



Способы оптимизации схем подачи воздуха в защищаемый объём лестничной клетки типа Н2

В современных высотных зданиях, согласно требованиям СП 1.13130.2020 [1] и СП 253.1325800.2016 [2], предусматриваются незадымляемые лестничные клетки (ЛК) типа Н2 или Н3, чтобы выполнялись требования по обеспечению безопасности эвакуации [3].

Рассмотрим лестничную клетку типа Н2 — это незадымляемая лестничная клетка, в которой защита от распространения дымогазвоздушной смеси на путях эвакуации при пожаре обеспечивается механической системой противодымной приточной вентиляции (далее СППВ).

Одним из ключевых условий эффективной работы такой системы является поддержание определённого перепада избыточного давления на проёме эвакуационной двери. Согласно требованиям СП 7.13130.2013 п. 7.16, подп. б [4], этот перепад должен составлять от 20 до 150 Па и контролироваться автоматической системой управления, работающей по соответствующему алгоритму. Это необходимо для создания одинаковых условий эвакуации людей на всех этажах здания.

Превышение допустимого перепада избыточного давления создаёт непреодолимые условия для безопасной эвакуации людей [5]. В случае, когда перепад давления ниже нормы, существует риск про-

никновения дымогазвоздушной смеси в зону эвакуации. Возникает опасность нерасчётного воздушного режима при несоблюдении хотя бы одного из установленных требований, что в значительной степени ухудшает условия эвакуации из-за возрастания перепада избыточного давления на эвакуационной двери лестничной клетки.

Выделяют два вида приточной противодымной вентиляции в лестничную клетку типа Н2 — с обособленной и распределённой подачей. Первый вид системы характеризуется тем, что есть только одна точка подачи воздуха в объём незадымляемой лестничной клетки, у второго вида имеется несколько точек подачи по высоте лестничной клетки.

Одним из ключевых условий эффективной работы механической системы противодымной приточной вентиляции является поддержание определённого перепада избыточного давления на проёме эвакуационной двери. Согласно [4], этот перепад должен составлять от 20 до 150 Па

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

УДК 697.922. Научная специальность: 2.1.3.

Способы оптимизации схем подачи воздуха в защищаемый объём лестничной клетки типа Н2

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, ТК 061; **Георгий Андреевич Савенко**, преподаватель, НИУ МГСУ, инженер ООО «ППФ АК» (г. Москва), аттестованный специалист НП «АВОК» и «НОПРИЗ»; **Мусса Мухадинович Мисиров**, аспирант, НИУ МГСУ, инженер ООО «ППФ АК» (г. Москва)

В статье рассмотрены обособленная и распределённая подача воздуха в незадымляемую лестничную клетку, проведён их сравнительный анализ — проанализированы перепады давления при разных способах эвакуации. Представлены преимущества распределённой системы для обеспечения необходимых параметров работы противодымной приточной вентиляции в жилых и общественных зданиях.

Ключевые слова: пожар, противодымная вентиляция, система противодымной приточной вентиляции.

UDC 697.922. Scientific specialty number: 2.1.3.

Ways to optimize the air supply schemes in the protected volume of the H2 type 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; **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); **Moussa M. Misirov**, postgraduate student, NRU MGSU, an engineer, "Design and Production Company "AK", LLC ("PPF AK", Moscow)

The article examines separate and distributed air supply to a smoke-free stairwell and provides their comparative analysis by evaluating pressure differences under various evacuation scenarios. The advantages of the distributed system for ensuring the required operating parameters of supply smoke control ventilation in residential and public buildings are presented.

Key words: fire, smoke control ventilation, supply smoke control ventilation system.

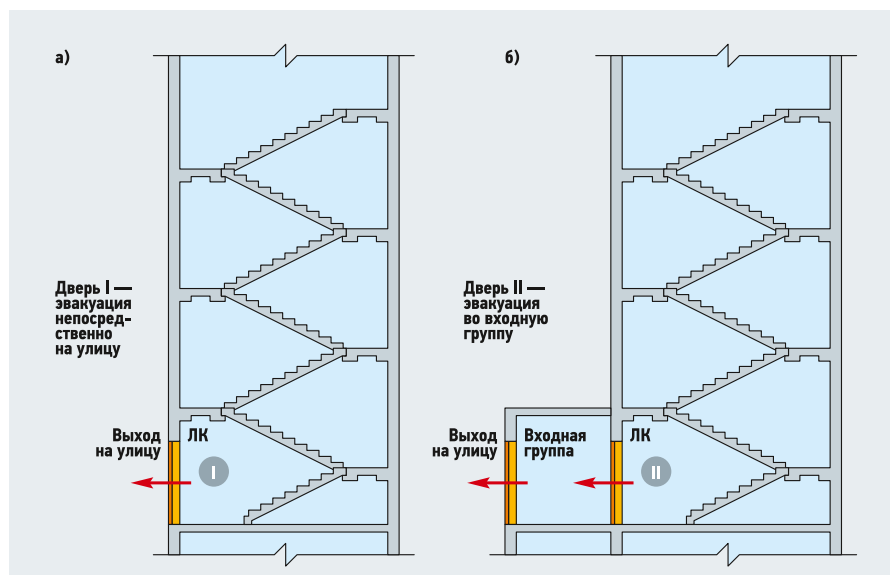


Рис. 1. Схема эвакуации людей через лестничную клетку (а — дверь I, эвакуация непосредственно на улицу; б — дверь II, эвакуация во входную группу)

Схема эвакуации людей через лестничную клетку может быть реализована двумя способами: непосредственно выход из лестничной клетки на улицу (рис. 1а) и выход во входную группу здания (рис. 1б).

Согласно п. 4.4 ГОСТ Р 53300–2009 [6], порядок и последовательность проведения приёмно-сдаточных испытаний имеют следующий вид:

«В надземных незадымляемых лестничных клетках типа Н2 измерения избыточного давления должны выполняться в два этапа:

- все двери лестничной клетки закрыты, измерения производятся на закрытых дверях нижнего и верхнего этажей;
- все двери лестничной клетки закрыты, за исключением двери на этаже, ведущем из здания наружу, измерения производятся на закрытой двери смежного этажа, расположенного выше от этажа, оборудованного выходом из здания наружу».

Расчёт следует выполнять при открытых дверях на этаже пожара и на первом этаже, а также при открытой двери, ведущей на улицу или во входную группу здания. При этом необходимо учитывать возможность временного открытия дверей не только на этаже возникновения пожара, но и на других этажах здания, кроме первого, через который осуществляется эвакуация наружу. Одновременное открытие дверей на всех этажах здания при расчёте не рассматривается.

Расчёт базируется на методике, представленной в [7] (аналогичная методика отражена в Р НП «АВОК» [8] и ВНИИПО [9]). Однако методика не содержит указаний, как рассчитать количество точек подачи воздуха в лестничной клетке. В данном исследовании сделана попытка на базе данной методики выявить и обосновать

возможность расчёта количества точек подачи воздуха и их размещения по этажам здания.

Объёмный расход воздуха [м³/с], фильтрующегося через щели дверей внутрь здания на уровне i -го этажа, определяют по формуле:

$$L_i^{дв} = \frac{\sqrt{\frac{P_i^{лк} - P_i^в}{S_{дв}^{лк}}}}{\rho_n}, \quad (1)$$

где $P_i^{лк}$ — давление в лестничной клетке на уровне i -го этажа, Па; $P_i^в$ — давление внутри здания на уровне i -го этажа, Па; ρ_n — плотность наружного воздуха, кг/м³; $S_{дв}^{лк}$ — характеристика сопротивления газопроницанию дверей [1/(кг·м)], которую определяют по формуле:

$$S_{дв}^{лк} = \frac{S_{уд}^{лк}}{(B_{лк} H_{лк})^2}, \quad (2)$$

где $S_{уд}^{лк}$ — удельная характеристика сопротивления газопроницанию; $B_{лк}$ — ширина дверного проёма из коридора в лестничную клетку, м; $H_{лк}$ — высота двер-

ного проёма из коридора в лестничную клетку, м.

Давление на $i+1$ -м этаже лестничной клетки $P_{i+1}^{лк}$ [Па], которое больше, чем давление на i -м этаже, на величину потерь давления на участке межэтажного пролёта лестничной клетки, определяют по формуле:

$$P_{i+1}^{лк} = P_i^{лк} + \frac{30 L_{i+1,i}^2 \rho_n}{f_{лк}^2}, \quad (3)$$

где $L_{i+1,i}$ — объёмный расход воздуха, поступающий с $i+1$ -го этажа лестничной клетки на i -й этаж, м³/с; $f_{лк}$ — площадь лестничной клетки, м².

Расход воздуха [м³/ч], который необходимо подавать в лестничную клетку для создания подпора при пожаре, определяют по формуле:

$$L_{вент}^{лк} = 3600 [L_{лк/вх} + \sum (L_i^{дв} + L_i^{ок})], \quad (4)$$

где $L_{лк/вх}$ — объёмный расход при открытой двери лестничной клетки в коридор/холл/вестибюль или непосредственно на улицу, м³/с; $L_i^{дв}$ — объёмный расход воздуха, фильтрующегося через дверные неплотности, м³/с; $L_i^{ок}$ — объёмный расход воздуха, фильтрующегося через оконные неплотности, м³/с.

Расчёт следует выполнять при открытых дверях на этаже пожара и на первом этаже, а также при открытой двери, ведущей на улицу или во входную группу здания. При этом необходимо учитывать возможность временного открытия дверей не только на этаже возникновения огня

Объектом исследования выступает 25-этажное жилое здание. Данные для расчёта сведены в табл. 1.

Данные для расчёта

табл. 1

Параметр	Значение
Температура наружного воздуха в холодный период года t_n , °C	–23
Скорость ветра v_n , м/с	2
Температура внутреннего воздуха до начала пожара $t_{вн}$, °C	18
Высота этажа $h_{эт}$, м	3,45
Уровень расположения выбросного отверстия удаления продуктов горения $h_{выбр}$, м	90
Ширина дверного проёма из коридора в ЛК типа Н2 $B_{лк}$, м	1,25
Высота дверного проёма из коридора в ЛК типа Н2 $H_{лк}$, м	2,4
Площадь лестничной клетки $F_{уд}$, м²	17,6
Удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей лестничной клетки $S_{уд}$, м³/кг	55 000
Эквивалентная площадь проёмов при выходе из ЛК на улицу f , м²	2,2895
Плотность приточного воздуха ρ_n , кг/м³	1,30

Полученные результаты расчётов по расходам сведены в табл. 2. Указанное распределение расхода воздуха по этажам здания представляет собой режим обеспечения подачи воздуха в защищаемый объём лестничной клетки. Поддержание заданной величины гарантирует выполнение требований о допустимом значении перепада давления на эвакуационной двери за счёт одной из выбранных схем организации системы. Для наглядности полученные результаты давлений были представлены в виде графиков.

Расчётное распределение перепада давления для обособленной подачи в лестничную клетку типа Н2 представлено на рис. 2, для распределённой подачи в ЛК типа Н2 по этажам здания расчётное распределение показано на рис. 3.

Распределение расхода воздуха, представленное в табл. 2, по этажам здания представляет собой режим обеспечения подачи воздуха в защищаемый объём лестничной клетки. Поддержание заданной величины гарантирует выполнение требований о допустимом значении перепада давления на эвакуационной двери за счёт одной из выбранных схем организации системы.

Рис. 2 демонстрирует динамику развития перепада давления при обособленной подаче в лестничную клетку и имеет характерный линейный рост избыточного давления по высоте здания. Данный режим подтверждён многочисленными натурными испытаниями.

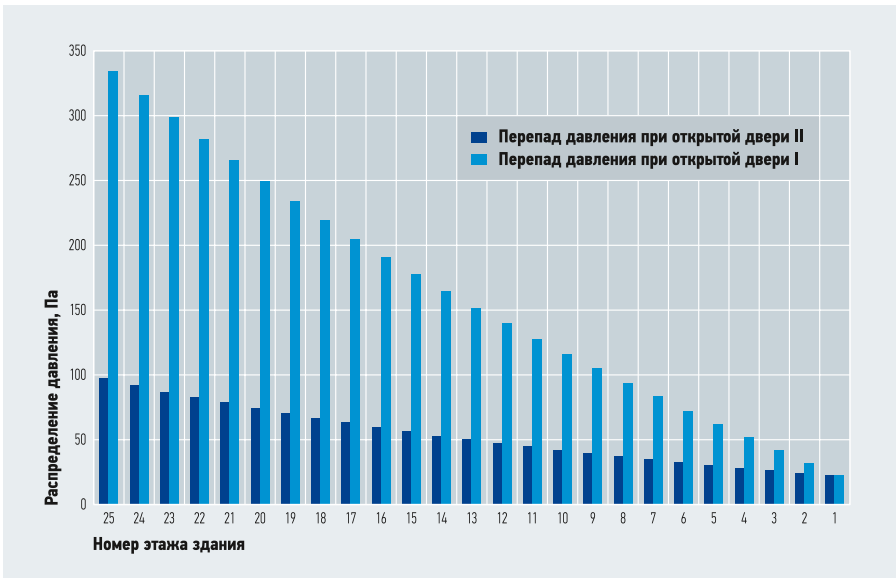
Рис. 3 визуализирует методику расчёта перепада давления при распределённой подаче в лестничную клетку и имеет характерный амплитудный рост избыточного давления по высоте здания. Натурными испытаниями такой методологический подход не верифицирован. Данный график не отражает работу системы в действительности, поскольку не существует разработанной методологии расчёта для распределённой подачи воздуха.

В реальности распределённая подача характеризуется параллельным открытием клапанов и равномерной подачей воздуха по объёму лестничной клетки с выравниванием избыточного давления. В рамках развития теоретической части проводимого диссертационного исследования предлагается метод аппроксимации пиковых расчётных значений на

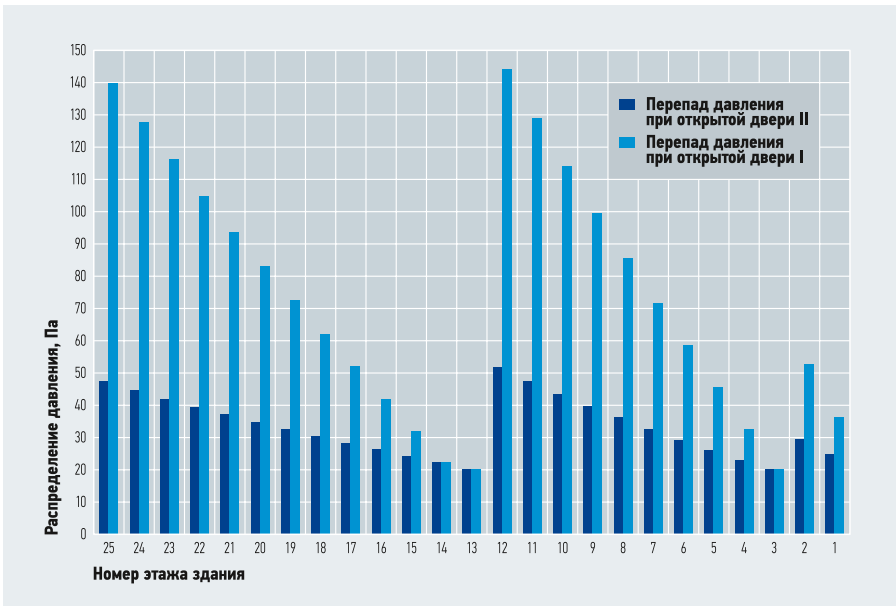
.. Сводная расчётная таблица по расходам

табл. 2

Тип подачи $L_{\text{лк/вх}}, \text{ м}^3/\text{с}$	Обособленная		Распределённая	
	открыта дверь		открыта дверь	
№ этажа	I	II	I	II
1	8,76	3,90	8,76	3,90
2	8,82	3,96	8,82	3,96
3	8,89	4,01	8,89	4,01
4	8,96	4,07	8,96	4,07
5	9,05	4,14	9,05	4,14
6	9,14	4,21	9,14	4,21
7	9,24	4,28	9,24	4,28
8	9,35	4,36	9,35	4,36
9	9,46	4,44	9,46	4,44
10	9,58	4,53	9,58	4,53
11	9,71	4,62	9,71	4,62
12	9,85	4,72	9,85	4,72
13	9,99	4,83	9,94	4,81
14	10,14	4,93	10,04	4,91
15	10,30	5,05	10,15	5,00
16	10,46	5,16	10,26	5,11
17	10,63	5,29	10,39	5,22
18	10,80	5,41	10,52	5,33
19	10,98	5,54	10,66	5,45
20	11,17	5,68	10,81	5,57
21	11,36	5,81	10,96	5,70
22	11,56	5,96	11,12	5,83
23	11,76	6,10	11,25	5,95
24	11,97	6,25	11,38	6,08
25	12,19	6,41	11,52	6,21



.. Рис. 2. График расчётного распределения перепада давления для обособленной подачи воздуха в лестничную клетку типа Н2



.. Рис. 3. График расчётного распределения перепада давления для распределённой подачи воздуха в лестничную клетку типа Н2

равноудалённых участках между клапанами при распределённой подаче воздуха. Ожидаемый график распределения избыточного давления в рассматриваемой лестничной клетке представлен на рис. 4.

Рис. 4 демонстрирует аппроксимированное распределение величины перепада давления при распределённой подаче воздуха в объём защищаемой лестничной клетки. Разработанный метод является одним из фрагментов системы критериевых уравнений, который позволит обосновать применение методологических подходов для объектов современного строительства с учётом актуализации и адаптации теоретических основ проектирования и расчёта систем противодымной вентиляции в объём незадымляемой лестничной клетки.

На основе результатов выполненного исследования можно сделать выводы:

1. Анализируя графики перепада давления по высоте лестничной клетки независимо от типа подачи воздуха, при эвакуации через дверь II избыточное давление не превышает допустимого значения.
2. Анализируя график перепада давления по высоте лестничной клетки типа Н2 при обособленной подаче воздуха, наблюдается линейный рост избыточного давления в защищаемом объёме при открытой двери непосредственно на улицу. Из этого следует невозможность поддержания требуемого диапазона перепада избыточного давления в лестничной клетке.
3. Анализируя график перепада давления по высоте лестничной клетки типа Н2 для распределённой подачи, наблюдаются точки преломления графика давления, что характеризует участок параллельно-

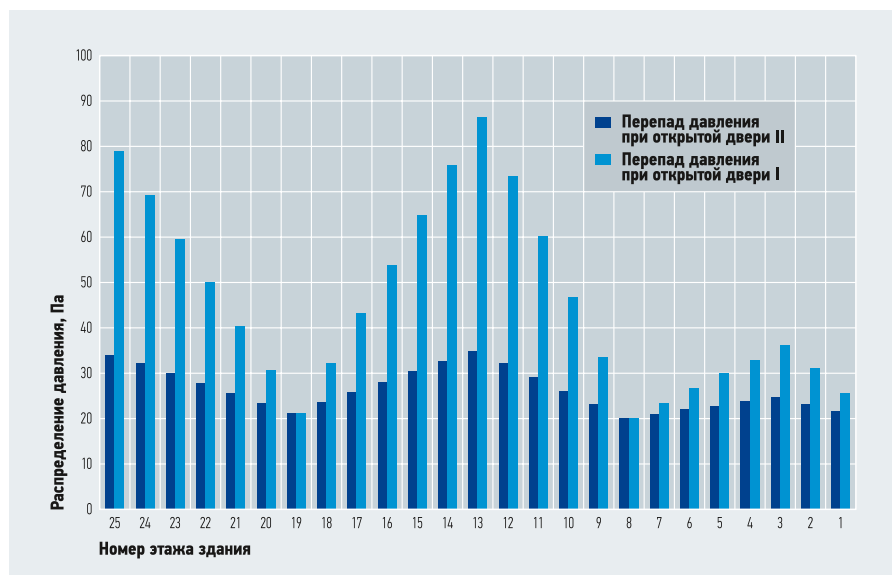


Рис. 4. График ожидаемого распределения перепада давления для распределённой подачи воздуха в ЛК при применении метода аппроксимации пиковых расчётных значений

го включения воздухораспределительного устройства. Из этого следует возможность поддержания требуемого диапазона перепада избыточного давления в лестничной клетке.

Анализируя график перепада давления по высоте лестничной клетки, наблюдается линейный рост избыточного давления в защищаемом объёме при открытой двери непосредственно на улицу. Из этого следует невозможность поддержания требуемого диапазона перепада избыточного давления в лестничной клетке

4. Рассматривая вариант эвакуации из объёма защищаемой незадымляемой лестничной клетки типа Н2 непосредственно на улицу, при обособленной подаче наблюдается превышение допустимого перепада давления в объёме лестничной клетки.
5. Рассматривая вариант эвакуации из объёма защищаемой незадымляемой ЛК через входную группу здания при распределённой подаче воздуха, не наблюдается превышения допустимого перепада давления в объёме лестничной клетки.
6. Разработан метод аппроксимации расчёта избыточного давления при распределённой подаче в лестничную клетку в рамках проводимого диссертационного исследования. ●



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.

References — see page 80.

Ways to optimize the air supply schemes in the protected volume of the H2 type stairwell. Pp. 66–69.

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); **Moussa M. Misirov**, postgraduate student, NRU MGSU, an engineer, "Design and Production Company "AK", LLC ("PPF AK", Moscow)

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 pozharnoy 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" Non-government Public Organization]. 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: metod. rekomend. 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 Rossii* [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]