

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2023. Т. 32. № 3. С. 69–81
 POZHAROVZRYVOBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2023; 32(3):69-81

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 614.841.332:624.012.4

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.03.69-81>

Расчетная оценка эффективности технических решений по естественному проветриванию обычных лестничных клеток при пожаре в жилых зданиях

**Андрей Владимирович Пехотиков, Александр Анатольевич Абашкин,
 Александр Васильевич Гомозов ✉, Сергей Алексеевич Лучкин**

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская обл., г. Балашиха, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Естественное проветривание обычных лестничных клеток при пожаре предусмотрено положениями нормативных документов в области пожарной безопасности и играет существенную роль для обеспечения безопасности людей. Анализируются вопросы эффективности проветривания лестничных клеток через оконные проемы в наружных стенах, а также через проемы выходов на кровлю.

Целью является разработка критериев и математических соотношений для оценки эффективности технических решений по проветриванию лестничных клеток, а также их апробация для жилых зданий различной этажности.

Методы. Используются математические методы, позволяющие прогнозировать концентрации продуктов горения на различных этажах лестничных клеток в зависимости от площади открытых оконных проемов и возможности открытия люков выходов на кровлю, а также аналитический метод оценки эффективности технических решений по проветриванию лестничных клеток.

Результаты. Разработаны теоретические положения, позволяющие оценить влияние площади открытых оконных проемов и люков выходов на кровлю на естественное проветривание обычных лестничных клеток в жилых зданиях секционного типа с выходами из квартир на лестничные клетки, а также проведены расчеты, позволяющие оценить эффективность этих решений в зданиях различной этажности.

Выводы. На основе исследований разработаны критерии и математические соотношения для оценки эффективности различных технических решений по естественному проветриванию обычных лестничных клеток. При этом эффективность этих решений определяется возможностью спасения людей из квартир соответствующего этажа без привлечения значительного числа пожарных и без применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

Ключевые слова: оконные проемы; выходы на кровлю; спасение людей при пожаре; предельные значения опасных факторов пожара; этажность жилых зданий

Для цитирования: Пехотиков А.В., Абашкин А.А., Гомозов А.В., Лучкин С.А. Расчетная оценка эффективности технических решений по естественному проветриванию обычных лестничных клеток при пожаре в жилых зданиях // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 32. № 3. С. 69–81. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.03.69-81

✉ Гомозов Александр Васильевич, e-mail: Gomozovav@yandex.ru

Calculation evaluation of the effectiveness of technical solutions for natural ventilation of ordinary staircases in case of fire in residential buildings

Andrey V. Pekhotikov, Alexander A. Abashkin, Alexander V. Gomozov ✉, Sergey A. Luchkin

All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Natural ventilation of ordinary staircases in case of fire is provided for by the provisions of regulatory documents in the field of fire safety and plays an essential role in ensuring the safety of people. This article

analyzes the effectiveness of ventilation of staircases through window openings in the outer walls, as well as through the openings of exits to the roof.

The purpose of this article is to develop criteria and mathematical relationships for evaluating the effectiveness of technical solutions for ventilation of staircases, as well as their approbation for residential buildings of various heights.

Methods. Mathematical methods are used to predict the concentration of combustion products on different floors of stairwells, depending on the area of open window openings and the possibility of opening roof access hatches, as well as an analytical method for evaluating the effectiveness of technical solutions for ventilation of stairwells.

Results. Theoretical provisions have been developed to assess the effect of the area of open window openings and roof hatches on the natural ventilation of ordinary staircases in sectional-type residential buildings with exits from apartments to staircases, and calculations have been made to evaluate the effectiveness of these solutions in buildings of various heights.

Conclusions. Based on the research, criteria and mathematical ratios have been developed to evaluate the effectiveness of various technical solutions for the natural ventilation of ordinary staircases. At the same time, the effectiveness of these solutions is determined by the possibility of rescuing people from the apartments of the corresponding floor without the involvement of a significant number of firefighters and without the use of personal respiratory and eye protection equipment.

Keywords: window openings; exits to the roof; rescue of people in case of fire; limit values of fire hazards; residential buildings of various heights

For citation: Pekhotikov A.V., Abashkin A.A., Gomofov A.V., Luchkin S.A. Calculation evaluation of the effectiveness of technical solutions for natural ventilation of ordinary staircases in case of fire in residential buildings. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2023; 32(3):69-81. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.03.69-81 (rus).

✉ Alexander Vasilievich Gomofov, e-mail: Gomofovav@yandex.ru

Введение

Необходимость обеспечения возможности проветривания лестничных клеток типа Л1 регламентируется положениями СП¹, согласно требованиям которого в наружных стенах лестничных клеток типа Л1 должны быть предусмотрены на каждом надземном этаже окна, открывающиеся изнутри без ключа и других специальных устройств (открывание должно обеспечиваться стационарной фурнитурой, в том числе в виде удлинительной штанги без применения автоматических и дистанционно-управляемых устройств). Устройства для открывания окон должны быть расположены не выше 1,7 м от уровня площадки лестничной клетки или пола этажа. При этом количество и площадь открываемых створок в данных окнах не нормируется. Положениями СП² регламентируется только площадь остекления в каждом из проемов в наружных стенах лестничной клетки, а также размеры одного из габаритов остекленной части, но при этом не устанавливаются требования к размерам открываемых проемов. Аналогичным образом ранее действующие нормативные документы по пожарной безопасности также не регламентировали необходимые размеры открываемых проемов в наружных стенах лестничных клеток, что говорит об исторически сложившейся практике, при которой окна лестничных клеток

при необходимости их проветривания вскрывались пожарными подразделениями.

Вместе с тем в настоящее время созданы объективные предпосылки для использования на лестничных клетках окон, позволяющих обеспечить необходимый режим проветривания путем открытия створок. Так, в ГОСТ³ отражены требования СП² для оконных блоков лестничной клетки и необходимость реализации у данных блоков функции открывания в режиме интенсивного проветривания (поворотное или фрамужное открывание). Этот стандарт позволяет подобрать оконные блоки лестничной клетки с необходимой площадью открываемых проемов.

Эффективное проветривание лестничных клеток играет существенную роль в обеспечении безопасности людей при пожаре в жилых секционных зданиях высотой до 9 этажей включительно, построенных до 2020 г., т.е. до момента введения новых противопожарных требований СП², где выходы из квартир предусмотрены непосредственно на лестничную клетку. При пожаре в одной из квартир таких зданий продукты горения быстро распространяются на лестничную клетку, тем самым блокируя единственный путь эвакуации из других квартир. Далее происходит распространение продуктов горения из лестничной клетки в квартиру через неплотности квартирной двери, в результате чего жители, не имеющие возможности эвакуироваться, могут погибнуть не только на лестничной клетке, но и в квартирах. Подобные

¹ СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

² СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

³ ГОСТ Р 56926–2016. Конструкции оконные и балконные различного функционального назначения для жилых зданий.

сценарии гибели людей имели место на практике, в том числе при пожаре в жилом 9-этажном здании в январе 2021 г. в Екатеринбурге (ул. Рассветная, 7), когда из-за распространения продуктов горения на лестничную клетку и далее в квартиры погибли 8 человек. При этом были спасены 90 человек, в том числе с помощью средств защиты органов дыхания — 52 человека. Для проветривания лестничной клетки пожарные вынуждены были разбивать окна, предварительно закрыв дверь квартиры, где находился очаг пожара.

Эффективное естественное проветривание лестничной клетки в таких жилых зданиях позволяет сократить продолжительность распространения опасных факторов пожара из лестничной клетки в квартиры до той величины, при которой опасные факторы пожара в квартире не превысят допустимых значений, а также обеспечить возможность безопасного перемещения жильцов из квартир наружу в сопровождении сотрудников пожарной охраны.

С учетом этого целью настоящей статьи является анализ технических решений по обеспечению естественного проветривания лестничных клеток типа Л1 в существующих секционных жилых зданиях высотой от 5 до 9 этажей.

Для достижения указанной цели в рамках статьи предусмотрена разработка критериев и математических соотношений, позволяющих оценить влияние различных технических решений на эффективность проветривания лестничных клеток

Кроме того, в статье предусмотрена апробация разработанных критериев и математических соотношений для оценки эффективности проветривания лестничных клеток в жилых зданиях высотой от 5 до 9 этажей как с помощью окон в наружных стенах, так и с помощью люков и дверей, обеспечивающих выходы на кровлю.

Критерии и математические соотношения для оценки эффективности проветривания лестничных клеток

Как было показано в [1], необходимый уровень противопожарной защиты лестничной клетки типа Л1 в существующих жилых зданиях считается обеспеченным при одновременном выполнении следующих условий:

- совокупность технических решений по защите лестничных клеток должна обеспечивать возможность безопасной эвакуации всех мобильных людей из любой квартиры;
- совокупность технических решений по защите лестничных клеток должна обеспечивать возможность безопасного спасения людей из любой квартиры по данной лестничной клетке.

Несанкционированное открытие оконных проемов в наружных стенах лестничных клеток при пожаре может привести к интенсификации процесса горения из-за поступающего в очаг пожара кислорода, вспышке недогоревших продуктов пиролиза, которые распространились из горящей квартиры на лестничную клетку и т.д.

С учетом этого проветривание лестничных клеток должно осуществляться подразделениями пожарной охраны с целью обеспечения возможности безопасного спасения людей из квартир по данной лестничной клетке на стадии, когда ликвидировано или ограничено поступление продуктов горения из горящей квартиры на лестничную клетку (т.е. имеется возможность безопасного перемещения людей мимо квартиры, в которой произошел пожар).

Поэтому оценка эффективности тех или иных решений по естественному проветриванию лестничной клетки проводится только для стадии спасения людей.

Исходя из этого, согласно [1], безопасность людей при спасении по лестничной клетке считается обеспеченной при выполнении следующих основных условий:

- опасные факторы пожара (далее по тексту — ОФП) в квартире с людьми, ожидающими спасения пожарными подразделениями, не превышают предельно допустимых значений до момента начала спасения, а также не происходит потеря огнестойкости тех конструкций, которые влияют на безопасность людей в квартире;
- ОФП на лестничной клетке, используемой для перемещения людей пожарными подразделениями, не превышают предельно допустимых значений до момента окончания их перемещения наружу (в том числе с учетом средств защиты, используемых этими людьми или переданных им пожарными), а также не происходит потеря огнестойкости тех конструкций, которые влияют на безопасность перемещения людей по лестничной клетке наружу.

Данные условия описываются соотношениями:

$$0,8 t_{\text{бл.кв}} \geq T_{\text{н.сп}}; \quad (1)$$

$$0,8 t_{\text{бл.кв}}^{\text{сп}} \geq T_{\text{ок.сп}}; \quad (2)$$

где $t_{\text{бл.кв}}$, $t_{\text{бл.лк}}$ — время блокирования квартиры, в которой расположен спасаемый человек, и лестничной клетки, используемой при спасении;
 $T_{\text{н.сп}}$ — время начала спасения, соответствующее интервалу времени от начала пожара до момента прибытия в квартиру к спасаемому человеку подразделений пожарной охраны, определяемое согласно [1, 2];

$T_{\text{ок.сп}}$ — время окончания спасения человека из квартиры, осуществляемого подразделениями пожарной охраны по лестничной клетке, соответствующее интервалу времени от начала пожара до момента перемещения спасаемого на безопасное расстояние от горящего здания, определяется согласно [1, 2].

Блокирование квартир происходит путем распространения в них ОФП из лестничной клетки. При этом динамика изменения ОФП на лестничной клетке рассчитывается на основе математических моделей распространения пожара из горящей квартиры на лестничную клетку с использованием программных продуктов⁴ [3, 4–10] и данных о предельно допустимых для людей значениях ОФП⁵ [3, 11, 12].

Время блокирования квартир $t_{\text{бл.кв}}$ при распространении ОФП из лестничной клетки через неплотности квартирной двери определяется на основе [13–18] с учетом величины удельного сопротивления дымопроницанию дверей и с учетом времени достижения предельных состояний по огнестойкости строительных конструкций при свободном развитии пожара $t_{\text{огн}}$ (время потери огнестойкости):

$$t_{\text{бл.кв}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{п.в}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{T.Г}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{T.П}}, t_{\text{огн}}\}. \quad (3)$$

Время блокирования лестничной клетки, используемой при спасении людей $t_{\text{бл.лк}}^{\text{сп}}$, определяется аналогично (3), при этом предельно допустимые значения ОФП для спасаемого человека определяются с учетом возможного использования им средств защиты.

В рамках расчета времени блокирования квартир и лестничной клетки согласно [1] определяется время достижения предельных состояний по огнестойкости несущих элементов здания и стен лестничных клеток при свободном развитии пожара $t_{\text{огн}}$ (время от начала пожара до момента потери огнестойкости) на основе расчетов их нагрева или расчета эквивалентной продолжительности пожара [19–21].

С учетом того, что данная статья посвящена естественному проветриванию лестничных клеток, анализ влияния фактора огнестойкости $t_{\text{огн}}$ в ней не предусмотрен, т.е. предполагается, что время достижения ОФП предельно допустимых значений в квартирах и на лестничной клетке меньше значения $t_{\text{огн}}$.

Как показал анализ, проведенный в [1], при пожаре в существующих жилых зданиях, квартиры которых имеют выходы на лестничную клетку, происходит быстрое блокирование этой лестничной клетки опасными факторами пожара, в результате чего жильцы будут вынуждены принять решение не эвакуироваться, а дожидаться спасения в квартирах, которые постепенно заполняются ОФП через неплотность дверей. При этом пожарные подразделения должны в короткие сроки достигнуть спасаемого человека и обеспечить его защиту от воздействия ОФП путем передачи ему средств защиты (изолирующего самоспасателя и т.д.), а также обеспечить сопровождение жильцов при перемещении наружу. Очевидно, что такая спасательная операция в многоэтажном жилом доме потребует значительного числа как пожарных, так и средств индивидуальной защиты.

С учетом этого естественное проветривание считается эффективным, если оно обеспечивает выполнение одновременно 2 перечисленных ниже критериев:

- проветривание обеспечивает предотвращение блокирования квартир опасными факторами пожара за счет их распространения из лестничной клетки в квартиру через неплотность дверей;
- проветривание обеспечивает такие временные интервалы окончания блокирования различных этажей лестничной клетки, при которых спасаемый человек по команде пожарных может не только безопасно (без средств защиты) переместиться из квартиры на лестничную клетку, но и безопасно переместиться по этой лестничной клетке наружу.

Для дальнейшего анализа с целью реализации инженерного подхода к оценке эффективности проветривания лестничной клетки представим $t_{\text{бл.кв}}$ лестничной клетки в виде суммы функций:

$$t_{\text{бл.кв}i} = t_{\text{бл.пл}i} + t_i^*, \quad (4)$$

где $t_{\text{бл.кв}i}$ — расчетное время блокирования ОФП квартиры, расположенной на i -м этаже, определенное без учета проветривания лестничной клетки;

$t_{\text{бл.пл}i}$ — время блокирования ОФП площадки i -го этажа;

t_i^* — интервал времени от момента блокирования опасными факторами пожара площадки i -го этажа до момента блокирования квартиры, имеющей выход на данную площадку.

Значение t_i^* зависит от величины удельного сопротивления дымопроницанию дверей квартиры S , площади (объема) квартиры, температуры воздуха снаружи, скорости и направления ветра и других факторов.

⁴ Nuclear Safety NEA/CSNI/R(2017)14. Investigating Heat and Smoke Propagation Mechanisms in Multi-Compartment Fire Scenarios Final Report of the PRISME Project. January 14, 2018. URL: www.oecd-nea.org

⁵ ISO 13571:2012. Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires.

Для квартир площадью 42 м² и $S = 5500$ м³/кг, как показано в [1, 15], значение t^* составляет около 1040 с.

С учетом этого для реализации инженерного подхода с необходимым запасом можно принять для всех этажей $t^* = 930$ с.

При проветривании лестничной клетки время окончания блокирования опасными факторами пожара площадки i -го этажа будет равно $t_{\text{ок.бл.пл } i}$.

Очевидно, что если окончание блокирования (разблокирование) площадки i -го этажа от ОФП произойдет раньше расчетного времени блокирования квартиры, расположенной на i -м этаже $t_{\text{бл.кв } i}$, то находящийся в квартире человек не будет поражен ОФП и имеет возможность в сопровождении пожарных выйти из квартиры без использования средств защиты. Это условие описывается неравенством:

$$t_{\text{бл.кв } i} > t_{\text{ок.бл.пл } i}. \quad (5)$$

С учетом (4) получим:

$$t_{\text{бл.пл } i} + t_i^* > t_{\text{ок.бл.пл } i}$$

или

$$\Delta t_i = t_{\text{бл.пл } i} + t_i^* - t_{\text{ок.бл.пл } i} > 0. \quad (6)$$

Для обеспечения возможности безопасного перемещения из квартиры, расположенной на i -м этаже, по лестничной клетке наружу необходимо, чтобы к моменту окончания блокирования площадки лестничной клетки, расположенной на i -м этаже, произошло разблокирование площадок всех нижележащих этажей, что описывается неравенством:

$$t_{\text{ок.бл.пл } i} > \max(t_{\text{ок.бл.пл } 1-(i-1)}). \quad (7)$$

Соотношения (6) и (7) являются математическими описаниями критериев, на основе которых оценивается возможность эффективного проветривания различных участков (групп этажей) лестничной клетки.

Если соотношения (6) и (7) выполняются для всех этажей лестничной клетки, то делается вывод о возможности эффективного проветривания лестничной клетки в целом.

Необходимо отметить, что обеспечение эффективного проветривания лестничной клетки или ее отдельных этажей не исключает необходимости подтверждения условий безопасного спасения (1) и (2) на основе положений [1, 2], в том числе с учетом необходимости обеспечения огнестойкости несущих элементов здания и стен лестничных клеток. Однако, поскольку данная статья посвящена

естественному проветриванию лестничных клеток, анализ этих условий в ней не предусмотрен.

Оценка эффективности проветривания лестничной клетки

Оценка эффективности проветривания лестничных клеток проведена для существующих типовых секционных жилых зданий высотой 5, 7 и 9 этажей (серии 1-447 С-1 и I-515/9Ш), у которых выходы из квартир предусмотрены непосредственно на лестничную клетку, а очаг пожара находится на 1 этаже.

Основные временные интервалы действий пожарных подразделений принимались на основе [1].

При этом пожарными для обеспечения возможности безопасного перемещения людей мимо проема горячей квартиры на 15 мин пожара (через 4 мин после прибытия) предпринимаются действия по ограничению распространения продуктов горения на лестничную клетку (закрытие двери горячей квартиры, подача струй воды в прихожую и др.), а после этого — действия по проветриванию лестничной клетки путем открытия их наружных дверей, а также открытия створок окон и люков (дверей) выходов на кровлю.

В ходе расчетов варьировалась площадь открытого проема в свету в наружных стенах лестничных клеток (створок окон) от 1 до 2 м².

При расчетах принималось, что для проветривания лестничных клеток в каждом здании открываются створки всех окон, кроме окон 1-го этажа.

Размеры люков и дверей выходов на кровлю из лестничных клеток принимались равными 0,6 × 0,8 м и 0,75 × 1,5 м соответственно.

Время от момента входа пожарных в здание через 12 мин (720 с) от начала пожара до момента открытия створок окон и выходов на кровлю принималось:

- 210 с для створок и 240 с для выходов на кровлю в 5-этажном здании (930 и 960 с от начала пожара соответственно);
- 240 с для створок и для выходов на кровлю в 7-этажном здании (960 с от начала пожара);
- 240 с для створок и 270 с для выходов на кровлю в 9-этажном здании (960 и 990 с от начала пожара соответственно).

Для 5-этажного здания динамика изменения концентрации НСЛ, которая достигает предельно допустимых значений раньше остальных ОФП, показана на рис. 1, 2, а обобщенные результаты расчетов проветривания приведены в табл. 1.

Расчеты, представленные в табл. 1, показывают, что для каждого из 1–3 этажей время окончания блокирования соответствующих этажей при площади открытых проемов 2 м² не отличается от времени

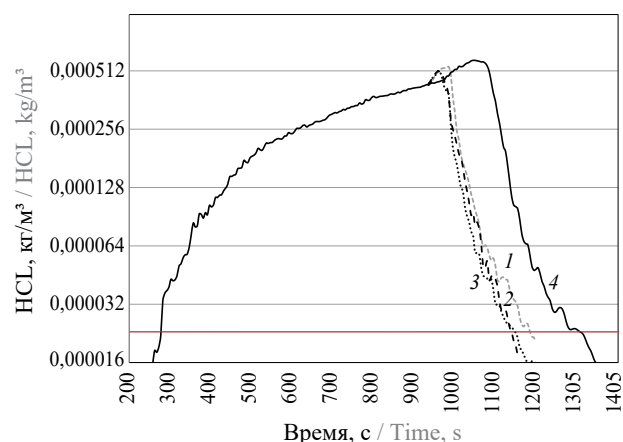


Рис. 1. Динамика изменения концентрации HCL на площадке 4-го этажа лестничной клетки 5-этажного здания: 1 — при площади открытого проема окна 1 м²; 2 — при площади открытого проема окна 2 м²; 3 — при площади открытого проема окна 1 м² и открытых проемах выходов на кровлю; 4 — при открытых проемах выходов на кровлю

Fig. 1. Dynamics of changes in the concentration of HCL on the site of the 4th floor stairwell of a five-story building: 1 — with an open window area of 1 m²; 2 — with an open window opening area of 2 m²; 3 — with an open window opening area of 1 m² and open openings for exits to the roof; 4 — with open openings of exits to the roof

окончания блокирования этих этажей при площади и открытых проемов 1 м², разница находится в пределах точности расчетов.

Для площадки 4-го этажа, как видно из рис. 1, время блокирования составляет $t_{\text{бл.пл. 4}} = 270$ с, а время окончания блокирования этой площадки $t_{\text{ок.бл.пл. 4}}$ составляет 1190 и 1140 с при площади открытых проемов 1 и 2 м² соответственно (кривые 1 и 2). Таким образом, интервал времени от момента открытия окон на 930 с до момента окончания блокирования площадки 4-го этажа составляет 260 с при площади открытых проемов

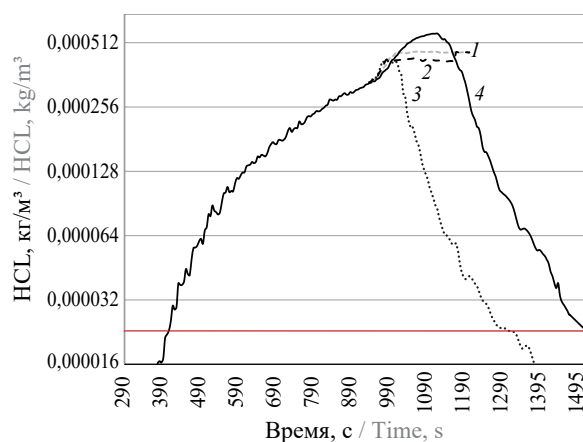


Рис. 2. Динамика изменения концентрации HCL на площадке 5-го этажа лестничной клетки 5-этажного здания: 1 — при площади открытого проема окна 1 м²; 2 — при площади открытого проема окна 2 м²; 3 — при площади открытого проема окна 1 м² и открытых проемах выходов на кровлю; 4 — при открытых проемах выходов на кровлю

Fig. 2. Dynamics of changes in the concentration of HCL on the site of the 5th floor stairwell of a five-story building: 1 — with an open window area of 1 m²; 2 — with an open window opening area of 2 m²; 3 — with an open window opening area of 1 m² and open openings for exits to the roof; 4 — with open openings of exits to the roof

1 м² и 210 с при площади открытых проемов 2 м² (уменьшается на 20 %).

Из табл. 1 видно, что неравенства (6) и (7) для 1–4 этажей выполняются даже при площади открытых проемов 1 м², что говорит о том, что для обеспечения эффективного проветривания этих этажей достаточно обеспечить площади открытых проемов на каждом этаже 1 м².

Дополнительное открытие люка выхода на кровлю, как видно из рис. 1, влияет на время окончания блокирования 4-го этажа аналогично увеличению площади открытых проемов до величины 2 м².

Таблица 1. Параметры проветривания лестничной клетки в 5-этажном здании

Table 1. Stairwell ventilation parameters in a 5-storey building

Этаж Floor	Время блокирования $t_{\text{бл.пл.}}$, с Block time $t_{\text{bl.l.}}$, s	Значения $t_{\text{ок.бл.пл.}}$ и Δt при открытых проемах и выходах на кровлю Values $t_{\text{end bl.l.}}$ and Δt for open openings and exits to the roof					
		Площадь проема 1 м ² Opening area 1 m ²		Площадь проема 2 м ² Opening area 2 m ²		Площадь проема 1 м ² и выходы на кровлю Opening area and exits to the roof 1 m ²	
		$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s
1	85	965	50	970	45	960	55
2	130	1015	45	1010	50	1025	35
3	190	1075	45	1080	40	1065	55
4	270	1190	10	1140	60	1150	50
5	405	—	< 0	—	< 0	1300	35

Анализ рис. 2 показывает, что время блокирования площадки 5-го этажа составляет $t_{\text{бл.пл } 5} = 405$ с, а открытие проемов площадью 1 или 2 м² не приводит к снижению концентрации НСЛ из-за того, что верхнее окно в существующих зданиях расположено ниже анализируемой отметки этого этажа. При этом незначительное увеличение концентрации НСЛ вызвано подъемом продуктов горения с более высокой концентрацией вверх при открытии окна.

В случае, если дополнительно к открытым проемам площадью 1 м² будут открыты проемы выхода на кровлю (люки), то время окончания блокирования площадки составит $t_{\text{ок.бл.пл } 5} = 1300$ с. При этом будет обеспечено выполнение неравенств (6) и (7), т.е. обеспечена необходимая эффективность проветривания 5-го этажа, поскольку $\Delta t_5 > 0$ (см. табл. 1).

Расчеты (см. табл. 1) показывают, что при открытии проемов площадью 1 м² и выходов на кровлю неравенство (6) выполняется для 1–5 этажей, а время окончания блокирования этих этажей составляет 960, 1025, 1065, 1150 и 1300 с соответственно. С учетом этого условие (7) выполняется и можно сделать вывод, что при открытии проемов площадью 1 м² и люков выходов на кровлю будет обеспечена необходимая эффективность проветривания всей лестничной клетки 5-этажного жилого здания.

Из рис. 1 и 2 видно, что открытие только люков выходов на кровлю значительно менее эффективно, чем открытие окон. Это техническое решение не обеспечивает выполнение неравенства (6), т.е. не обеспечивает эффективного проветривания.

Для 7-этажного здания результаты расчетов динамики изменения концентрации НСЛ на верхнем этаже показаны на рис. 3, а параметры проветривания — в табл. 2.

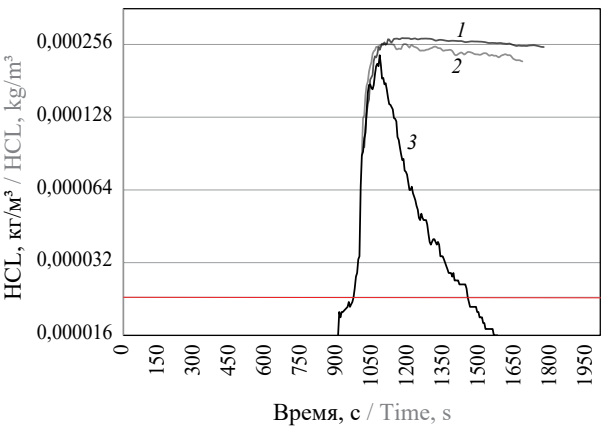


Рис. 3. Динамика изменения концентрации НСЛ на площадке 7-го этажа лестничной клетки 7-этажного здания: 1 — при площади открытого проема окна 1 м²; 2 — при площади открытого проема окна 2 м²; 3 — при площади открытого проема окна 1 м² и открытых проемах выходов на кровлю
Fig. 3. Dynamics of changes in the concentration of HCL on the site of the 7th floor stairwell of a seven-story building: 1 — with an open window area of 1 m²; 2 — with an open window opening area of 2 m²; 3 — with an open window opening area of 1 m² and open openings for exits to the roof

Как видно из табл. 2, для каждого из 1–6 этажей время окончания блокирования соответствующих этажей при открытии проемов площадью 2 м² не отличается от времени окончания блокирования этих этажей при открытии проемов площадью 1 м² (разница находится в пределах точности расчетов). При этом неравенство (6) выполняется для 1–6 этажей даже при открытии проемов площадью 1 м², что говорит о возможности эффективного проветривания этих этажей при площади открытых проемов 1 м².

Вместе с тем анализ табл. 2 показывает, что наибольшее влияние площадь открытых проемов оказывает на время блокирования площадки 6-го этажа. Время блокирования площадки 6-го этажа

Таблица 2. Параметры проветривания лестничной клетки в 7-этажном здании
Table 2. Stairwell ventilation parameters in a 7-storey building

Этаж Floor	Время блокирования $t_{\text{бл.пл}}$, с Block time $t_{\text{bl, l}}$, s	Значения $t_{\text{ок.бл.пл}}$ и Δt при открытых проемах и выходах на кровлю Values $t_{\text{end bl, l}}$ and Δt for open openings and exits to the roof					
		Площадь проема 1 м ² Opening area 1 m ²		Площадь проема 2 м ² Opening area 2 m ²		Площадь проема 1 м ² и выходы на кровлю Opening area and exits to the roof 1 m ²	
		$t_{\text{ок.бл.пл}}$, с $t_{\text{end bl, l}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл}}$, с $t_{\text{end bl, l}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл}}$, с $t_{\text{end bl, l}}$, s	Δt , с Δt , s
1	95	965	60	960	65	960	65
2	140	1005	65	995	75	990	80
3	200	1065	65	1075	55	1060	70
4	290	1145	75	1140	80	1130	90
5	415	1215	130	1215	130	1200	145
6	620	1355	195	1290	260	1285	265
7	965	—	< 0	—	< 0	1455	440

составляет $t_{\text{бл.пл } 6} = 620$ с, а время окончания блокирования этой площадки $t_{\text{ок.бл.пл } 6}$ составляет 1355 и 1290 с при открытии проемов площадью 1 и 2 м² соответственно (кривые 1 и 2). Таким образом, интервал времени от момента открытия створок окон на 960-й с до момента окончания блокирования площадки 4-го этажа составляет 395 с при открытии проемов площадью 1 м² и 330 с при открытии проемов площадью 2 м² (уменьшается на 17 %).

Неравенство (6) для 6-го этажа выполняется даже при открытии проемов площадью 1 м² ($\Delta t_6 > 0$), что говорит о том, что для обеспечения эффективного проветривания этого этажа необходимо обеспечить площадь открытых проемов 1 м².

Необходимо отметить, что дополнительное открытие люка выхода на кровлю практически не оказывает существенного влияния на время окончания блокирования 6-го этажа по сравнению с открытием проемов площадью 2 м².

Анализ рис. 3 показывает, что время блокирования площадки 7-го этажа составляет $t_{\text{бл.пл } 7} = 850$ с, а открытие проемов площадью 1 и 2 м² не приводит к снижению концентрации HCL из-за того, что окно в существующем здании расположено ниже анализируемой отметки этого этажа.

В случае, если дополнительно к открытию проемов площадью 1 м² будут открыты проемы выхода на кровлю (люки), то время окончания блокирования площадки 7-го этажа составит $t_{\text{ок.бл.пл } 7} = 1455$ с. При этом будет обеспечено выполнение неравенств (6) и (7), т.е. обеспечена необходимая эффективность проветривания 7-го этажа, поскольку $\Delta t_7 > 0$ (см. табл. 2).

Как видно из табл. 2, неравенства (6) и (7) при открытии проемов площадью 1 м² на всех этажах и открытии выходов на кровлю выполняются для 1–7 этажей. С учетом этого можно сделать вывод, что при открытии проемов площадью 1 м² на всех этажах и люков выходов на кровлю будет обеспечена необходимая эффективность проветривания всей лестничной клетки 7-этажного жилого здания.

Для 9-этажного здания результаты расчетов динамики изменения концентрации HCL показаны на рис. 4, а параметры проветривания — в табл. 3.

Анализ этих данных показывает, что для каждого из 1–5-го, а также 7-го этажа время окончания блокирования при открытии проемов площадью 2 м² не отличается от времени окончания блокирования этих этажей при открытии проемов площадью 1 м² (разница находится в пределах точности расчетов), а для 6 и 8-го этажей влияние открытия проемов площадью 2 м² более существенно.

Из табл. 3 видно, что время блокирования площадки 6-го этажа составляет $t_{\text{бл.пл } 6} = 575$ с, а время окончания блокирования этой площадки $t_{\text{ок.бл.пл } 6}$ составляет 1360 и 1290 с при открытии проемов

площадью 1 и 2 м² соответственно. Таким образом, интервал времени от момента открытия створок окон на 960-й с до момента окончания блокирования площадки 6-го этажа составляет 400 с при открытии проемов площадью 1 м² и 330 с при открытии проемов площадью 2 м² (уменьшается на 17 %).

Аналогичным образом время блокирования площадки 8-го этажа составляет $t_{\text{бл.пл } 8} = 1025$ с, а время окончания блокирования этой площадки $t_{\text{ок.бл.пл } 8}$ составляет 1640 и 1555 с при открытии проемов площадью 1 и 2 м² соответственно (кривые 1 и 2).

Таким образом, интервал времени от момента открытия створок окон на 960-й с до момента окончания блокирования площадки 8-го этажа составляет 680 с при открытии проемов площадью 1 м² и 595 с при открытии проемов площадью 2 м² (уменьшается на 13 %).

Несмотря на эти эффекты неравенство (6) для 6 и 8-го этажей выполняется даже при открытии проемов площадью 1 м² ($\Delta t_8 > 0$), что говорит о том, что для обеспечения эффективного проветривания этого этажа необходимо обеспечить площадь открытых проемов 1 м².

Необходимо отметить, что дополнительное открытие люка выхода на кровлю оказывает некоторое влияние на время окончания блокирования этажа по сравнению с открытием проемов площадью 2 м² на этом этаже только для 8-го этажа.

Как видно из табл. 3, неравенство (6) выполняется для 1–8-го этажей, что говорит о возможности эффективного проветривания этих этажей при площади открытого проема 1 м².

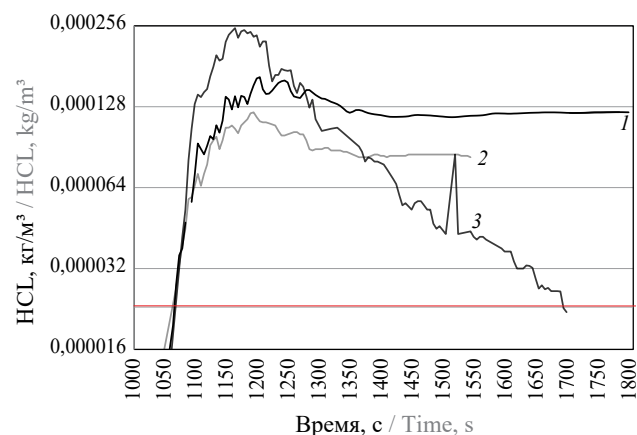


Рис. 4. Динамика изменения концентрации HCL на площадке 9-го этажа лестничной клетки 9-этажного здания: 1 — при площади открытого проема окна 1 м²; 2 — при площади открытого проема окна 2 м²; 3 — при площади открытого проема окна 1 м² и открытых проемах выходов на кровлю
Fig. 4. Dynamics of changes in the concentration of HCL on the site of the 9th floor staircase of a nine-storey building: 1 — with an open window area of 1 m²; 2 — with an open window opening area of 2 m²; 3 — with an open window opening area of 1 m² and open openings for exits to the roof

Таблица 3. Параметры проветривания лестничной клетки в 9-этажном здании
Table 3. Stairwell ventilation parameters in a 9-storey building

Этаж Floor	Время блокирования $t_{\text{бл.пл.}}$, с Block time $t_{\text{bl.l.}}$, s	Значения $t_{\text{ок.бл.пл}}$ и Δt при открытых проемах и выходах на кровлю Values $t_{\text{end bl.l}}$ and Δt for open openings and exits to the roof					
		Площадь проема 1 м ² Opening area 1 m ²		Площадь проема 2 м ² Opening area 2 m ²		Площадь проема 1 м ² и выходы на кровлю Opening area and exits to the roof 1 m ²	
		$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s	$t_{\text{ок.бл.пл.}}$, с $t_{\text{end bl.l.}}$, s	Δt , с Δt , s
1	90	985	35	985	35	985	35
2	130	1015	45	1010	50	1020	40
3	185	1080	35	1105	10	1090	25
4	265	1180	15	1175	20	1170	25
5	401	1280	51	1245	70	1240	86
6	560	1305	185	1290	215	1355	135
7	805	1445	290	1375	349	1370	365
8	1005	1565	370	1555	400	1485	450
9	1080	—	< 0	—	< 0	1635	375

Анализ рис. 4 показывает, что время блокирования площадки 9-го этажа составляет $t_{\text{бл.пл.9}} = 1080$ с, а открытие проемов площадью 1 и 2 м² не приводит к снижению концентрации НСЛ из-за того, что окно в существующем здании расположено ниже анализируемой отметки этого этажа.

В случае, если дополнительно к открытию проемов площадью 1 м² будут открыты проемы выхода на кровлю (люки), то время окончания блокирования площадки 9-го этажа составит $t_{\text{ок.бл.пл.9}} = 1802$ с. При этом будет обеспечено выполнение неравенств (6) и (7), т.е. обеспечена необходимая эффективность проветривания 9-го этажа, поскольку $\Delta t_9 > 0$.

Как видно из табл. 3, неравенство (6) при открытии проемов площадью 1 м² на всех этажах и открытии выходов на кровлю выполняется для 1–9-го этажей, а соотношение временных интервалов окончания блокирования этих этажей соответствует условиям (7). С учетом этого условия (6) и (7) выполняются и можно сделать вывод, что при открытии проемов площадью 1 м² и люков выходов на кровлю будет обеспечена необходимая эффективность проветривания лестничной клетки 9-этажного жилого здания.

Выводы

Положениями существующих и ранее действующих нормативных документов предусмотрена необходимость обеспечения возможности проветривания лестничных клеток типа Л1 за счет открытия

окон в их наружных стенах. При этом не регламентируются требования к площади открываемых проемов в данных окнах, а также отсутствуют положения о возможности использования для проветривания лестничных клеток проемов, предназначенных для выхода из лестничных клеток на кровлю. Отсутствуют также теоретические положения, позволяющие сформулировать требования к техническим решениям по проветриванию лестничных клеток и провести оценку эффективности этих решений.

Вместе с тем анализ пожаров с гибелью людей в секционных жилых домах, в которых выходы из квартир предусмотрены непосредственно на обычную лестничную клетку, показывает, что проветривание лестничной клетки в таких зданиях может существенно повысить безопасность людей при их спасении пожарными подразделениями и сократить количество необходимых для спасения людей средств защиты органов дыхания.

Представленные в статье критерии предполагают, что проветривание обычной лестничной клетки в секционных жилых домах, у которых выходы из квартир предусмотрены непосредственно на эту лестничную клетку, будет эффективным в случае, если оно позволяет ограничить продолжительность блокирования каждого ее этажа опасными факторами пожара до момента, при котором произойдет достижение ОФП в квартирах этого этажа предельно допустимых значений, а время окончания блокирования каждого нижележащего этажа меньше соответствующего времени окончания блокирования вышележащего этажа.

Реализация данных критериев позволяет обеспечить возможность спасения людей из квартир соответствующего этажа пожарными подразделениями без применения значительного числа средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения и без привлечения значительного числа пожарных, поскольку находящийся в квартире человек не будет поражен опасными факторами пожара и может в сопровождении пожарных выйти из квартиры наружу без использования средств защиты органов дыхания.

Математическое описание разработанных критериев, разработанное в рамках подготовки статьи, позволило провести расчетную оценку влияния различных технических решений на эффективность проветривания обычной лестничной клетки в существующих типовых жилых зданиях высотой от 5 до 9 этажей.

Данные расчеты показали, что возможность эффективного проветривания всех этажей этих зданий, кроме верхнего, обеспечивается при наличии открытого проема на каждом этаже площадью не менее 1 м².

При этом не обеспечивается проветривание верхних этажей, поскольку в существующих жилых зданиях с обычными лестничными клетками верхнее окно расположено ниже необходимого для проветривания уровня.

Поэтому для проветривания верхних этажей предложено использовать проемы выходов на кровлю. Проведенные расчеты подтвердили эффективность данного решения.

На основе результатов расчетов установлено, что для анализируемых типовых секционных жилых зданий (серии 1-447 С-1 и I-515/9Ш) при их реконструкции или ремонте необходимо устанавливать оконные блоки, все створки которых открываются полностью и обеспечивают площадь открытого проема в свету не менее 1,2 м², а люки выходов на кровлю предусмотреть с механизмами или приводами, обеспечивающими их полное открывание.

При этом управляющими компаниями должна быть обеспечена работоспособность устройств для открывания окон и люков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пехоти́ков А.В., Ива́нчук Р.А., Гомозов А.В., Лучкин С.А. Анализ технических решений по противопожарной защите обычных лестничных клеток при реконструкции секционных жилых зданий // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. Т. 36. № 2. С. 59–70. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70
2. Холицевников В.В., Самошин Д.А., Парфененко А.П., Кудрин И.С., Истратов Р.Н., Белосохов И.Р. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учебное пособие. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. 2-е изд., испр. и доп. М. : ВНИИПО, 2016. 79 с.
4. McGrattan K., Miles S. Modeling fires using Computational Fluid Dynamics (CFD) // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Chapter 32. 5th ed. Society of Fire Protection Engineers, 2016. Pp. 1034–1065. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0
5. Ярош А.С., Чалаташвили М.Н., Кроль А.Н., Попова Е.А., Романова В.В., Сачков А.В. Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2019. № 1. С. 50–56.
6. Дроздов Д.С., Дроздова Т.И. Графическое моделирование для оценки опасных факторов пожара // Техногенная и природная безопасность : сб. науч. тр. V междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 24–26 апреля 2019 г. / под ред. С.М. Рогачевой, А.С. Жутова, И.М. Учасовой. Саратов : Амирит, 2019. С. 69–73.
7. Бедрина Е.А., Рекин А.С., Храпский С.Ф., Бокарев А.И., Денисова Е.С. Прогнозирование динамики тепло-массообменных процессов при пожарах в типовых многоэтажных жилых зданиях // Динамика систем, механизмов и машин. 2019. Т. 7. № 3. С. 10–15. DOI: 10.25206/2310-9793-7-3-10-15
8. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R., Floyd J., Weinschenk C., Overholt K. Fire dynamics simulator user's guide. National Institute of Standards and Technology, 2019. 288 p. URL: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=913619
9. Gilbert S. Human behavior in home fires. Technical Note (NIST TN). Gaithersburg, MD, National Institute of Standards and Technology. 2021. DOI: 10.6028/NIST.TN.2191
10. Zhang T., Wang Z., Wong H., Tam W., Huang X.B., Xiao F. Real-time forecast of compartment fire and flashover based on deep learning // Fire Safety Journal. 2022. Vol. 130. P. 103579. DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103579
11. Leventon I.T., Bonny J.W. Influence of dispositional and situational factors on human perceptions of fire risk // Interflam 2019. London, 2020. DOI: 10.1002/fam.2857
12. Gwynne S., Kuligowski E., Kinsey M., Hulse L. Modelling and influencing human behaviour in fire // Fire and Materials. 2017. Vol. 41. Issue 5. Pp. 412–430. DOI: 10.1002/fam.2391

13. Матюшин А.В., Гомозов А.В., Иващук Р.А. Моделирование динамики опасных факторов пожара в помещениях с людьми, нуждающимися в спасении, с учетом наличия неплотностей в притворах дверей // Пожарная безопасность. 2013. № 4. С. 63–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20929304>
14. Матюшин А.В., Гомозов А.В., Иващук Р.А. Методика расчета динамики опасных факторов пожара в помещениях при наличии неплотностей в притворах дверей (щелей) // Пожарная безопасность. 2015. № 4. С. 92–100. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25064046>
15. Пехотилов А.В., Гомозов А.В., Усолкин С.В., Иващук Р.А. Оценка возможности спасения людей при пожаре в жилом здании // Пожарная безопасность. 2021. № 3 (104). С. 86–96. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.30.18.010
16. Пехотилов А.В., Иващук Р.А., Гомозов А.В., Лучкин С.А. Анализ влияния фактора огнестойкости строительных конструкций на обеспечение безопасности людей при пожаре // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 3. С. 84–95. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.03.84-95
17. Saarinen P.E., Kalliomäki P., Tang J.W., Koskela H. Large eddy simulation of air escape through a hospital isolation room single hinged doorway — validation by using tracer gases and simulated smoke videos // PLoS ONE. 2015. Vol. 10. Issue 7. P. e0130667. DOI: 10.1371/journal.pone.0130667
18. Martin D., McLaughlin B., Arup P.E. Influence of gap sizes around swinging doors with builders hardware on fire and smoke. San Francisco, 2018. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFInfluenceGapSizeAroundSwingingDoors.pdf>
19. Zhang C., Asif U. Heat transfer principles in thermal calculation of structures in fire // Fire Safety Journal. 2015. Vol. 78. Pp. 85–96. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.08.006
20. Шебеко Ю.Н., Шебеко А.Ю., Гордиенко Д.М. Расчетная оценка эквивалентной продолжительности пожара для строительных конструкций на основе моделирования пожара в помещении // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 31–39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23092671>
21. Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения : рекомендации. М. : ВНИИПО, 1988. 56 с.

REFERENCES

1. Pekhotikov A.V., Ivashchuk R.A., Gomozev A.V., Luchkin S.A. Analysis of engineering solutions for the fire protection of conventional stairwells during the reconstruction of residential buildings of sectional type. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2023; 36(2):59-70. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70 (rus).
2. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Parfenenko A.P., Kudrin I.S., Istratov R.N., Belosokhov I.R. *Evacuation and behavior of people in case of fires : textbook*. Allowance. Moscow, Academy of GPS EMERCOM of Russia, 2015; 262. (rus).
3. *Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of various classes of functional fire hazard*. 2nd ed., rev. and add. Moscow, VNIPO, 2016; 79.
4. McGrattan K., Miles S. Modeling fires using Computational Fluid Dynamics (CFD). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Chapter 32. 5th ed.* Society of Fire Protection Engineers, 2016; 1034-1065. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0
5. Yarosh A.S., Chalatazhvili M.N., Krol A.N., Popova E.A., Romanova V.V., Sachkov A.V. The system of buildings and structures dangerous fire factors development mathematical models alysis. *Bulletin of the scientific center for the safety of work in the coal industry*. 2019; 1:50-56. (rus).
6. Drozdov D.S., Drozdova T.I. Graphic modeling for assessing fire hazards. *Technogenic and natural safety : collection of scientific papers of the V International Scientific and Practical Conference. Saratov, April 24–26, 2019*. C.M. Rogacheva, A.S. Zhutova, I.M. Uchaeva (ed.). Saratov, Amirit Publ., 2019; 69-73. (rus).
7. Bedrina E.A., Rekin A.S., Khrapsky S.F., Bokarev A.I., Denisova E.S. Forecasting the dynamics of heat and mass transfer processes during fires in typical multi-storey residential buildings. *Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines*. 2019; 7(3):10-15. DOI: 10.25206/2310-9793-7-3-10-15 (rus).
8. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R., Floyd J., Weinschenk C., Overholt K. *Fire dynamics simulator user's guide*. National Institute of Standards and Technology, 2019; 288. URL: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=913619
9. Gilbert S. *Human behavior in home fires. Technical Note (NIST TN)*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2021. DOI: 10.6028/NIST.TN.2191
10. Zhang T., Wang, Z., Wong H., Tam W., Huang X., Xiao F. Real-time forecast of compartment fire and flashover based on deep learning. *Fire Safety Journal*. 2022; 130:103579. DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103579
11. Leventon I.T., Bonny J.W. Influence of dispositional and situational factors on human perceptions of fire risk. *Interflam 2019*. London, 2020. DOI: 10.1002/fam.2857

12. Gwynne S., Kuligowski E., Kinsey M., Hulse L. Modelling and influencing human behaviour in fire. *Fire and Materials*. 2017; 41(5):412-430. DOI: 10.1002/fam.2391
13. Matyushin A.V., Gomofov A.V., Ivashchuk R.A. Simulation of dynamics of dangerous fire factors in premises with people in need of rescue, taking into account the frame ledge of doors. *Pozharnaya Bezopasnost' / Fire Safety*. 2013; 4:63-68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20929304> (rus).
14. Matyushin A.V., Gomofov A.V., Ivashchuk R.A. Design procedure of dynamics of dangerous factors of fire in rooms in the presence of loose-fitting doors (narrow slots). *Pozharnaya bezopasnost' / Fire Safety*. 2015; 4:92-100. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25064046> (rus).
15. Pekhotikov A.V., Gomofov A.V., Usolkin S.V., Ivashchuk R.A. Evaluation of the possibility of saving people in a fire in a residential building. *Pozharnaya bezopasnost' / Fire Safety*. 2021; 3(104):86-96. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.30.18.010 (rus).
16. Pekhotikov A.V., Ivashchuk R.A., Gomofov A.V., Luchkin S.A. Analyzing the influence of the fire resistance of building structures on human safety in case of a fire. *Pozharovzryvbezopasnost' / Fire and Explosion Safety*. 2022; 31(3):84-95. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.03.84-95 (rus).
17. Saarinen P.E., Kalliomäki P., Tang J.W., Koskela H. Large eddy simulation of air escape through a hospital isolation room single hinged doorway — validation by using tracer gases and simulated smoke videos. *PLoS ONE*. 2015; 10(7):e0130667. DOI: 10.1371/journal.pone.0130667
18. Martin D., McLaughlin B., Arup P.E. *Influence of gap sizes around swinging doors with builders hardware on fire and smoke*. San Francisco, 2018. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFInfluenceGapSizeAroundSwingingDoors.pdf>
19. Zhang C., Asif U. Heat transfer principles in thermal calculation of structures in fire. *Fire Safety Journal*. 2015; 78:85-96. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.08.006
20. Shebenko Yu.N., Shebeko A.Yu., Gordienko D.M. Assessment of equivalent fire duration for building structures based on compartment fire modeling. *Pozharnaya bezopasnost' / Fire Safety*. 2015; 1:31-39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23092671> (rus).
21. *Methods for calculating the temperature regime of a fire in the premises of buildings for various purposes : Recommendations*. Moscow, VNIPO Ministry of Internal Affairs of the USSR, 1988; 56. (rus).

Поступила 30.03.2023, после доработки 19.04.2023;

принята к публикации 24.04.2023

Received March 30, 2023; Received in revised form April 19, 2023;

Accepted April 24, 2023

Информация об авторах

ПЕХОТИКОВ Андрей Владимирович, канд. техн. наук, начальник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0003-2396-3136; e-mail: Pekhotikov.a@mail.ru

АБАШКИН Александр Анатольевич, начальник отдела моделирования пожаров и нестандартного проектирования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0002-6347-3257; e-mail: one_15@bk.ru

ГОМОЗОВ Александр Васильевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт

Information about the author

Andrey V. PEKHOTIKOV, Cand. Sci. (Eng.), Head of Department of Fire Resistance of Building Structures and Engineering Equipment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2396-3136 e-mail: Pekhotikov.a@mail.ru

Alexander A. ABASHKIN, Head of Fire Modeling and Custom Design Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-6347-3257; e-mail: one_15@bk.ru

Alexander V. GOMOZOV, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Department of Fire Resistance of Building Structures and Engineering Equipment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for

противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0001-9660-9221; e-mail: Gomofovav@yandex.ru

ЛУЧКИН Сергей Алексеевич, младший научный сотрудник отдела огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0003-2313-6309; e-mail: Luchkin.sergey@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

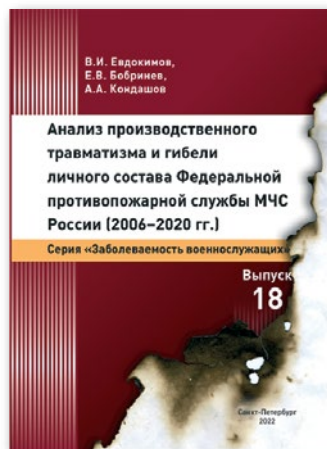
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-9660-9221, e-mail: Gomofovav@yandex.ru

Sergey A. LUCHKIN, Junior Researcher, Department of Fire Resistance of Building Structures and Engineering Equipment, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2313-6309; e-mail: Luchkin.sergey@yandex.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.



Евдокимов В.И., Бобринев Е.В., Кондашов А.А. Анализ производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2006–2020 гг.) : монография науч. ред. В.И. Евдокимов ; Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России. СПб. : ИПЦ «Измайловский», 2022. 138 с. (Серия «Заболееваемость военнослужащих» ; вып. 18).

В подготовке разделов монографии принимали участие: Ю.В. Гудзь, А.А. Ветошкин, П.В. Локтионов, Д.Ф. Магданов, В.А. Маштаков, Н.А. Панкратов.

ISBN 978-5-00182-034-5. Табл. 53, рис. 67, библиогр. 28 назв. тираж 500 экз.

Проанализированы травмы, в том числе фатальные, связанные с исполнением служебных обязанностей, у личного состава (сотрудников, имеющих специальные звания, и работников) Федеральной противопожарной службой (ФПС) МЧС России за 15 лет (2006–2020 гг.).

Полученные травмы соотнесены с причинами (технические, организационные, психофизиологические и опасные факторы пожаров) и 16 обстоятельствами, деятельностью личного состава ФПС МЧС России (тушение пожаров, учебно-спортивная и повседневная) и категориями (оперативный состав, профилактический, технический и управленческий персонал, сотрудники и работники). В связи с невысокими показателями производственного травматизма по некоторым обстоятельствам его уровень рассчитали на 10 тыс. человек, гибели — на 100 тыс.

Среднегодовой уровень производственного травматизма личного состава был ($14,66 \pm 2,01$) на 10 тыс. человек, гибели — ($8,53 \pm 0,83$) на 100 тыс. человек. В динамике отмечается уменьшение уровня производственного травматизма и гибели в ФПС МЧС России.

Монография будет полезна для широкого круга специалистов, занимающихся вопросами охраны труда, профилактики травматизма в подразделениях МЧС России и в целом по стране. Полная версия книги содержится на сайте Научной электронной библиотеки (eLIBRARY ID: 49594825). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49594825>