

К вопросу о регулировании производительности систем естественной вентиляции многоквартирных жилых домов

Рецензия эксперта на статью получена 22.06.2020 [Expert review on the article received on June 22, 2020].

Проблеме организации расчётного воздушного режима в помещениях многоквартирных жилых домов, оборудованных системами естественной приточно-вытяжной вентиляции, посвящено значительное число современных научных исследований, в том числе [1–6].

В общем случае конструкции современных систем естественной вентиляции проектируются с целью соблюдения следующего условия:

$$\Delta p_{\text{сист}} \leq p_{\text{р.р}}, \quad (1)$$

где $\Delta p_{\text{сист}}$ — потери давления в системе вентиляции, Па; $p_{\text{р.р}}$ — расчётное располагаемое давление, определяемое по следующей зависимости:

$$p_{\text{р.р}} = Hg(\rho_{\text{н.р}} - \rho_{\text{в}}), \quad (2)$$

где H — расчётная высота воздушного столба, м; g — ускорение свободного падения, м/с²; $\rho_{\text{н.р}}$ — расчётная плотность наружного воздуха, кг/м³; $\rho_{\text{в}}$ — плотность внутреннего воздуха, кг/м³.

В практике современного проектирования за расчётную принимают плотность, соответствующую температуре наружного воздуха +5 °С.

Данное условие ограничивает работоспособность систем естественной вентиляции. При температурах наружного воздуха выше +5 °С производительность вентиляционных каналов снизится ниже расчётного значения.

Определим относительную производительность вентиляционных каналов систем естественной вентиляции, обслуживающих помещения среднего этажа 17-этажного многоквартирного дома, по следующей формуле:

$$\frac{L_{\text{ф}}}{L_{\text{р}}} = \sqrt{\frac{p_{\text{р.ф}}}{p_{\text{р.р}}}}, \quad (3)$$

где $p_{\text{р.ф}}$ — фактическое располагаемое давление.

Примем два режима работы индивидуальных вентиляционных каналов: при штиле скорость ветра $v_{\text{ветр}} = 0$ м/с; при слабом ветре — $v_{\text{ветр}} = 5$ м/с.

В практике современного проектирования за расчётную принимают плотность, соответствующую температуре наружного воздуха +5 °С. Данное условие ограничивает работоспособность систем естественной вентиляции

Во втором режиме также учтём расположение точек забора приточного и удаления вытяжного воздуха на фасадах и кровле здания: наиболее выгодное, соответствующее максимальной разнице аэродинамических коэффициентов $c_{\text{ф}} - c_{\text{кр}} = 1,8$ ($c_{\text{ф}} = 1$, $c_{\text{кр}} = -0,8$); наименее выгодное, соответствующее минимальной разнице аэродинамических коэффициентов $c_{\text{ф}} - c_{\text{кр}} = -0,6$ ($c_{\text{ф}} = -0,8$ и $c_{\text{кр}} = -0,2$).

При расчёте первого режима работы зависимость (3) примет вид:

$$\frac{L_{\text{ф}}}{L_{\text{р}}} = \sqrt{\frac{Hg(\rho_{\text{н.ф}} - \rho_{\text{в}})}{Hg(\rho_{\text{н.р}} - \rho_{\text{в}})}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{н.ф}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{н.р}} - \rho_{\text{в}}}}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{н.ф}}$ — фактическая плотность наружного воздуха, кг/м³.

Для расчёта второго режима работы формула (3) будет выглядеть как:

$$\frac{L_{\text{ф}}}{L_{\text{р}}} = \sqrt{\frac{Hg(\rho_{\text{н.ф}} - \rho_{\text{в}}) + k(c_{\text{ф}} - c_{\text{кр}}) \frac{v_{\text{ветр}}^2}{2} \rho_{\text{н.ф}}}{Hg(\rho_{\text{н.р}} - \rho_{\text{в}})}}, \quad (5)$$

где k — коэффициент, учитывающий плотность городской застройки [7].

Зависимости $L_{\text{ф}}/L_{\text{р}}$ от фактической температуры $t_{\text{н.ф}}$ наружного воздуха при выбранных режимах работы приведены на рис. 1 и 2. Приведённые графики построены для систем вентиляции, геометрия которых определена при следующих температурах наружного воздуха $t_{\text{н.р}}$: +5 °С — расчётная величина; +10 °С и +15 °С — промежуточные значения температуры; +19,1 °С — средняя температура июля в Нижнем Новгороде.

УДК 697.91. Научная специальность: 05.23.03.

К вопросу о регулировании производительности систем естественной вентиляции многоквартирных жилых домов

М. В. Бодров, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой отопления и вентиляции; **В. Ю. Кузин**, к.т.н., доцент, кафедра отопления и вентиляции, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ, г. Нижний Новгород)

В статье рассмотрены режимы работы спроектированных на несколько расчётных условий систем естественной вентиляции многоквартирного жилого дома. Приведены укрупнённые значения необходимых углов поворота регулирующих заслонок данных систем при различных параметрах наружной среды.

Ключевые слова: автоматизация, аэродинамика, естественная вентиляция, многоквартирные жилые дома, регулирование, эксплуатация и наладка.

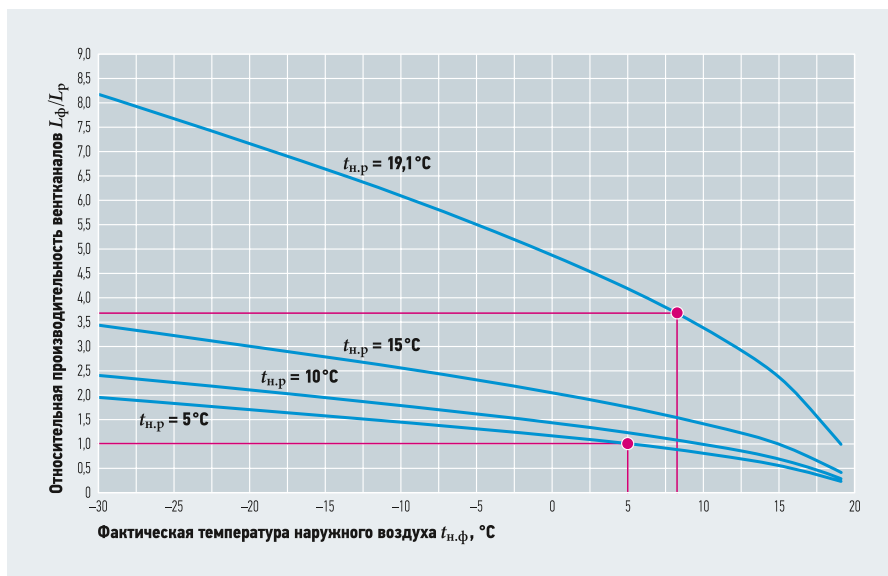
UDC 697.91. Number of scientific specialty: 05.23.03.

To the question of regulating the productivity of systems of natural ventilation of multi-apartment residential houses

M. V. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, head of the department; **V. Yu. Kuzin**, PhD, Associate Professor, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNSAGU, Nizhny Novgorod city)

The article describes the modes of operation of multi-apartment apartment building natural ventilation systems designed for several design conditions. The aggregated values of the required rotation angles of the control flaps of these systems are given for various environmental parameters.

Key words: automation, aerodynamics, natural ventilation, apartment buildings, regulation, operation and commissioning.

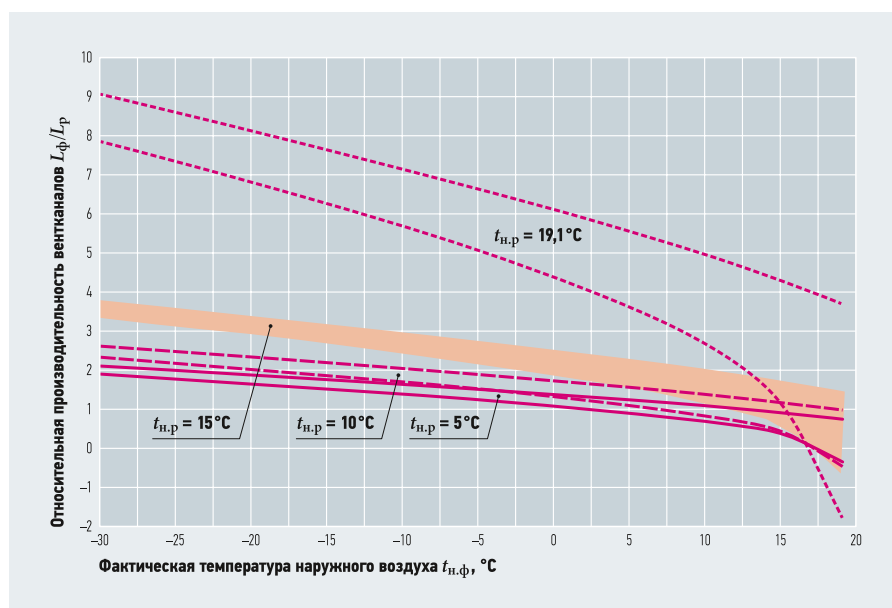


❖ **Рис. 1.** Зависимость относительной производительности L_f/L_p систем естественной вентиляции среднего этажа многоквартирного дома с индивидуальными вытяжными каналами от $t_{н,р}$ и $t_{н,ф}$

Результаты расчётов при отсутствии ветра (рис. 1) показывают, что чем выше будет расчётная температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции, тем больше будет производительность вентиляционных каналов. Расход воздуха в существующих системах вентиляции, рассчитанных на $t_{н,р} = +5^\circ\text{C}$, может превышать расчётно-нормативное значение в полтора-два раза.

Более того, в том случае, если за значение $t_{н,р}$ будет принята температура $+19,1^\circ\text{C}$, производительность вентиляционных каналов при отсутствии их регулирования будет в 3,6–8,2 раза больше расчётного значения.

При учёте ветрового давления отношение L_f/L_p для каждой фактической температуры наружного воздуха будет представлять собой интервал возможных значений, а для всего рассматриваемого интервала $t_{н,ф}$ — область возможных значений (рис. 2).



❖ **Рис. 2.** Зависимость возможных относительных производительностей L_f/L_p систем естественной вентиляции среднего этажа многоквартирного дома с индивидуальными вытяжными каналами от $t_{н,р}$ и $t_{н,ф}$ с учётом влияния ветрового давления



ления, а при положительных температурах наружного воздуха и вовсе позволяет системам вентиляции «опрокинуться» ($L_f/L_p < 0$).

Отклонение фактической производительности системы вентиляции может привести к перегреву/переохлаждению и излишней подвижности внутреннего воздуха в помещениях, что требует установки на каждый вентиляционный канал регулирующего устройства (воздушной заслонки, дроссель клапана, шибер, телескопической диафрагмы и пр.).

В качестве примера построим зависимости среднего значения предварительного угла поворота регулирующих заслонок систем естественной вентиляции, обслуживающих помещения среднего этажа 17-этажного многоквартирного жилого дома, от $t_{н,р}$ и $t_{н,ф}$.

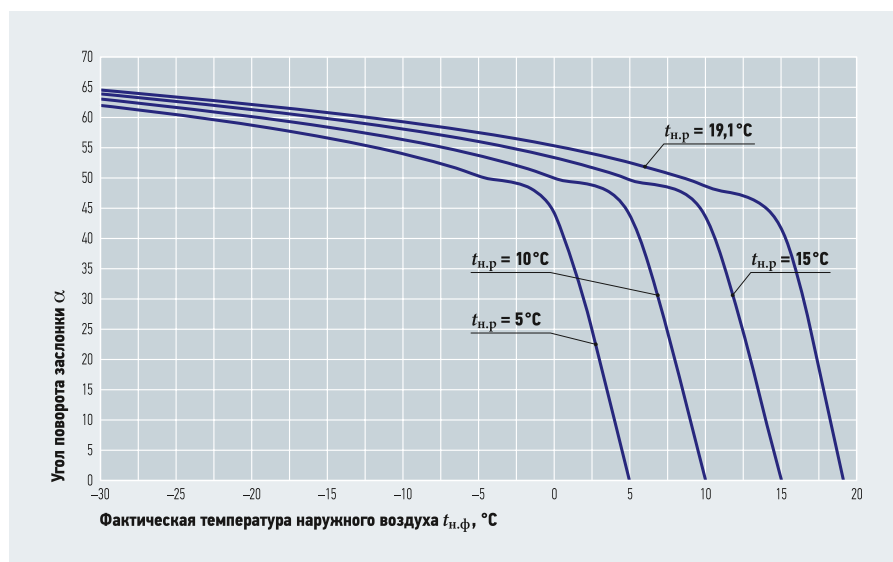


Рис. 3. Зависимость среднего значения предварительного угла поворота регулирующих заслонок систем естественной вентиляции МКД от $t_{н,р}$ и $t_{н,ф}$

Требуемый коэффициент местного сопротивления воздушной заслонки $\xi_{тр}$ определяется по формуле:

$$\xi_{тр} = \frac{2(p_{р,ф} - p_{р,р})}{v_{воз}^2 \rho_v}, \quad (6)$$

где $v_{воз}$ — скорость движения воздуха в воздуховоде системы естественной вентиляции, на котором предполагается установка заслонки, $v_{воз} \approx 1$ м/с.

Требуемый угол поворота заслонки α [град.] может быть определён в зависимости от величины $\xi_{тр}$ и количества её лопаток по справочным данным [8] либо рассчитан по эмпирической зависимости:

$$\alpha = 8,6445 \ln(\xi_{тр}) + 23,05. \quad (7)$$

Абсолютная погрешность расчёта по приведённой формуле не превышает зна-

чений: $\Delta\alpha = \pm 0,5^\circ$ — для интервалов углов поворота заслонки $\alpha = 0-50^\circ$ и $63-200^\circ$ и $\Delta\alpha = \pm 2^\circ$ для $\alpha = 51-62^\circ$.

Результаты расчёта углов поворота воздушных заслонок по формулам (4)–(7) для рассматриваемых режимов работы систем естественной вентиляции приведены на рис. 3 и 4. При отсутствии ветра на всех вентиляционных каналах необходимо создавать дополнительные потери давления путём поворота заслонок в определённое положение. В тоже время при наличии ветра, в зависимости от его направления и скорости, требуемый угол поворота заслонки может значительно отличаться. Чем выше расчётная и фактическая температуры наружного воздуха, тем шире становится возможный интервал углов поворота регулирующих заслонок.

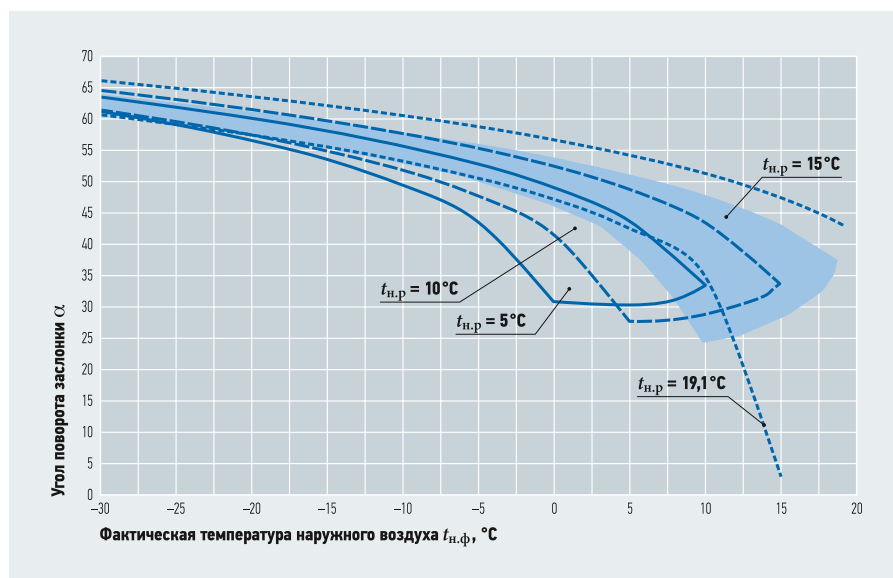


Рис. 4. Зависимость среднего значения необходимого угла поворота регулирующих заслонок систем естественной вентиляции МКД от $t_{н,р}$ и $t_{н,ф}$ с учётом влияния ветрового давления

Системы естественной вентиляции вновь строящихся и реконструируемых МКД необходимо оборудовать средствами автоматического поддержания постоянного расхода воздуха по показаниям датчиков температуры и скорости наружной среды

Системы естественной вентиляции, спроектированные только с учётом температуры наружного воздуха и без поправки на ветровое давление, обеспечивают значительно меньшую точность регулирования. В холодный период года при открытых приточных устройствах это обстоятельство приведёт к недогреву помещений, а в части переходного и в тёплый периоды — к перегреву.

Повышение расчётной температуры наружного воздуха на стадии проектирования естественной вентиляции с $+5^\circ\text{C}$ до $+19,1^\circ\text{C}$, с одной стороны, приведёт к увеличению продолжительности эффективной работы систем, с другой — повысит зависимость их фактической производительности от действия набегающего на здание ветрового потока.

Системы естественной вентиляции вновь строящихся и реконструируемых многоквартирных домов необходимо по возможности оборудовать средствами автоматического поддержания постоянного расхода воздуха по показаниям датчиков температуры и скорости наружной среды. •

1. Абрамкина Д.В., Агаханова К.М. Влияние естественного воздухообмена в помещении на концентрацию взвешенных частиц // Вестник СибАДИ, 2018. №6. С. 912–921.
2. Аверкин А.Г., Иващенко Н.Ю. К вопросу совершенствования систем естественной вентиляции в жилых зданиях // Образование и наука в современном мире. Инновации, 2018. №1. С. 164–172.
3. Аничкин А.Г. Ещё раз о воздушном режиме // Журнал СОК, 2016. №7. С. 42–48.
4. Малявина Е.Г., Агаханова К.М. Натурные испытания гравитационных вытяжных систем вентиляции / Строительство. Формирование среды жизнедеятельности: Сб. трудов XXI Межд. науч. конф. (Москва, 25–27.04.2018). — М.: Изд-во МГСУ, 2018. С. 311–313.
5. Рымаров А.Г., Абрамкина Д.В. Оценка эффективности работы систем естественной вентиляции / Строительство. Формирование среды жизнедеятельности: Сб. трудов XXI Межд. науч. конф. (Москва, 25–27.04.2018). — М.: Изд-во МГСУ, 2018. С. 308–310.
6. Рымаров А.Г., Савичев В.В. Особенности определения требуемого воздухообмена в помещениях жилых зданий // Жилищное строительство, 2014. №12. С. 23–25.
7. Куприянов В.Н. Климатология и физика архитектурной среды. — М.: Изд-во АСВ, 2016. 194 с.
8. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов и др.; под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1992. 416 с.

References — see page 80.

To the question of regulating the productivity of systems of natural ventilation of multi-apartment residential houses. Pp. 52–54.

Mikhail V. Bodrov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, head of the department; **Viktor Yu. Kuzin**, PhD, Associate Professor, the Department of Heating and Ventilation, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNSAGU, Nizhny Novgorod city)

1. D.V. Abramkina, K.M. Agahanova. *Vliyanie estestvennogo vozduhoobmena v pomeshteni na koncentraciju vzveshennykh chastic* [Influence of natural air exchange in the room on the concentration of suspended particles]. *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal]. 2018. No. 6. Pp. 912–921. [In Russian]
2. A.G. Averkina, N.Ju. Ivashchenko. *K voprosu sovershenstvovaniya sistem estestvennoy ventiljacii v zhilykh zdaniyakh* [On the issue of improving natural ventilation systems in residential buildings]. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii* [“Education and science in the modern world. Innovation” Magazine]. 2018. No. 1. Pp. 164–172. [In Russian]
3. A.G. Anichhin. *Eshhjo raz o vozdušnom rezhime* [Once again about the air mode]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2016. No. 7. Pp. 42–48. [In Russian]
4. E.G. Maljavina, K.M. Agahanova. *Naturnye ispytaniya gravitacionnykh vytyazhnykh sistem ventiljacii* [Field tests of gravitational exhaust ventilation systems]. *Stroitel'stvo. Formirovanie sredy zhiznedejatel'nosti: Sb. trudov XXI Mezhd. nauch. konf.* [Building. Formation of the living environment: Proc. of the XXI International Scientific Conference]. April 25–27, 2018. Moscow. *Izd-vo MGSU* [Publishing house of National Research University Moscow State of Civil Engineering]. 2018. Pp. 311–313. [In Russian]
5. A.G. Rymarov, D.V. Abramkina. *Ocenka jeffektivnosti raboty sistem estestvennoy ventiljacii* [Evaluation of the efficiency of natural ventilation systems]. *Stroitel'stvo. Formirovanie sredy zhiznedejatel'nosti: Sb. trudov XXI Mezhd. nauch. konf.* [Building. Formation of the living environment: Proc. of the XXI International Scientific Conference]. April 25–27, 2018. Moscow. *Izd-vo MGSU* [Publishing house of National Research University Moscow State of Civil Engineering]. 2018. Pp. 308–310. [In Russian]
6. A.G. Rymarov, V.V. Savichev. *Osobennosti opredeleniya trebuemogo vozduhoobmena v pomeshteniyakh zhilykh zdaniy* [Specifics of determining the required air exchange in residential buildings]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [“Housing construction” Magazine]. 2014. No. 12. Pp. 23–25. [In Russian]
7. V.N. Kuprijanov. *Klimatologiya i fizika arhitekturnoj sredy* [Climatology and physics of the architectural environment]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2016. 194 p. [In Russian]
8. B.V. Barkalov, N.N. Pavlov et al. *Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Ch. 3: Ventiljacija i kondicionirovanie vozduha. Kn. 2* [Internal sanitary facilities. Part 3: Ventilation and air conditioning. 2th book]. Edited by N.N. Pavlov and Ju.I. Shiller. 4r edition, rev. and exp. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture (“Stroiizdat” Publishers)]. 1992. 416 p. [In Russian]