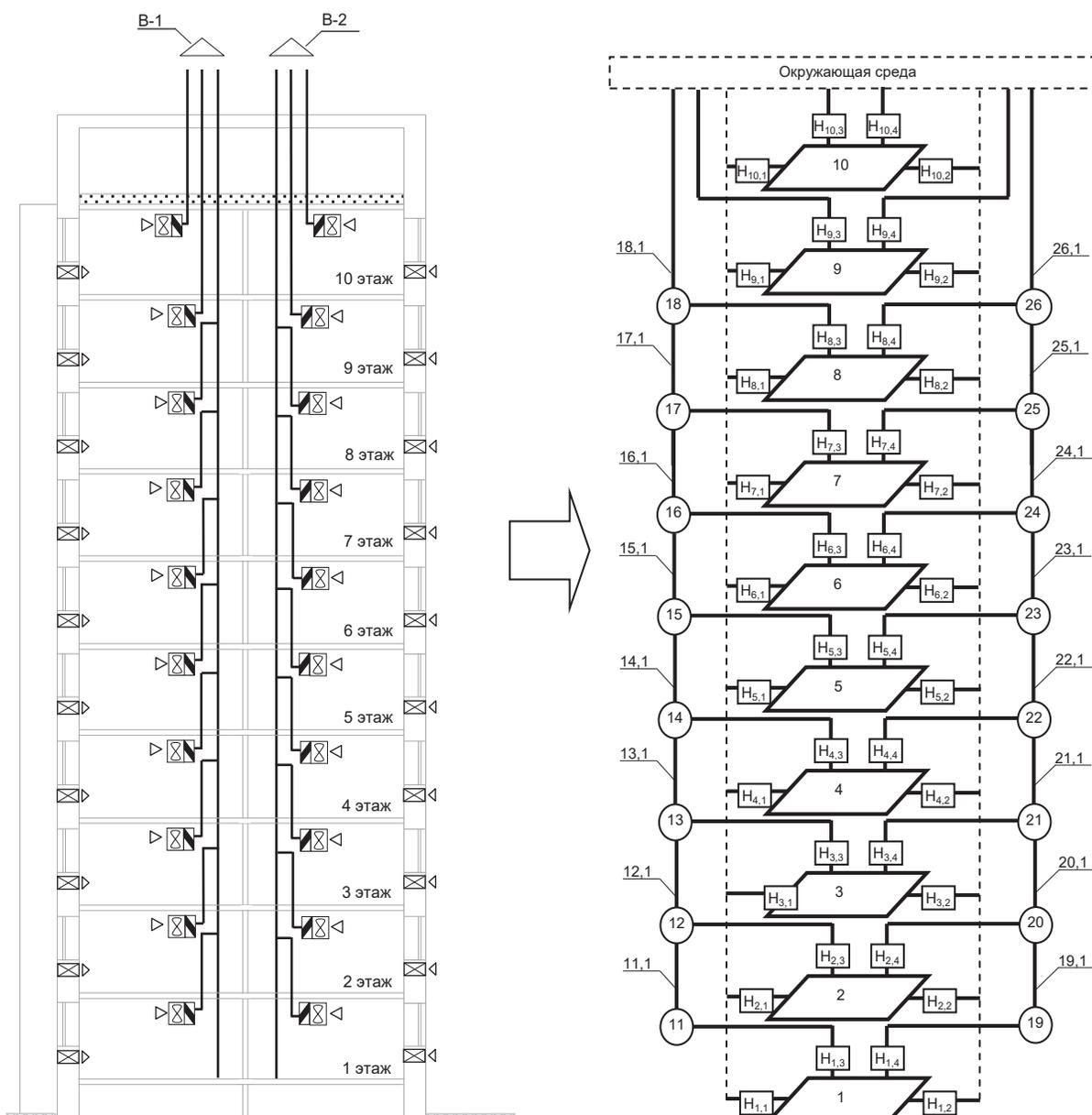


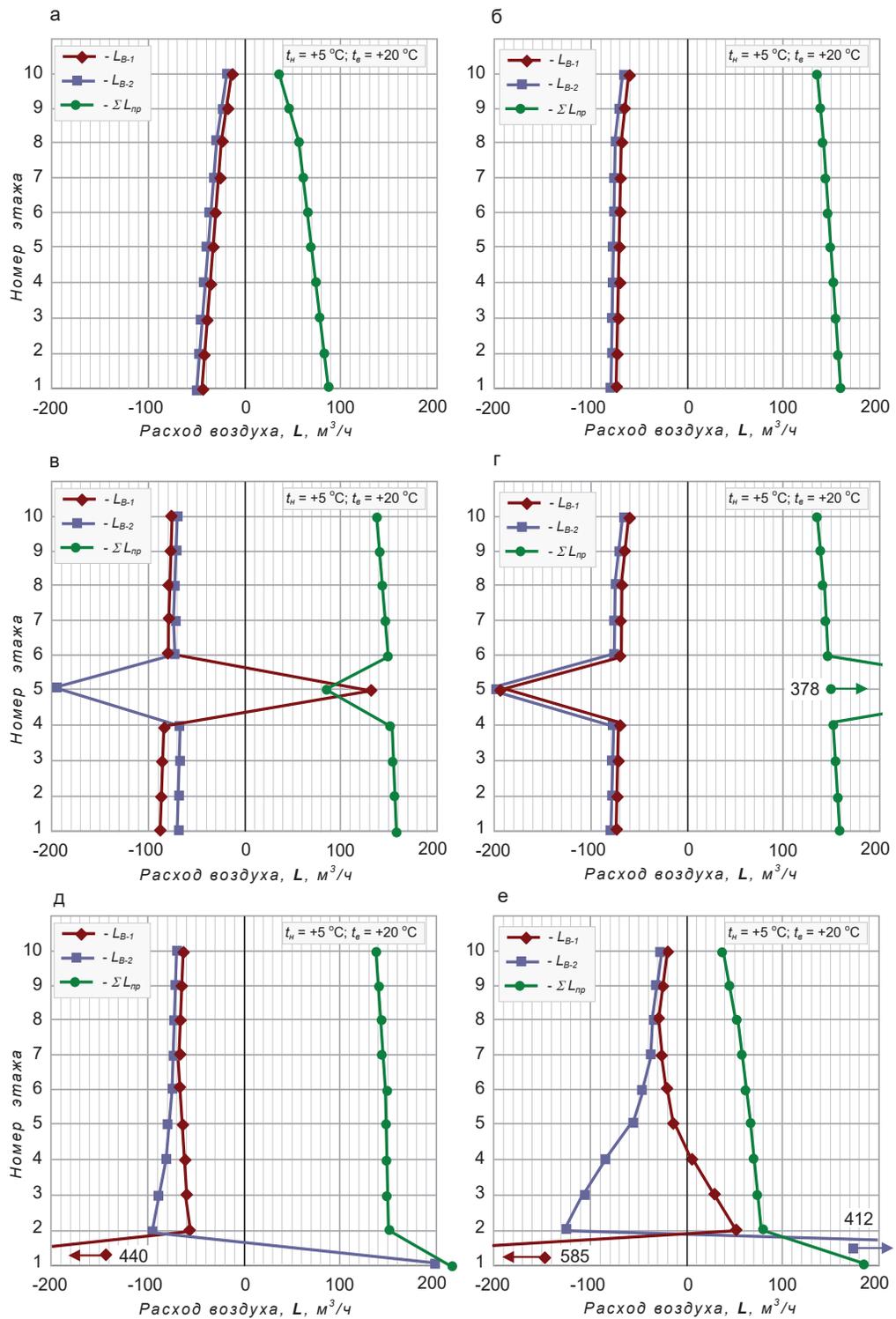
Рисунок 5 – Расчетная схема и граф системы вентиляции десятиэтажного жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха

В качестве примера на рис. 5 приведена расчетная схема и граф системы вентиляции квартир с двумя вытяжными каналами и приточными клапанами 10-тиэтажного жилого дома.

Анализ результатов расчетов, выполненных для ряда многоэтажных зданий с различными вариантами компоновки вытяжных вентиляционных каналов при варьировании режимов работы индивидуальных вентиляторов и изменении характеристик отдельных элементов системы на стадии эксплуатации, позволил отметить некоторые закономерности и сделать ряд выводов. В частности:

- системы вентиляции с естественным побуждением движения воздуха не обеспечивают требуемого воздухообмена в квартирах многоэтажных зданий с приточными вентиляционными устройствами; одна из основных причин – достаточно большое аэродинамическое сопротивление приточных устройств;

- установка вентиляторов в вытяжных каналах увеличивает воздухообмен, однако не все индивидуальные вентиляторы позволяют добиться требуемого воздухообмена; необходима увязка характеристик вентиляторов с потерями давления в вытяжных вентиляционных каналах;



Примечание: При  $L < 0$  воздух удаляется, а при  $L > 0$  поступает в квартиру.

Рисунок 6 – Результаты расчета системы вентиляции жилого дома с децентрализованным механическим удалением воздуха: а – вентиляторы выключены, приточные клапаны открыты; б - вентиляторы включены, приточные клапаны открыты; в - на 5-м этаже выключен вентилятор В-1, все остальные вентиляторы включены, приточные клапаны открыты; г - вентиляторы на всех этажах включены, приточные клапаны открыты, на 5-м этаже открыто окно; д - вентиляторы на всех этажах включены, приточные клапаны открыты, на первом этаже к каналу В-1 подключена кухонная вытяжка; е - вентиляторы на всех этажах выключены, на первом этаже к каналу В-1 подключена кухонная вытяжка

- изменение проектного режима работы системы вентиляции, в частности выключение или изменение характеристик отдельных вентиляторов (например, подключение к вентканалам кухонных вытяжек) может кардинально изменить режим работы системы вентиляции как непосредственно в отдельной квартире, так и других квартирах, подключенных через каналы-спутники к одному сборному каналу; например, выключение одного из вентиляторов (см. рис.6 в), может привести к «опрокидыванию» направления движения воздуха в этом канале и поступлению в квартиру грязного воздуха из сборного канала;

- при подключении к вытяжным каналам кухонных вытяжек, возможно перетекание воздуха в квартиры других этажей вследствие создания подпора в сборном канале (см. рис.6 г); при этом второй вентиляционный канал данной квартиры (например, расположенный в санузле) может быть «опрокинут» даже при работающем вентиляторе (см. рис. 6 д);

- открытие створки окна в подобных системах приводит к резкому (в разы) увеличению воздухообмена данной квартиры и снижению расхода удаляемого воздуха из других квартир.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Системы вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха в состоянии обеспечить требуемый воздухообмен жилых многоквартирных зданий, как в холодный, так и теплый периоды года.

Устойчивость и надежность работы данных систем в значительной мере зависят от ряда эксплуатационных факторов и типа применяемых вентиляторов. В частности, подключения к вытяжным каналам кухонных вытяжек, наличия и аэродинамических характеристик приточных устройств, открытия створок оконных блоков, одновременности включения вентиляторов в разных квартирах и т.п.

Для повышения эксплуатационной устойчивости систем вентиляции с децентрализованным механическим удалением воздуха представляется целесообразным:

- при проектировании систем вентиляции – тщательная увязка характеристик вентиляторов с характеристиками приточных устройств и вентиляционных каналов;
- ограничение (по мере возможности) на-

порно-расходных характеристик применяемых кухонных вытяжек;

- обязательная установка обратных клапанов в каждом вентиляционном канале с целью исключения случаев опрокидывания систем вентиляции;

- установка в вентканалах квартир специальных (балансировочных) клапанов, ограничивающих расход воздуха при увеличении перепада давлений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СТО СРО НП СПАС-05-2013. Энергосбережение в зданиях. Расчет и проектирование систем вентиляции жилых многоквартирных зданий. – Омск, 2014. – 76 с.

2. Р НП «АВОК» 5.2-2012. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий. – М, 2012. – 46 с.

3. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 294 с.

4. Гинзбург Э.Я. Расчет отопительно-вентиляционных систем с помощью ЭВМ. – М., Стройиздат, 1979. – 182 с.

5. Китайцева Е.Х. Обобщенные методы расчета воздушного режима здания и факторов, влияющих на качество внутреннего воздуха : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.03 / Е.Х. Китайцева ; научн. рук. проф. В. Н. Богословский ; МГСУ. – Москва, 1995. – 18 с.

6. Бирюков С. В. Разработка метода определения нормы потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляции общественных зданий (на примере учебных корпусов ВУЗов): дис... канд. техн. наук : 05.23.03 / С. В. Бирюков ; научн. рук. доц. Е. Г. Малявина ; МГСУ. – Москва, 2002. – 198 с.

7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

8. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. В 2 т. Т. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Р. В. Щекин [и др.]. – Киев : Будивельник, 1976. – 352 с.

9. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И. Г. Старовойтова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1977. – 502 с.

## FORECASTING THE WORK OF VENTILATION SYSTEMS OF RESIDENTIAL MULTI-APARTMENT BUILDINGS WITH DECENTRALIZED MECHANICAL AIR DELIVERY

M. A. Krivoshein

**Annotation.** In the article some aspects of forecasting the operation of the ventilation systems of residential multi-apartment buildings with decentralized mechanical air removal and natural inflow are considered. The physical and mathematical models of the ventilation system of a residential multi-apartment building with decentralized mechanical air removal and an algorithm for calculating such systems are presented. The results of the calculations of the ventilation system of a two-room apartment on the upper floor of a multi-apartment apartment house and ventilation system of a ten-story apartment building with decentralized mechanical air removal are given.

**Keywords:** ventilation, aerodynamic calculation, decentralized air removal, air inlets.

### REFERENCES

1. STO SRO NP SPAS-05-2013. Energobezbezhenie v zdaniyah. Raschet i proektirovanie sistem ventiljatsii zhilyh mnogokvartirnyh zdaniy, 2014, Omsk, 76 p.
2. R NP «AVOK» 5.2-2012. Tehnicheskie rekomendacii po organizacii vozduhoobmena v kvartirah zhilyh zdaniy, 2012, Moscow, 46 p.
3. Merenkov A.P., Hasilev V.J. Teorija gidravlicheskih cepej, 1985, Moscow, 294 p.
4. Ginzburg J.J. Raschet otopitelno-ventiljacionnyh sistem s pomoshhju JeVM, 1979, Moscow, 182 p.
5. Kitajceva E.H. Obobshhennye metody rascheta vozdušnogo rezhima zdaniya i faktorov, vlijajushhih na kachestvo vnutrennego vozduha, 1995, Moscow, 18 p.
6. Birjukov S. V. Razrabotka metoda opredelenija normy potreblenija teplovoj jenerгии sistemami otoplenija i ventiljatsii obshhestvennyh zdaniy (na

primere uchebnyh korpusov VUZov), 2002, Moscow, 2002, 198 p.

7. Idelchik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam, 1992, Moscow, 672 p.

8. Shhekin R. V. Spravochnik po teplosnabzheniju i ventiljatsii, 1976, Kyiv, 352 p.

9. Staroverov I. G. Spravochnik proektirovshhika. Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva, 1977, Moscow, 502 p.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Кривошеин Михаил Александрович (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Теплоэнергетика» ОмГТУ. (644080 г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: – 22kma@mail.ru).*

*Mikhail A. Krivoshein (Omsk, Russia) – graduate student of the chair «Теплоэнергетика» OmSTU. (644080, Omsk, pr. Mira, 11, e-mail: – 22kma@mail.ru).*

УДК 721.011.12

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

М.В. Максимова, О.Г. Немцева  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные характеристики жаркого сухого и влажного климата, конструктивные решения зданий и сооружений в данных климатических условиях. Приведены примеры солнцезащитных устройств, используемых для защиты зданий и сооружений от солнечной радиации. Анализируются причины возникновения температурных деформаций и принципы устройства температурных швов. Уделяется внимание основным способам борьбы с термитами, а также противогнилостной обработке древесины в условиях жаркого влажного климата.