

Для цитирования: Агаханова К.М. Разделение вытяжных гравитационных систем вентиляции на зоны в жилых домах. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (4):132-140. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-132-140

For citation: Agakhanova K.M. Zoning of exhaust gravitational ventilation systems in residential buildings. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (4):132-140. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-132-140

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 697.922

DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-132-140

РАЗДЕЛЕНИЕ ВЫТЯЖНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ЗОНЫ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Агаханова К.М.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, Россия,
e-mail: kaminat29@mail.ru

Резюме: Цель. Статья посвящена анализу систем приточно-вытяжной вентиляции в жилых домах массового строительства с целью обоснования необходимости в разделении гравитационных вытяжных систем вентиляции на зоны на примере девятнадцатиэтажного жилого дома. **Метод.** Необходимость в зонировании системы вентиляции определяется путем традиционного аэродинамического расчета, который в данной статье выполняется при помощи универсальных программ, составленных в вычислительных системах, таких как Excel и Mathcad. **Результат.** Выполняется аэродинамический расчет естественной системы вентиляции выбранного объекта для нескольких вариантов: реально спроектированной в данном здании схемы естественной вентиляции (разделение вытяжной гравитационной системы вентиляции на два сборных вертикальных канала с подключенными к нему индивидуальными спутниками); традиционной схемы естественной вентиляции (идентичная схема, но с одним сборным вертикальным каналом). Анализ полученных результатов не дает однозначного ответа о необходимости зонирования вытяжных систем. Для точного определения необходимости зонирования системы вентиляции были проведены аэродинамические расчеты в 40 и 60-ти этажных домах такой же планировки. При аэродинамическом расчете определялись потери давления на участках системы как сумма потерь давления на трение и в местных сопротивлениях. Полученные значения должны были соответствовать требуемой невязке. Сложность заключалась в определении коэффициентов местных сопротивлений (КМС) тройников в связи с большим разнообразием расчетных формул и табличных значений. **Вывод.** Анализ полученных результатов аэродинамического расчета выбранных систем естественной вентиляции определяет необходимость в разделении вытяжных систем на зоны по вертикали здания.

Ключевые слова: приточно-вытяжная вентиляция, жилые дома, зонирование системы, аэродинамический расчет

TECHNICAL SCIENCE
BUILDING AND ARCHITECTURE

ZONING OF EXHAUST GRAVITATIONAL VENTILATION SYSTEMS
IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Kaminat M. Agakhanova

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow 129337, Russia,
e-mail: kaminat29@mail

Abstract. Objectives The article is devoted to an analysis of the systems of supply and exhaust ventilation in mass-constructed residential buildings with the purpose of justifying the need for separation of gravitational exhaust ventilation systems into zones on the example of a nineteen-storey residential building. **Methods** The need for zoning of the ventilation system is determined by the traditional aerodynamic calculation, which in this article is carried out using universal programmes compiled in computational systems such as Excel and Mathcad. **Results** An aerodynamic calculation of the natural ventilation system of the selected object is carried out for several options: the ventilation scheme actually designed in this building (separation of the exhaust gravitational ventilation system into two prefabricated vertical channels with individual satellites connected to it) and the traditional scheme of natural ventilation (identical scheme, but with a single prefabricated vertical channel). Analysis of the results does not give an unambiguous answer concerning the need for zoning of exhaust systems. For an accurate determination of the necessity of zoning the ventilation system, aerodynamic calculations were carried out for 40 and 60-storey buildings having the same layout. In the aerodynamic calculation, pressure losses of the system sections were determined as the sum of pressure losses due to friction and in local resistances. The obtained values had to correspond to the required discrepancy. The difficulty is in the determination of the coefficients of local resistances (CLR) of triple junctions due to the wide variety of calculation formulas and tabulated values. **Conclusion** The analysis of the results of the aerodynamic calculation of the selected natural ventilation systems determines the need for zoning the exhaust systems along the building's vertical aspect.

Keywords: supply and exhaust ventilation, residential buildings, system zoning, aerodynamic calculation

Введение. В жилых домах наблюдается сложный характер воздухообмена, который определяется как гравитационным давлением в самом здании, внутренней планировкой здания, воздухопроницаемостью его наружных и внутренних ограждений и т. д., так и работой систем вентиляции.

Недооценка или неправильный расчет общего воздухообмена в зданиях приводят к существенному ухудшению состояния воздушной среды и микроклимата в отдельных помещениях, особенно в жилых домах. Воздухообмен в жилых зданиях с системой естественной вентиляции в большей степени зависит от принятых планировочных решений, воздухопроницаемости ограждений, схем вентиляции и климатических условий местности.

В последнее время наблюдается увеличение этажности жилых домов, что существенно оказывает влияние на работу системы вентиляции. В данной статье основное внимание уделено разработке схем системы вентиляции и их работе в многоэтажных жилых домах.

Постановка задачи. Целью исследования является определение необходимости зонирования гравитационных вытяжных систем вентиляции в жилых многоэтажных зданиях с целью обеспечения требуемого воздухообмена в них.

Методика исследования. Для обоснования принятого проектировщиками решения о зонировании системы выполняется аэродинамический расчет реально спроектированной системы вентиляции в жилом доме и системы с одним сборным каналом с подключенными к нему ответвлениями со 2 по 17 этажи; два последних этажа вентилируются индивидуальными вы-

тяжными каналами, оборудованные бытовыми вентиляторами. Расчет выполняется в вычислительных системах, а именно в Excel и Mathcad.

Обсуждение результатов. Проектирование систем вентиляции в жилых домах выполняется в соответствии с нормативными документами [1–6], которые идентичны зарубежным рекомендациям [16–20]. Системы могут быть [2] как с естественным [9–13], так и с механическим [5,8] притоком и удалением воздуха.

Чаще всего в жилых домах применяют системы с естественным притоком и удалением воздуха. В жилые комнаты подается приточный воздух через устройства приточных клапанов в окнах, либо в наружных стенах или через фрамуги окон, форточки. Удаление воздуха из соответствующих помещений (кухонь, сан.узлов, кладовок) [6] осуществляется с помощью вертикальных сборных каналов, к которым подключаются ответвления–спутники длиной не менее 2 м. Последние два этажа вентилируются индивидуальными вытяжными каналами, которые оборудованы бытовыми вентиляторами [1].

Воздух из систем может удаляться несколькими способами в зависимости от наличия или отсутствия теплого чердака [1,6]. Возможно два варианта выброса воздуха: с выводом каждого стояка выше уровня кровли; с теплым чердаком.

В первом случае шахты заканчиваются зонтом или дефлектором. Во втором случае предусматривается одна вытяжная шахта на все стояки, высота которой должна быть более 4,5 м над перекрытием последнего этажа. Каждый стояк имеет оголовок – диффузор для уменьшения потерь давления; делается поддон с отводом в канализацию дождевой воды.

В качестве примера была выбрана 19-ти этажная секция жилого дома (рис.1). Жилые этажи запроектированы со 2-го по 19-й этаж. Над последним этажом находится технический чердак. На жилых этажах расположены три квартиры: одна 3-х комнатная и две 2-х комнатные. В секции запроектирован лифтовой холл с пассажирскими лифтами и выходом на незадымляемую лестницу. Три квартиры и лестнично-лифтовой холл выходят в коридор, расположенный на каждом этаже.

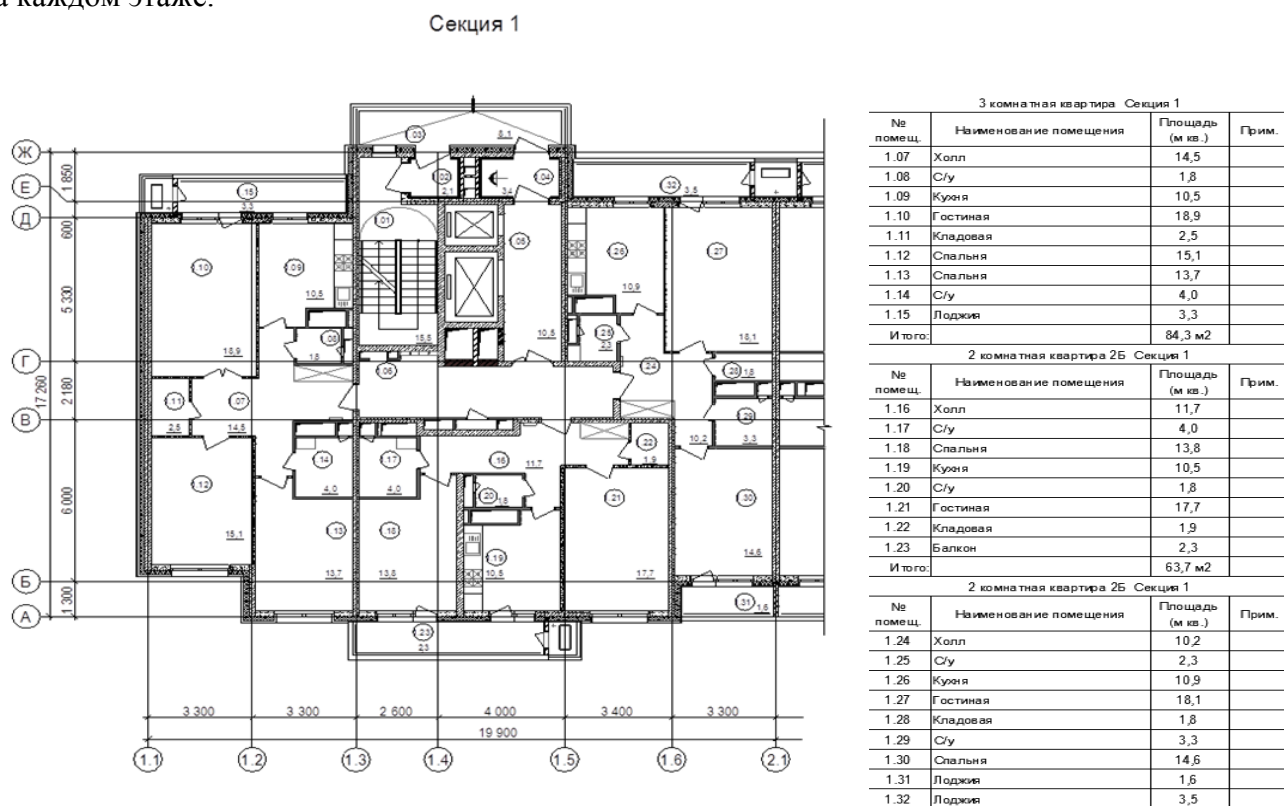


Рис. 1. План с экспликацией типового этажа секции девятнадцатизэтажного жилого дома
Fig. 1. A plan with an explication of the floor of a section of a nineteen-story house

В жилых помещениях предусматривается естественная система приточно-вытяжной вен-

тиляции, которая описана выше. Величина воздухообмена принята в соответствии с [1,5]. Удаление воздуха предусматривается их кухонь, ванных и с/у в объеме:

1. Кухня, расчётный объём вытяжки – 60 м³/ч;
2. Ванная – 50 м³/ч;
3. Туалет – 25 м³/ч.

Отличием является обслуживание помещений одного назначения по следующей зональной схеме:

1. 2 – 11 эт.;
2. 12 – 18 эт.;
3. 19 эт.

Зонирование систем таким образом можно обосновать путем расчета, в процессе которого становится ясно, работает ли вентиляционный канал на определенном этаже или нет. Обслуживание лишь последнего этажа, а не последних двух, аргументируется проектировщиками как нехватка места в вентиляционной шахте.

Есть примеры таких систем в литературе. Например, в [7,13] высотные дома делятся не на две, а даже на большее количество зон.

Аэродинамический расчет начинается с расчета индивидуальных каналов, обслуживающих последние этажи. Затем приступаем к расчету сборных каналов.

Расчет ведется при условии внешней среды $t = +5$ °С.

Определяем расчетное давление в главном расчетном направлении (направление от решетки последнего этажа до устья вытяжной шахты) [9]:

$$\Delta p = gh(\rho_{нар} - \rho_{вн}), \text{ Па} \quad (1)$$

где: g – ускорение силы тяжести, м/с²; h – длина направления, м; $\rho_{нар}, \rho_{вн}$ – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

После чего, вычисляем потери давления на преодоление сил трения участков сети и потерь в местных сопротивлениях, как главного расчетного ответвления, так и других направлений (рис. 2):

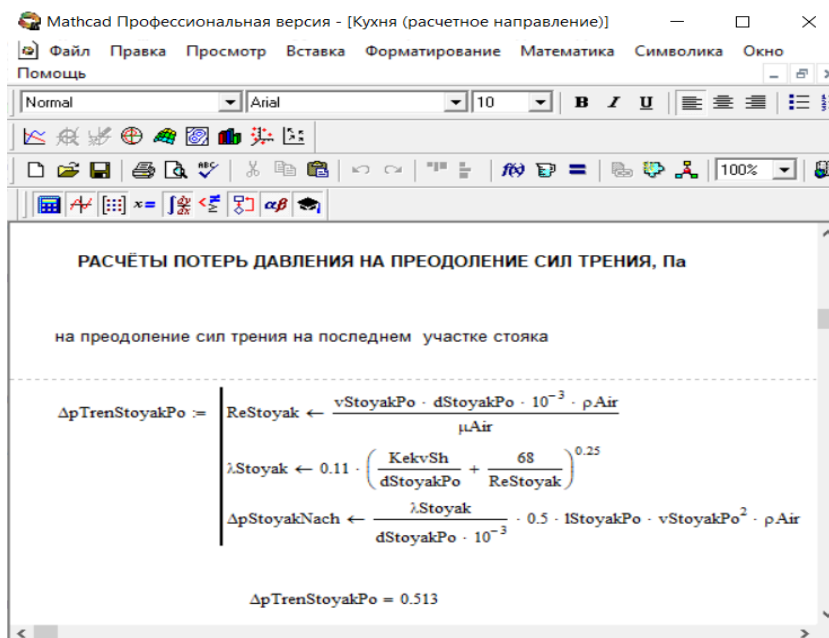


Рис. 2. Фрагмент программы: расчет сопротивления давления на преодоления сил трения в главном расчетном направлении

Fig. 2. Fragment of the program: calculation of the pressure resistance to overcome frictional forces in the main design direction

– на преодоление сил трения [14]:

$$\Delta p = \frac{\lambda}{d} l \frac{v^2}{2} \rho, \text{ Па} \quad (2)$$

где: λ - коэффициент трения; d - диаметр воздуховода, м; l - длина воздуховода, м; v - скорость воздуха, м/с.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\text{э}}}{d_v} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} \quad (3)$$

где: $k_{\text{э}}$ - эквивалентная шероховатость воздуховода, мм; Re - число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{vd\rho}{\mu} \quad (4)$$

где: μ - коэффициент динамической вязкости, Па·м.

– в местных сопротивлениях [9]:

$$\Delta p = \sum \zeta \frac{v^2}{2} \rho, \text{ Па} \quad (5)$$

где: $\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений (КМС) участков, к которым относятся отводы, тройники, клапаны, внезапные сужения/расширения и т.д.

Вычисление КМС тройников «на проход» и «на ответвление» выполняется по способу профессора Каменева П.Н. [15].

Основа способа расчета КМС тройников – соотношение скорости воздуха в стволовой части тройника и наивыгоднейшей скорости смешивания v_{33} , при которой наблюдаются минимальные потери энергии в тройнике при смешивании потоков воздуха (рис. 3).

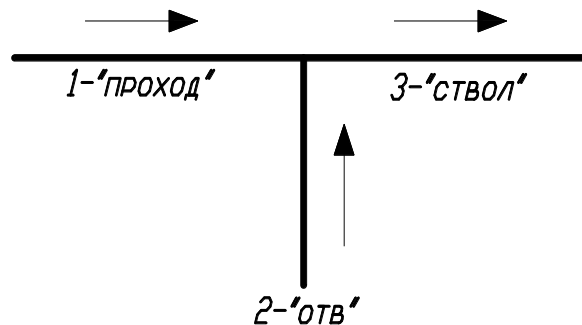


Рис.3. Схема смешивания потоков в тройнике

Fig.3. Diagram of flow mixing in tee

Цифры соответствуют:

- 1 – проходная часть тройника;
- 2 – ответвление;
- 3 – стволовая часть тройника.

При смешивании воздушных потоков в тройниках происходит потеря энергии, величина которых определяется по величине скорости в стволовой части тройника v_3 .

Скорость, при которой потери энергии от смешивания потоков минимальны, принято называть *наивыгоднейшей скоростью смешивания*, обозначается как v_{33} .

Наивыгоднейшая скорость v_{33} вычисляется как:

$$v_{33} = \frac{L_1}{L_3} v_1 \cos \alpha_1 + \frac{L_2}{L_3} v_2 \cos \alpha_2 \quad (6)$$

В нашей системе вентиляции угол между осями «прохода» и «ствола» равен 0, поэтому $\cos \alpha_2 = 0$, а ответвления подсоединяются к сборному стояку под углом 90° , для которого $\cos \alpha_1 = 1$.

В таком случае формула (6) примет вид:

$$v_{33} = \frac{L_1}{L_3} v_1 \quad (7)$$

Но наименьшие потери в тройнике имеют место, если скорость в стволе тройника равна наивыгоднейшей.

Если фактическая скорость в ствольной части тройника (после смешивания) менее наивыгоднейшей скорости смешивания происходит внезапное расширение потока, в обратном случае происходит внезапное сужение потока.

Рассчитываем КМС для трех различных случаев.

А) скорость в «стволе» v_3 равна наивыгоднейшей скорости смешивания потоков:

$$v_3 = v_{33}$$

- «проход»

$$\zeta_1 = \left[\left(\frac{v_1}{v_{33}} \right)^2 - 1 \right] \quad (8)$$

- «ответвление»

$$\zeta_2 = \left[\left(\frac{v_2}{v_{33}} \right)^2 - 1 \right] \quad (9)$$

б) сужение потока - $v_3 > v_{33}$

- «проход»

$$\zeta_1 = \left(\frac{v_1}{v_{33}} \right)^2 - \left(\frac{v_{33}}{v_3} \right) + 0,525 \left(1 - \frac{v_{33}}{v_3} \right) \quad (10)$$

- «ответвление»

$$\zeta_2 = \left(\frac{v_2}{v_{33}} \right)^2 - \left(\frac{v_{33}}{v_3} \right) + 0,525 \left(1 - \frac{v_{33}}{v_3} \right) \quad (11)$$

в) расширение потока $v_3 < v_{33}$

- «проход»

$$\zeta_1 = \left(\frac{v_1}{v_3} \right)^2 - \left(\frac{v_{33}}{v_3} \right)^2 + \left(\frac{v_{33}}{v_3} - 1 \right)^2 \quad (12)$$

- «ответвление»

$$\zeta_2 = \left(\frac{v_2}{v_3} \right)^2 - \left(\frac{v_{33}}{v_3} \right)^2 + \left(\frac{v_{33}}{v_3} - 1 \right)^2 \quad (13)$$

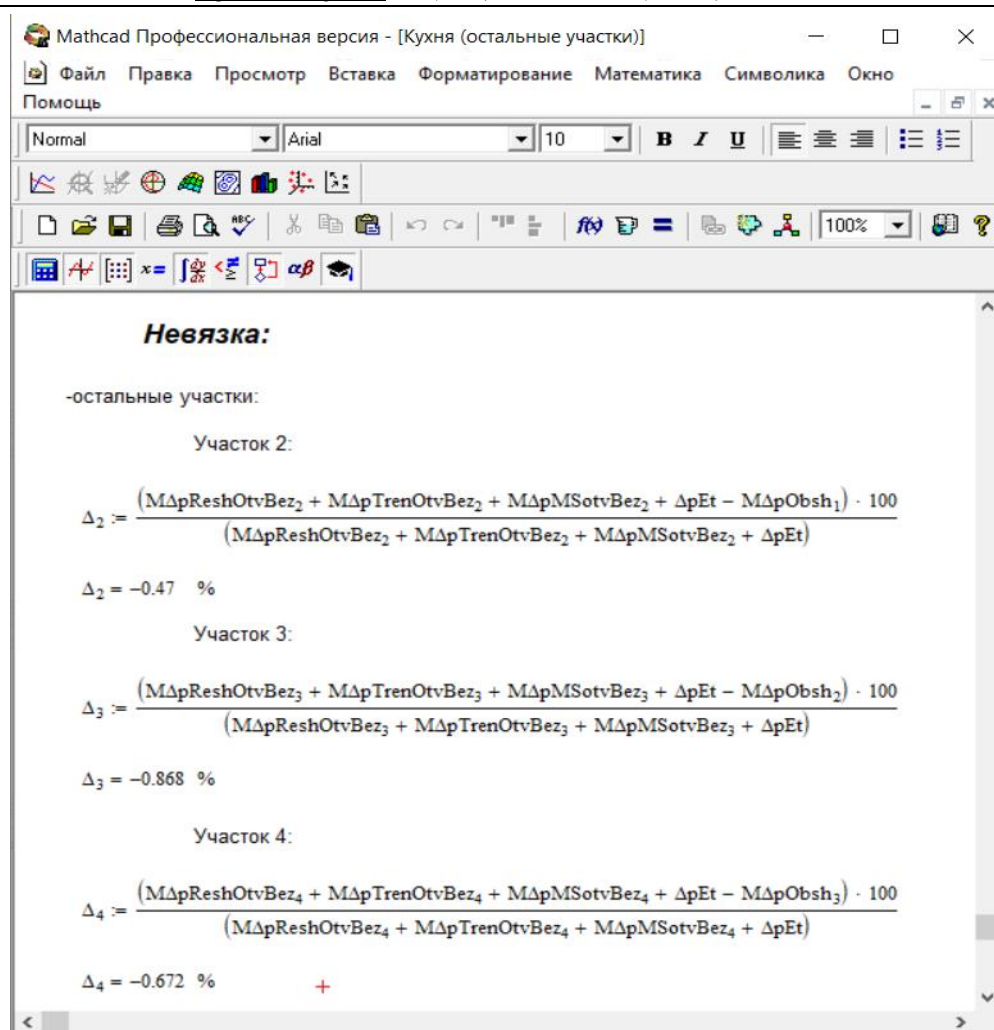


Рис. 4. Фрагмент программы: расчет невязки на остальных направлениях
Fig. 4. Fragment of the program: calculation of the discrepancy in other directions

После определения суммы потерь давления в главном расчетном направлении и в прочих направлениях вычисляется невязка на участках: для главного расчетного направления запас давления на неучтенные потери составляет 5-10%; для остальных направлений невязка должна быть не более 10%

Вывод. Полученные при аэродинамическом расчете смонтированной системы вентиляции результаты показали хорошую сходимость невязок на всех участках (рис. 4). Схема системы вентиляции с одним сборным каналом так же показала невязку на всех участках в пределах допустимых значений, но близких к граничным. При такой этажности жилого дома тяжело определить, есть ли необходимость в разделении системы вентиляции на зоны.

Для подтверждения данной теории был проведен аэродинамический расчет систем вентиляции этого же жилого здания, но этажностью в 40 и 60 этажей.

Расчет показал правомерность данного решения. Начиная с 16-го этажа система с трудом поддается увязке, а на последних этажах достичь ее и вовсе не получается. Вдобавок ко всему, скорость на участках стояка увеличивается по высоте и достигает 5 – 6м/с, что недопустимо для естественной системы вентиляции.

Благодаря проведенным расчетам и полученным по ним результатам подтверждена необходимость зонирования системы вентиляции в жилых многоэтажных домах. Система вентиляции с одним сборным коробом не обеспечивает хорошую работу системы вентиляции в многоэтажных жилых домах.

Библиографический список:

1. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2016. – 58с.
2. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минрегион России. 2012. 62с.
3. СП 73.13330.2016. Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2016. 93с.
4. Р НП«АВОК» 5.2-2012. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий. – М.: НП «АВОК». 2012. 26с.
5. СП 253.1325800.2016. Инженерные системы высотных зданий. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2016. 58с.
6. ТО-06-17640. Пособие по проектированию принципиальных схем систем вентиляции и противодымной вентиляции в жилых, общественных зданиях и стоянках автомобилей: примеры схем и решений. Огнестойкие воздуховоды. Противопожарные клапаны и дымовые клапаны. – М.: ОАО «Моспроект». 2007. – 192с.
7. Ливчак, И. Ф. Особенности вентиляции высотных жилых домов/ И. Ф. Ливчак, Т. А. Мелик-Аракелян// АВОК. – 2003. – №8. – С. 12 – 19.
8. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2005. – 136 с.
9. Малахов, М.А. Усовершенствование вентиляции жилых зданий/ М.А. Малахов//АВОК. 2009. №4. С. 16 – 19.
10. Малахов, М.А. Опыт проектирования естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками/ М.А. Малахов, А.Е. Савенков//АВОК. 2008. №6. С. 20 – 31.
11. Малахов, М.А. Системы естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками/М.А. Малахов//АВОК. 2006. №7. С. 8 – 19.
12. Малявина, Е. Г. Вентиляция жилых домов с теплым чердаком/ Е. Г. Малявина, С. В. Бирюков, С. Н. Дианов// АВОК. 2004.-№3. С. 14 – 19.
13. Шилкин, Н.В. Возможность естественной вентиляции для высотных зданий/ Н.В. Шилкин// АВОК. – 2005. – №1. – С.18 – 25.
14. Тертичник Е.И. Вентиляция. – М.: Изд – во АСВ, 2015. 608с.
15. Каменев П. Н. Гидроэлеваторы в строительстве. - М.: Стройиздат, 1970. С.26–34.
16. Standard 62.2-2016. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE). 2016.
17. Handbook of Fundamentals, Chapter 26. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE). 2017.
18. Omrani, S. Natural ventilation in multi-storey buildings: design process and review of evaluation tools/ S. Omrani, V. Garcia-Hansen, B. Capra, R. Drogemulle// Building and Environment. – 2017. –P. 182-194.
19. Carrer, P. What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings?/P.Carrer, P.Wargocki, A.Fanetti, W. Bischof, E.Fernandes, T.Hartmann, S.Kephalopoulos, S.Palkonen, O.Seppänen// Building and Environment. – 2015. – P. 273-286.
20. JonesaB. A review of ventilation opening area terminology/ B.Jonesa, M.Cook, S.Fitzgerald, C.Iddon// Energy and Buildings. – 2016. – P. 249-258.

References:

1. SP 54.13330.2016. Zdaniya zhilye mnogokvartirnye. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 31-01-2003. M.: Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogokhozyaistva Rossiiskoi Federatsii. 2016. 58 s. [SP 54.13330.2016. Residential multi-apartment buildings. Updated version of SNiP 31-01-2003. Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. 2016. 58 p. (In Russ.)]
2. SP 60.13330.2012. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-01-2003. M.: MinregionRossii. 2012. 62 s. [SP 60.13330.2012. Heating, ventilation and air conditioning. Updated version of SNiP 41-01-2003. Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation. 2012. 62 p. (In Russ.)]
3. SP 73.13330.2016. Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie sistemy zdanii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.05.01-85. M.: Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii. 2016. 93 s. [SP 73.13330.2016. Internal sanitary and technical systems of buildings. Updated version of SNiP 3.05.01-85. Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. 2016. 93 p. (In Russ.)]
4. R NP«АВОК» 5.2-2012. Tekhnicheskie rekomendatsii po organizatsii vozdukhoobmena v kvartirakh zhilykh zdanii. M.: NP «АВОК». 2012. 26 s. [R NP«АВОК» 5.2-2012. Technical recommendations on the organisation of air exchange in apartments of residential buildings. Moscow: NP «АВОК». 2012. 26 p. (In Russ.)]
5. SP 253.1325800.2016. Inzhenernyye sistemy vysotnykh zdanii. M.: Ministerstvostroitel'stva i zhilishchno-

- kommunal'nogokhozyaistva Rossiiskoi Federatsii. 2016. 58 s. [SP 253.1325800.2016.Engineering systems of high-rise buildings. Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. 2016. 58 s. (In Russ.)]
6. TO-06-17640. Posobie po proektirovaniyu printsipial'nykh skhem sistem ventilyatsii i protivodymnoi ventilyatsii v zhilykh, obshchestvennykh zdaniyakh i stoyankakh avtomobilei: primery skhem i reshenii. Ognestoikie vozdukhovody. Protivopozharnye klapany i dymovye klapany. M.: OAO «Mosproekt». 2007. 192 s. [TO-06-17640.Manual for the design of schematic diagrams of ventilation and smoke ventilation systems in residential, public buildings and car parks: examples of schemes and solutions. Fireproof ducts. Fire and flue valves. Moscow: OJSC «Mosproekt». 2007. 192 p. (In Russ.)]
 7. Livchak I.F., Melik-Arakelyan T.A. Osobennosti ventilyatsii vysotnykh zhilykh domov. AVOK. 2003;8:12 – 19. [Livchak I.F., Melik-Arakelyan T.A. Features of ventilation of high-rise residential buildings. ABOK. 2003;8:12 – 19. (In Russ.)]
 8. Livchak I.F., Naumov A.L. Ventilyatsiya mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy. M.: AVOK-Press; 2005. 133 s. [Livchak I.F., Naumov A.L. Ventilation of multi-storey residential buildings. M.: ABOK-Press; 2005. 133 p. (In Russ.)]
 9. Malakhov M.A. Usovshenstvovanie ventilyatsii zhilykh zdaniy. AVOK. 2009;4:16 – 19. [Malakhov M.A. Improvement of ventilation of residential buildings. ABOK. 2009;4:16 – 19. (In Russ.)]
 10. Malakhov M.A., Savenkov A.E. Opyt proektirovaniya estestvenno-mekhanicheskoi ventilyatsii v zhilykh zdaniyakh s teplymi cherdakami. AVOK. 2008;6: 20 – 31. [Malakhov M.A., Savenkov A.E. Experience in designing natural-mechanical ventilation in residential buildings with warm attics. ABOK. 2008; 6: 20 – 31. (In Russ.)]
 11. Malakhov M.A. Sistemy estestvenno-mekhanicheskoi ventilyatsii v zhilykh zdaniyakh s teplymi cherdakami. AVOK. 2006;7:8 – 19. [Malakhov M.A. Systems of natural-mechanical ventilation in residential buildings with warm attics. ABOK. 2006;7:8 – 19. (In Russ.)]
 12. Malyavina E.G., Biryukov S.V., Dianov S.N. Ventilyatsiya zhilykh domov s teplym cherdakom. AVOK. 2004;3:14 – 19. [Malyavina E.G., Biryukov S.V., Dianov S.N. Ventilation of residential buildings with a warm attic. ABOK. 2004;3:14 – 19. (In Russ.)]
 13. Shilkin N.V. Vozmozhnost' estestvennoi ventilyatsii dlya vysotnykh zdaniy. AVOK. 2005;1:18 – 25. [Shilkin N.V. The possibility of natural ventilation for high-rise buildings. AVOK. 2005;1:18 – 25. (in Russ.)]
 14. Tertchnik E.I. Ventilyatsiya. M.: Izd – vo ASV; 2015. 608 s. [Tertchnik E.I. Ventilation. Moscow: Publishing House ASV; 2015. 608 p. (In Russ.)]
 15. Kamenev P.N. Hidroelevatory v stroitel'stve. M.: Stroiizdat; 1970. S. 26–34. [Kamenev P.N. Hydroelevators in construction. Moscow: Stroiizdat; 1970. P. 26–34. (In Russ.)]
 16. Standard 62.2-2016. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE). 2016.
 17. Handbook of Fundamentals, Chapter 26. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE). 2017.
 18. Omrani S., Garcia-Hansen V., Capra B., Drogemulle R. Natural ventilation in multi-storey buildings: design process and review of evaluation tools. Building and Environment. 2017;116:182-194.
 19. Carrer P., Wargocki P., Fanetti A., Bischof W., Fernandes E., Hartmann T., Kephelopoulos S., Palkonen S., Seppänen O. What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings? Building and Environment. 2015;94:273-286.
 20. Jonesa B., Cook M., Fitzgerald S., Iddon C. A review of ventilation opening area terminology. Energy and Buildings. 2016;118:249-258.

Сведения об авторе:

Агаханова Каминат Мурадовна – ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Information about the author:

Kaminat M. Agakhanova – Assistant, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation.

Конфликт интересов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest.

The author declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 01.09.2017.

Received 01.09.2017.

Принята в печать 02.10.2017.

Accepted for publication 02.10.2017.