

Влияние стак-эффекта на систему противодымной вентиляции в многоэтажных жилых зданиях

Рецензия эксперта на статью получена
29.04.2026 [The expert review of the article
was received on April 29, 2026]

С увеличением этажности зданий значительно изменились подходы к организации путей эвакуации и обусловленных ими объёмно-планировочных решений. Значительная часть пользователей здания в России живёт в многоэтажных и высотных зданиях различных планировок.

Год постройки в рамках данного исследования имеет определяющую роль, поскольку с интенсивностью развития строительства значительно ужесточались требования к архитектурно-строительным решениям, общим показателям герметичности элементов здания и мероприятиям по защите здания от негативного влияния стак-эффекта. За последние 20 лет почти все строящиеся объекты жилого, общественного и административного назначения оснащены системами противодымной вентиляции. Как следствие, на объектах организованы защищаемые объёмы и помещения, разработаны пути эвакуации, использованы эвакуационные двери в противопожарном и дымогазонепроницаемом исполнении, а входные группы, подземные и надземные этажи здания оборудованы тамбурами для дополнительного шлюзования.

Работа систем противодымной вентиляции непосредственно зависит от разработанного решения по поддержанию требуемых рабочих параметров. Одним из основных аспектов, влияющих на надёжность работы систем, является напорная характеристика вентилятора. При подборе оборудования выполняется аэродинамический расчёт вентиляционной сети и суммируется с расчётным значением гидростатического давления при образовании стак-эффекта. Данная величина

может существенно меняться в зависимости от высоты здания и, как следствие, определять рабочую точку при подборе вентилятора. Рассмотрим подбор вентилятора приточной противодымной вентиляции на типовое значение расчётного расхода для вентиляционной сети на 500 Па без учёта стак-эффекта и на ту же сеть с учётом образованного стак-эффекта на 200 Па (рис. 1).

За последние 20 лет почти все строящиеся объекты жилого, общественного и административного назначения оснащены системами противодымной вентиляции. Как следствие, на объектах организованы защищаемые объёмы и помещения, разработаны пути эвакуации, использованы эвакуационные двери в противопожарном и дымогазонепроницаемом исполнении, а входные группы, подземные и надземные этажи здания оборудованы тамбурами для дополнительного шлюзования

На представленном примере видна разница по производительности одного и того же вентилятора, который преодолевает аэродинамическое сопротивление сети с учётом стак-эффекта и без него. Разница в расходе составляет более 5000 м³/ч, что может негативно повлиять на режим эвакуации людей и создать недопустимый перепад давления на эвакуационной двери (более 150 Па).

УДК 697.922. Научная специальность: 2.1.3.

Влияние стак-эффекта на противодымную систему вентиляции в многоэтажных жилых зданиях

Алексей Владимирович Бусахин, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), председатель правления НП «ИСЗС-Монтаж», эксперт ТК 465, ТК 400, ТК061; **Георгий Андреевич Савенко**, преподаватель, НИУ МГСУ, инженер ООО «ППФ АК» (г. Москва), аттестованный специалист НП «АВОК» и «НО-ПРИЗ»; **Игорь Витальевич Залавский**, бакалавр, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, НИУ МГСУ, инженер ООО «D2Design»

Работа систем противодымной вентиляции — один из самых сложных и малоизученных разделов вентиляции. Основная проблема заключается в том, что невозможно с высокой долей точности спрогнозировать развитие пожара для случайного здания, этажа и помещения. Это приводит к необходимости рассмотрения рабочих параметров в условиях максимальной неблагоприятной сценария развития пожара. Одним из факторов, учитываемых при проектировании систем противодымной защиты, в частности, подачи воздуха в защищаемый объём незадымляемой лестничной клетки, является нивелирование негативного влияния стак-эффекта. Пробуем разобраться, насколько сильное влияние оказывает стак-эффект при современных планировках зданий.

Ключевые слова: пожар, противодымная вентиляция, система приточной противодымной вентиляции, стак-эффект, эффект тяги, жилой дом, многоэтажный дом, тамбур-шлюз.

UDC 697.922. Scientific specialty number: 2.1.3.

Methods for optimizing air supply schemes to the protected volume of a stairwell

Alexey V. Busakhin, PhD (Engineering), Associate Professor, NRU MGSU, Chairman of the Management Board of "Engineering Systems of Buildings and Structures" Non-profit Partnership (NP "ISZS-Montazh"), expert of Technical Committees No. 465, No. 400, No. 061; **Georgiy A. Savenko**, lecturer, NRU MGSU, an engineer, "Design and Production Company "AK", LLC ("PPF AK", Moscow), certified specialist of "Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (NP "AVOK") and National Association of Prospectors and Designers (NOPRIZ); **Igor V. Zalavsky**, 3rd year Bachelor's degree student, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, NRU MGSU, engineer, "D2Design", LLC

The operation of smoke ventilation systems is one of the most complex and poorly studied sections of ventilation. The main challenge is that it is impossible to accurately predict the development of a fire for an arbitrary building, floor, or room. This leads to the need to consider the operating parameters under the most unfavorable fire scenario. One of the factors taken into account in the design of smoke protection systems, particularly the supply of air to the protected volume of a non-smoking stairwell, is the mitigation of the negative effects of the stack effect. Let's try to understand how much of an impact the stack effect has on modern layouts.

Key words: fire, smoke control ventilation, supply smoke control ventilation system, stack effect, thrust effect, residential building, multi-storey building, vestibule-gate-way.

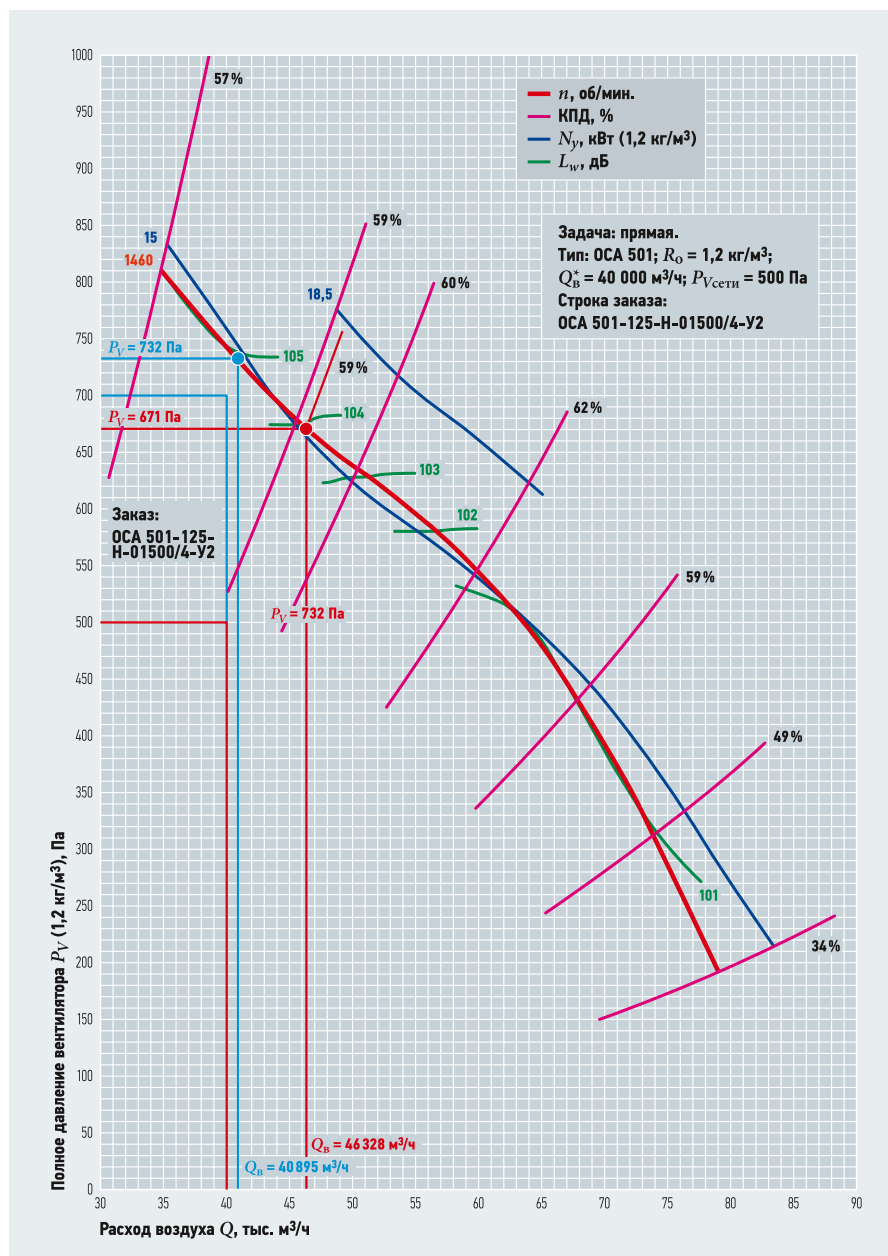


Рис. 1. Подбор вентилятора приточной противодымной вентиляции

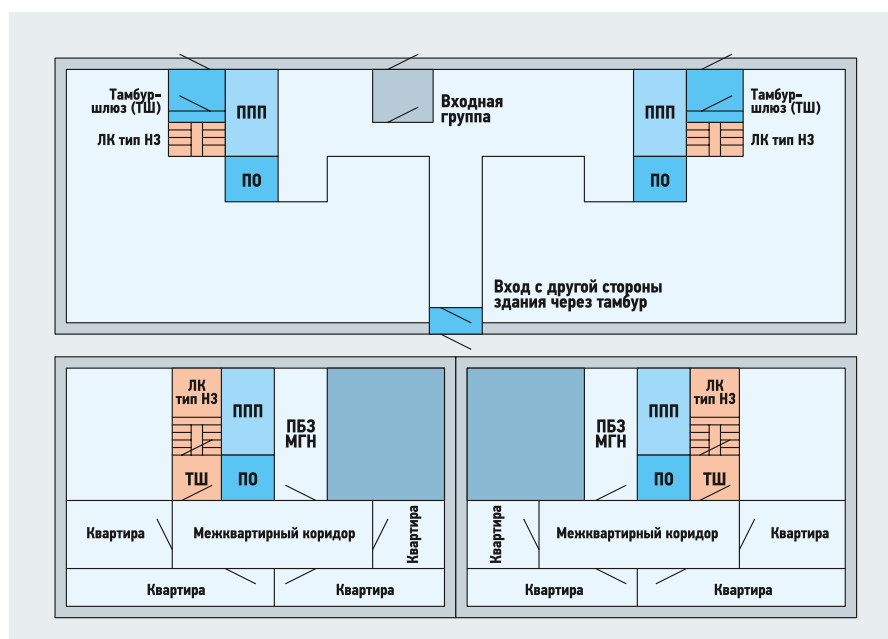


Рис. 2. Принципиальная планировка первого и типового этажа объекта 2021 года

В качестве объекта исследования рассматривается высотный многофункциональный жилой дом (по адресу: г. Москва, ул. Красная сосна, д. 3) 2021 года постройки, объемно-планировочные решения которого представлены на рис. 2.

На типовом этаже лестничная клетка обособлена тамбур-шлюзом от межквартирного коридора, через который непосредственно эвакуируются жильцы в случае пожара. Из объема лестницы — выход непосредственно на улицу. Тамбур для отсечения улицы и первого этажа присутствует.

Необходимо выполнить теоретический расчет ожидаемого влияния стак-эффекта на перепад давления первого и второго этажей здания, провести серию натурных испытаний в условиях работающей системы отопления при наружной температуре +5 °С. Полученные данные позволят оценить степень сходимости методологических подходов с условиями реальных измерений и провести анализ влияния стак-эффекта на распределение давления внутри зданий.

Теоретическая часть исследования базируется на основных методологических подходах по определению перепадов давления внутри здания на различных отметках в зависимости от образованного гидростатического и ветрового давления.

Методика №1

Для определения расчетного перепада давления [Па] на i -м этаже здания по методике №1 используется формула:

$$\Delta p_1 = (\rho_i - \rho_0)g(h_i - h_{\text{нпл}}), \quad (1)$$

где ρ_i — плотность наружного воздуха при различных температурах, кг/м³; ρ_0 — плотность внутреннего воздуха при температуре +20 °С, кг/м³; g — ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; h_i — высота i -го этажа уровня планировочной отметки, м; $h_{\text{нпл}}$ — высота линии нейтральной плоскости в здании.

Методика №2

Для определения расчетного перепада давления [Па] на i -м этаже здания по методике №2 используется формула:

$$\Delta p_2 = (\rho_i - \rho_0)gh, \quad (2)$$

где h — высота от уровня планировочной отметки до уровня расположения оборудования систем противодымной вентиляции здания, м. В данной методике мы считаем разность давлений от первого этажа до уровня линии нейтральной плоскости, а в верхней оставшейся части здания принимаем значения нижней части с противоположным знаком.

Методика №3

Для определения расчётного перепада давления [Па] на i -м этаже здания по методике №3 используется формула:

$$\Delta p_3 = 0,043(t_0 - t_i)(h_i - h_{\text{нпл}}), \quad (3)$$

где 0,043 (Па/К)/м — удельный перепад давления по высоте здания; t_0 и t_i — температуры внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °С.

Практическая часть исследования производится на основе замеров при помощи многофункционального измерительного прибора testo 435. Для рассматриваемого объекта исследуемыми параметрами являются расход воздуха при последовательно открытых дверях тамбур-шлюза из лестничной клетки и наружной двери из тамбура, а также перепады давления на эвакуационных дверях.

Порядок измерений:

- расчётные этажи 2, 10, 15, 22;
- на первом этаже дверь из лестничной клетки в тамбур закрыта, дверь из тамбура на улицу закрыта, измеряется перепад давления на типовом этаже из межквартирного коридора в тамбур-шлюз;
- на первом этаже дверь из лестничной клетки в тамбур закрыта, дверь из тамбура на улицу закрыта, измеряется перепад давления на типовом этаже из тамбур-шлюза в лестничную клетку (при открытой двери из коридора в тамбур-шлюз);
- на первом этаже дверь из лестничной клетки в тамбур открыта, дверь из тамбура на улицу открыта, измеряется перепад давления на типовом этаже из межквартирного коридора в тамбур-шлюз;

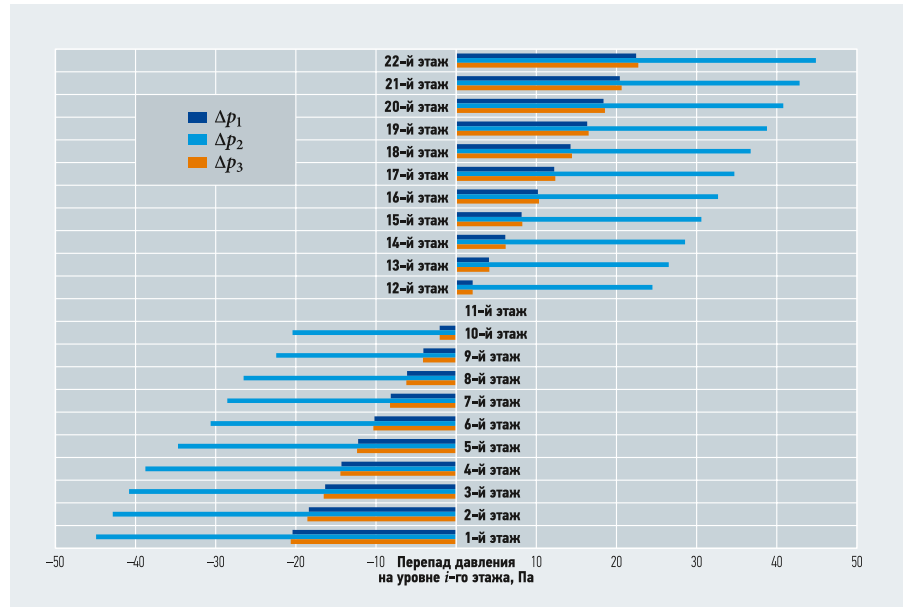


Рис. 3. Формирование стак-эффекта в исследуемых зданиях

- на первом этаже дверь из лестничной клетки в тамбур открыта, дверь из тамбура на улицу открыта, измеряется перепад давления на типовом этаже из тамбур-шлюза в лестничную клетку (при открытой двери из коридора в тамбур-шлюз);
- на первом этаже дверь из лестничной клетки в тамбур открыта, дверь из тамбура на улицу открыта, измеряется расход воздуха в живом сечении дверного проёма по шести точкам, принимается среднее арифметическое значение.

График ожидаемого перепада давления по разным методикам на этажах представлен на рис. 3. Результаты исследования приведены в табл. 1 и 2.

На основе результатов выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Для определения стак-эффекта наилучшей методикой оказалась методика №1.
2. Объёмно-планировочные решения и герметичность здания современной застройки несущественно подвержены влиянию стак-эффекта при работе систем противодымной вентиляции.
3. Учитывая сходимост теоретических расчётов и практических значений, можно сделать вывод о том, что если расчёт будет осуществляться для регионов РФ для холодного периода с отрицательными температурами, то разность давлений из-за стак-эффекта окажется в допустимом диапазоне и не будет значительно влиять на работу систем противодымной вентиляции. ●

Сводные эмпирические данные для объекта 2021 года

табл. 1

№	Размерность	Измеренный стак-эффект объекта 2021 года при $t_{\text{нар}} = +5^\circ\text{C}$				Разница между теоретическими и практическими значениями для ЛК, %		
		Двери на улицу закрыты		Двери на улицу открыты		Δp_1	Δp_2	Δp_3
		ТШ	ЛК	ТШ	ЛК	ЛК	ЛК	ЛК
22	Па	0	-2,5	6	4	17,82	8,91	17,62
15	Па	-1	-1	4	6	73,51	19,60	72,67
10	Па	-1	-1	2	8	-392,03	-39,20	-387,60
2	Па	0	0	1	10	-54,45	-23,34	-53,83
1	Па	-	-	14	14	-68,60	-31,18	-67,83

Сводные эмпирические данные для объекта 2021 года

табл. 2

№	Размерность	Измеренный стак-эффект объекта 2021 года при $t_{\text{нар}} = +5^\circ\text{C}$				Разница между теоретическими и практическими значениями для ЛК, Па		
		Двери на улицу закрыты		Двери на улицу открыты		Δp_1	Δp_2	Δp_3
		ТШ	ЛК	ТШ	ЛК	ЛК	ЛК	ЛК
22	Па	0	-2,5	6	4	18,45	40,89	18,70
15	Па	-1	-1	4	6	2,16	24,61	2,26
10	Па	-1	-1	2	8	10,04	28,41	10,06
2	Па	0	0	1	10	28,37	52,85	28,58
1	Па	-	-	14	14	34,41	58,89	34,64
Среднее отклонение, Па						18,68	41,13	18,85

1. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изм. №1-3) / Дата введ.: 19.09.2020.
2. СП 253.1325800.2016. Инженерные системы высотных зданий (с Изм. №1-3) / Дата введ.: 04.02.2017.
3. Бусахин А.В., Савенко Г.А. Разработка способов повышения безопасности при работе систем противодымной вентиляции // АВОК, 2023. №2. С. 26-29.
4. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (с Изм. №1-3) / Дата введ.: 25.02.2013.
5. Бусахин А.В., Савенко Г.А. Проектируем решения: организация сброса избыточного давления // АВОК, 2025. №3. С. 30-35.
6. ГОСТ Р 53300-2009. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приёмо-сдаточных и периодических испытаний (с Попр., с Изм. №1) / Дата введ.: 01.01.2010.
7. Бусахин А.В., Колубков А.Н., Савенко Г.А. Противодымная вентиляция многоквартирных жилых и общественных зданий: учебник. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2025. 200 с.
8. Р НП «АВОК» 5.5.1-2023. Системы противодымной вентиляции жилых и общественных зданий / А.Н. Колубков, Ю.А. Табунщиков, В.М. Есин [и др.]. — М.: НП «АВОК», 2023. 168 с.
9. Расчётное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий: методические рекомендации к СП 7.13130.2013 / И.И. Ильминский, Д.В. Беляев, П.А. Вислогузов, Б.Б. Колчев. — М.: ФГБУ «ВНИИПО МЧС России», 2013. 58 с.
10. Денисихина Д.М., Самолётов М.В. Эффект тяги: от движущей силы естественной вентиляции к головной боли высотных зданий // АВОК, 2013. №8. С. 28-33.

References — see page 79.

Methods for optimizing air supply schemes to the protected volume of a stairwell. Pp. 66–68.

Alexey V. Busakhin, PhD (Engineering), Associate Professor, NRU MGSU, Chairman of the Management Board of "Engineering Systems of Buildings and Structures" Non-profit Partnership (NP "ISZS-Montazh"), expert of Technical Committees No. 465, No. 400, No. 061; **Georgy A. Savenko**, lecturer, NRU MGSU, an engineer, "Design and Production Company "AK", LLC ("PPF AK", Moscow), certified specialist of "Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (NP "AVOK") and National Association of Prospectors and Designers (NOPRIZ); **Igor V. Zalavsky**, 3rd year Bachelor's degree student, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, NRU MGSU, engineer, "D2Design", LLC

1. SP 1.13130.2020 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 1.13130.2020]. *Sistemy protivopozharnoy zashchity. Evakuatsionnye puti i vykhody (s Izm. No. 1–3)* [Fire protection systems. Evacuation routes and exits (with Amendments No. 1–3)]. Date of impl.: September 19, 2020. [In Russian]
2. SP 253.1325800.2016 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 253.1325800.2016]. *Inzhenernye sistemy vysotnykh zdaniy (s Izm. No. 1–3)* [Engineering systems of high-rise buildings (with Amendments No. 1–3)]. Date of impl.: February 4, 2017. [In Russian]
3. A.V. Busakhin, G.A. Savenko. *Razrabotka sposobov povysheniya bezopasnosti pri rabote sistem protivodymnoy ventilyatsii* [Development of methods for improving safety during operation of smoke ventilation systems]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2023. No. 2. Pp. 26–29. [In Russian]
4. SP 7.13130.2013 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 7.13130.2013]. *Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti (s Izm. No. 1–3)* [Heating, ventilation, and air conditioning. Fire safety requirements (with Amendments No. 1–3)]. Date of impl.: February 25, 2013. [In Russian]
5. A.V. Busakhin, G.A. Savenko. *Proektiruem resheniya: organizatsiya sbrosa izbytochnogo davleniya* [Designing solutions: Organizing excess pressure relief]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2025. No. 3. Pp. 30–35. [In Russian]
6. GOST R 53300–2009 [The State Industry Standard of Russia No. 53300–2009]. *Protivodymnaya zashchita zdaniy i sooruzhenij. Metody priemo-sdatochnykh i periodicheskikh ispytaniy (s Popr., s Izm. No. 1)* [Smoke protection of buildings and structures. Methods of acceptance and periodic tests (with Correction, with Amendment No. 1)]. Date of impl.: January 1, 2010. [In Russian]
7. A.V. Busakhin, A.N. Kolubkov, G.A. Savenko. *Protivodymnaya ventilyatsiya mnogokvartirnykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy: uchebnik* [Smoke ventilation of multi-apartment residential and public buildings: A textbook]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [MISI-MGSU Publishing House]. 2025. 200 p. [In Russian]
8. A.N. Kolubkov, Yu.A. Tabunshchikov, V.M. Esin et al. R NP "AVOK" 5.5.1–2023 [Methodological recommendations of "Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization No. 5.5.1–2023]. *Sistemy protivodymnoy ventilyatsii zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Smoke ventilation systems of residential and public buildings]. Moscow. NP "AVOK" [Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics]. 2023. 168 p. [In Russian]
9. I.I. Ilminsky, D.V. Belyaev, P.A. Visloguzov, B.B. Kolchev. *Raschetnoe opredelenie osnovnykh parametrov protivodymnoy ventilyatsii zdaniy: metodicheskie rekomendatsii k SP 7.13130.2013* [Calculation of the main parameters of smoke ventilation of buildings: Methodological recommendations to the Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 7.13130.2013]. Moscow. *FGBU VNIPO MChS Ros-sii* [Federal State Budgetary Establishment "All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters"]. 2013. 58 p. [In Russian]
10. D.M. Denisikhina, M.V. Samoletov. *Effekt tyagi: ot dvizhushchey sily estestvennoy ventilyatsii k golovnoj boli vysotnykh zdaniy* [The draft effect: From the driving force of natural ventilation to the headache of high-rise buildings]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2013. No. 8. Pp. 28–33. [In Russian]