

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024. Т. 33. № 1. С. 5–14
POZHAROVZRYVBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024; 33(1):5-14

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 614.841.332:624.012.4

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2024.33.01.5-14>

Апробация и анализ нормативных требований по защите лестничных клеток с открытыми проемами при распространении пожара по фасаду

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. Положениями Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» предусмотрена возможность проектирования лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами в наружных стенах, а требованиями нормативных документов предусмотрена необходимость расчетного обоснования проектных решений по исключению блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара, распространяющимися по фасаду.

Для апробации и анализа этих требований в настоящей статье проведена оценка влияния различных факторов на время блокирования таких лестничных клеток опасными факторами пожара.

Цели и задачи. Целью настоящей статьи является апробация и анализ нормативных требований по защите лестничных клеток с открытыми проемами от блокирования опасными факторами пожара в зависимости от скорости ветра, класса функциональной пожарной опасности горящего помещения, размеров простенков и выступов лестничной клетки, а также конструктивного исполнения окон горящих помещений.

Методы. Расчеты временных интервалов блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара, распространяющимися по фасаду из окон горящих помещений, базировались на методологических положениях и математических моделях, используемых для определения пожарного риска.

Результаты. Получены расчетные данные, позволяющие оценить временные интервалы блокирования опасными факторами пожара лестничных клеток с открытыми проемами в наружных стенах в зависимости от скорости ветра в районе размещения объекта, особенностей горючей нагрузки в горящем помещении, размеров простенков и выступов лестничной клетки, а также конструктивного исполнения окон горящих помещений. Эти данные позволили оценить необходимость уточнения нормативных требований.

Выводы. На основе исследований получены расчетные данные для формирования необходимого практического опыта обоснования требований по исключению блокирования лестничных клеток с открытыми проемами опасными факторами пожара, которые распространяются по фасаду из окон горящих помещений. Полученные данные позволяют оценить влияние скорости ветра, класса функциональной пожарной опасности горящего помещения, размера выступа лестничной клетки на время ее блокирования опасными факторами пожара, а также определить направления уточнения нормативных требований.

Ключевые слова: размер простенка; размер выступа; предельные значения; опасные факторы пожара; помещение с естественным проветриванием

Для цитирования: Пехотиков А.В., Абашкин А.А., Гомозов А.В., Лучкин С.А. Апробация и анализ нормативных требований по защите лестничных клеток с открытыми проемами при распространении пожара по фасаду // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2024. Т. 33. № 1. С. 5–14. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.01.5-14

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

Approbation and analysis of regulatory requirements for protection of stairwells with open doorways in case of fire propagation along the facade

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. The provisions of the Federal Law of the Russian Federation dated 22.07.2008 No. 123-FZ “Technical Regulations on Fire Safety Requirements” stipulate the possibility of designing L1 type stairwells with open doorways in external walls. The requirements of regulatory documents stipulate the necessity of calculation substantiation of design solutions to exclude blocking of stairwells by fire hazardous factors spreading along the facade. To test and analyze these requirements, this paper assesses the influence of different factors on the time of blocking of such stairwells by fire hazardous factors.

Goals and objectives. The purpose of this paper is to approve and analyze regulatory requirements for the protection of stairwells with open doorways from blocking by fire hazardous factors depending on the wind speed, the functional fire hazard class of the burning premises, the dimensions of partitions and projections of the stairwell, as well as the design of the windows of the burning premises.

Methods. Calculations of time intervals of stairwell blocking by fire hazardous factors spreading along the facade from the windows of burning premises were based on methodological provisions and mathematical models used to determine fire risk.

Results. The calculated data allowing to estimate time intervals of blocking stairwells with open doorways in external walls by fire hazardous factors depending on the wind speed in the area of object location, peculiarities of combustible load in the burning premises, sizes of partitions and projections of the stairwell, as well as the design of windows of burning premises were obtained. These data made it possible to assess the necessity of specifying regulatory requirements.

Conclusions. Based on the research, calculated data for formation of necessary practical experience of substantiation of the requirements on exclusion of stairwells blocking with open doorways by fire hazardous factors that spread along the facade from the windows of burning premises are received. The obtained data make it possible to evaluate the influence of wind speed, the functional fire hazard class of burning premises, the size of the stairwell projection on the time of its blocking by fire hazardous factors, as well as to determine the directions of specification of regulatory requirements.

Keywords: partition size; projection size; limit values; fire hazardous factors; naturally ventilated premises

For citation: Pekhotikov A.V., Abashkin A.A., Gomozov A.V., Luchkin S.A. Approbation and analysis of regulatory requirements for protection of stairwells with open doorways in case of fire propagation along the facade. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety*. 2024; 33(1):5-14. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.01.5-14 (rus).

✉ Alexander Vasilievich Gomozov, e-mail: Gomozovav@yandex.ru

Введение

Положениями нормативных документов в области пожарной безопасности предусмотрен комплекс требований, направленных на ограничение распространения опасных факторов пожара (ОФП) по фасаду здания из окон горящих помещений в наружную воздушную зону, а также в проемы лестничных клеток.

Применительно к незадымляемым лестничным клеткам типа Н1 данные требования подробно и детально изложены в [1].

Применительно к лестничным клеткам типа Л1, Н2 и Н3 перечисленные требования изложены в [2] в виде требований к ширине простенков — глухих участков наружной стены с нормируемым пределом огнестойкости, расположенных между смежными по горизонтали проемами (оконными или иными проемами) или участками светопрозрачной конструкции с ненормируемым пределом огнестойкости.

Положения Технического регламента о требованиях пожарной безопасности — Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (далее № 123-ФЗ) — предусматривают возможность проектирования лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами в наружных стенах.

Очевидно, что применение подобных лестничных клеток наиболее вероятно в ПБ клима-

тическом подрайоне РФ (Краснодарский край, Астраханская область, Республика Крым, Кабардино-Балкария и др.), где согласно [3] допускается вместо обычных лестничных клеток устройство эвакуационных наружных открытых лестниц (кроме зданий стационарных лечебных учреждений и зданий класса Ф4.1).

С учетом недостаточного опыта проектирования таких лестничных клеток Положениями [2] предусмотрена необходимость обеспечить минимальное расстояние от открытых проемов этих лестничных клеток до оконных и дверных проемов, не имеющих противопожарного заполнения, а также до конструкций, выполненных из горючих материалов, не менее 6 м. Если это расстояние менее 6 м, то необходимо проводить обоснование принятых решений по исключению блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара путем проведения расчетов пожарного риска или натурных испытаний в соответствии с [4].

Данные требования предполагают возможность обоснования размеров простенков между проемами лестничных клеток и проемами помещений на основе расчетов временных интервалов блокирования лестничных клеток ОФП и эвакуации людей, проводимых по методикам, используемым для расчетов пожарного риска [5].

Вместе с тем отсутствует необходимая апробация данного подхода, т.е. отсутствует необходимая практика проведения подобных расчетов, толкования и практического применения их результатов, которая позволит проанализировать и уточнить эти требования, а также оптимизировать их в необходимых случаях в части требований к минимальным — необходимым размерам простенков, при которых не требуется проводить обоснования на основе расчетов пожарного риска и т.д.

В частности, корректность требования о возможности не проводить необходимые обоснования при расстоянии не менее 6 м должна быть проанализирована с учетом следующих факторов.

На распространение ОФП по фасаду здания из окон горящих помещений в оконные проемы лестничных клеток существенным образом влияет скорость ветра. Традиционно, на основании Положений [1], расчет параметров противодымной вентиляции проводится с учетом температуры наружного воздуха и скорости ветра для холодного периода года по [6]. Поэтому требования к размерам простенков необходимо проанализировать с учетом возможной скорости ветра в районе размещения объекта.

Очевидно также, что минимально-допустимое значение размера простенка зависит от класса функциональной пожарной опасности горящих помещений, т.е. от вида и количества пожарной нагрузки в горящих помещениях.

Кроме того, изложенное в [2] требование о необходимости обеспечить фиксированное расстояние не менее 6 м не учитывает влияния выступов наружных стен лестничных клеток с открытыми оконными проемами относительно фасада здания, т.е. регламентирует только требования к ширине простенка для плоского фасада без выступов. Вместе с тем, на практике, во многих случаях лестничные клетки проектируются выступающими относительно фасада здания таким образом, что плоскость проемов лестничной клетки параллельна плоскости основного фасада здания и выступает относительно нее. Это обуславливает необходимость анализа влияния выступов лестничных клеток на время их блокирования ОФП.

Необходимо также учитывать, что время блокирования лестничных клеток ОФП существенным образом зависит от конструктивного исполнения окон в горящих помещениях.

Согласно нормативным требованиям, использование неоткрываемых огнестойких противопожарных окон 2-го типа в зданиях I степени огнестойкости и 3-го типа в остальных зданиях позволяет не нормировать ширину простенка.

Однако использование неоткрываемых неогнестойких окон в горящих помещениях позволяет увели-

чить время блокирования лестничной клетки за счет того, что разрушение оконного остекления и распространение ОФП на фасад произойдет с некоторой задержкой.

Данный эффект не отражен в [5], что осложняет применение этой методики для поставленной задачи при неоткрываемых окнах горящих помещений.

Помещение с неоткрываемыми окнами рассматривается как помещение без естественного проветривания. Для таких помещений (общественных, административно-бытовых и производственных), согласно [7], необходимо реализовать достаточно дорогостоящие и сложные мероприятия по устройству в них систем кондиционирования и общеобменной вентиляции.

Поэтому применение неоткрываемых окон не может рассматриваться как универсальный способ защиты лестничной клетки.

При анализе возможности применения неоткрываемых окон в жилых зданиях необходимо также учитывать Положения [8], согласно которым применение неоткрываемых створок в оконных блоках помещений жилых зданий выше первого этажа не допускается, кроме створок с размерами, не превышающими 400 × 800 мм, а также в изделиях, выходящих на балконы (лоджии) при наличии в таких конструкциях устройств для проветривания помещений.

Поэтому применение окон с неоткрываемыми створками исключено в квартирах жилых зданий, расположенных выше 1-го этажа, и ограничено экономическими и техническими факторами в общественных, административно-бытовых и производственных помещениях.

На основе вышеизложенного эффект влияния неоткрываемых окон в горящих помещениях в настоящей статье не анализировался.

Необходимо также принимать во внимание, что окна с открываемыми створками могут периодически находиться в открытом положении. В этом случае блокирование лестничной клетки опасными факторами пожара, распространяющимися по фасаду здания из окон горящих помещений, произойдет наиболее быстро.

С учетом этого целью настоящей статьи является апробация нормативных требований [2] в части ограничения блокирования ОФП лестничных клеток с открытыми оконными проемами продуктами горения, распространяющимися по фасаду здания из окон горящих помещений, позволяющая проанализировать влияние возможной скорости ветра в районе размещения объекта, особенностей горючей нагрузки горящего помещения, класса функциональной пожарной опасности горящего помещения, наличия выступа лестничной клетки, а также конструктивного испол-

нения окон горящих помещений с естественной вентиляцией.

Используемые методологические положения и условия однозначности

Нормативные требования [2] предусматривают возможность обоснования принятых проектных решений по исключению блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара, распространяющимися по фасаду, на основе методологических положений, используемых при проведении расчетов пожарного риска, что предполагает, в том числе, необходимость определения времени блокирования лестничной клетки опасными факторами.

Распространение опасных факторов пожара из горящего помещения в лестничную клетку может быть спрогнозировано на основе математических моделей отечественных исследователей [9–12], а также соответствующих работ зарубежных авторов [13–19] и др.

При этом для определения предельно-допустимых для людей значений опасных факторов пожара могут быть использованы данные [5, 20, 21].

Вместе с тем регламентируемая [2] необходимость проведения обоснования на основе базовых положений методики расчета пожарного риска предполагает использование для указанных выше целей Положений [5].

Согласно [5], безопасная эвакуация по лестничной клетке считается обеспеченной при условии, что опасные факторы пожара на всем пути эвакуации людей по лестничной клетке до выхода наружу не превышают предельно допустимых значений.

Данное условие описывается соотношением:

$$0,8 t_{\text{бл.лк}} \geq t_{\text{н.э}} + t_{\text{р}}, \tag{1}$$

где $t_{\text{бл.лк}}$ — время блокирования лестничной клетки ОФП, определяемое на основе Положений [5] и анализируемое в статье:

$$t_{\text{бл.лк}} = \min \{ t_{\text{кр}}^{\text{п.в}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п}} \}; \tag{2}$$

$t_{\text{н.э}}$ и $t_{\text{р}}$ — время начала эвакуации и расчетное время эвакуации, определяемые согласно [5]. С учетом цели статьи данные параметры не анализировались.

Анализируемое в статье значение $t_{\text{бл.лк}}$ определялось с использованием полевого метода моделирования пожара.

На основании результатов расчетов осуществляется построение полей опасных факторов пожара и определяется значение времени блокирования лестничной клетки ОФП $t_{\text{бл.лк}}$.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара принимались согласно [5].

Расчеты проводились при следующих условиях однозначности.

При расчетах времени блокирования лестничных клеток $t_{\text{бл.лк}}$ принималось, что непосредственного газодинамического сообщения горящего помещения с лестничной клеткой нет, т.е. блокирование лестничной клетки опасными факторами пожара происходит только за счет распространения ОФП из окна

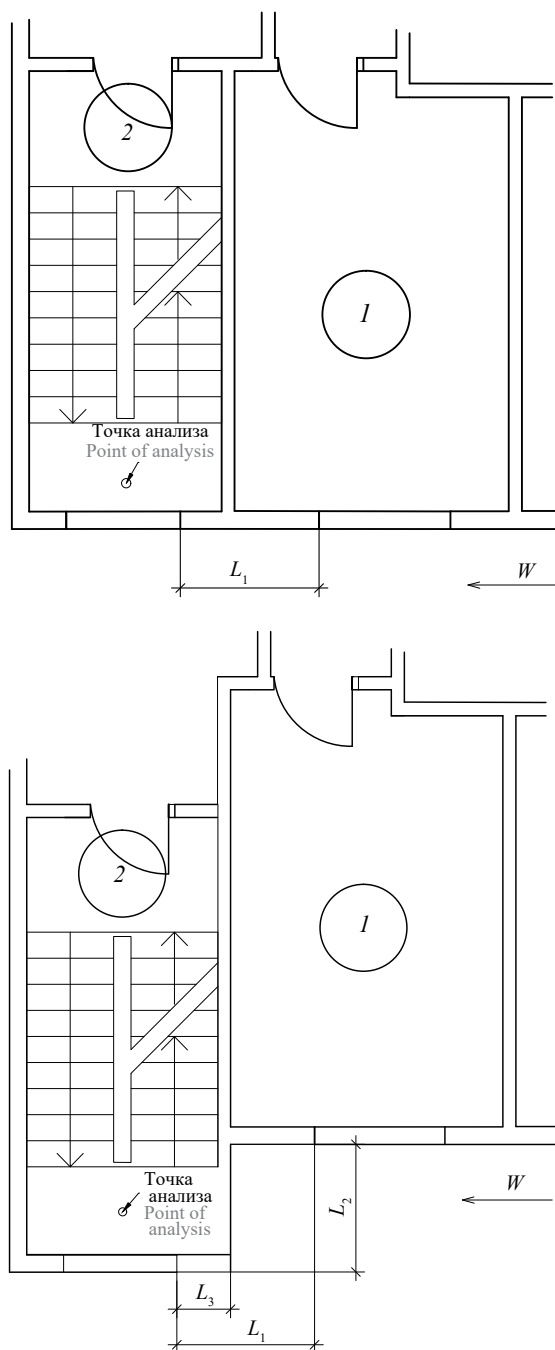


Рис. 1. Анализируемая схема помещения очага пожара и лестничной клетки: 1 — помещение очага пожара; 2 — лестничная клетка; L_1 — простенок; L_2 — выступ; $L_3 = 0,6$ м; W — скорость ветра

Fig. 1. Analyzed scheme of the fire centre premises and stairwell: 1 — fire centre premises; 2 — stairwell; L_1 — partition; L_2 — projection; $L_3 = 0.6$ m; W — wind velocity

горящего помещения в лестничную клетку по фасаду здания (рис. 1).

Кроме того, при расчетах принималось, что наружные стены зданий, вдоль которых распространяются продукты горения, выполнены из негорючих материалов.

При расчетах значения скорости ветра принимались равными $W = 2$ м/с (г. Нальчик), $W = 4$ м/с (г. Астрахань) и $W = 6,2$ м/с (г. Симферополь), т.е. скорость ветра варьировалась в наиболее характерном диапазоне, установленном для ППБ климатического подрайона РФ согласно [6].

Согласно Положениям [5], при расчетах должны рассматриваться сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей.

С учетом этого направление ветра принималось вдоль фасада здания от окна горящего помещения к лестничной клетке, что соответствует наиболее критичным условиям.

Кроме того, принималось, что при пожаре в жилых и общественных помещениях с естественным проветриванием створки окон имеют открытое положение.

Основные результаты расчетов и их обсуждение

Расчеты временных интервалов блокирования лестничных клеток при распространении ОФП по фасаду проведены для лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами для случаев пожара в жилых помещениях, а также в общественных помещениях — магазине и хранилище библиотеки.

Свойства горючей нагрузки в помещении очага пожара принимались по данным, указанным в Приложении № 9 к [5].

Расчеты охватывали необходимый для практики диапазон изменений размеров простенков L_1 , выступов L_2 и скоростей ветра W .

При расчетах принималось, что очаг пожара находится в помещении площадью 18 м^2 с открытыми створками окна с общей площадью проема в свету $F = 1,2 \times 1,4 \text{ м}^2$ (см. рис. 1).

Площадь открытых проемов в наружных стенах лестничной клетки принималась $S = 1,2 \text{ м}^2$ ($1 \times 1,2 \text{ м}$) на каждом этаже.

Значения ОФП анализировались в точке, расположенной на высоте $1,7 \text{ м}$ от центра площадки лестничной клетки, расположенной у оконного проема (см. рис. 1).

Расстояние между углом выступа лестничной клетки и проемом принималось равным $L_3 = 0,6 \text{ м}$.

На основе анализа результатов расчетов динамики изменения ОФП в лестничной клетке построены графики зависимости времени ее блокирования

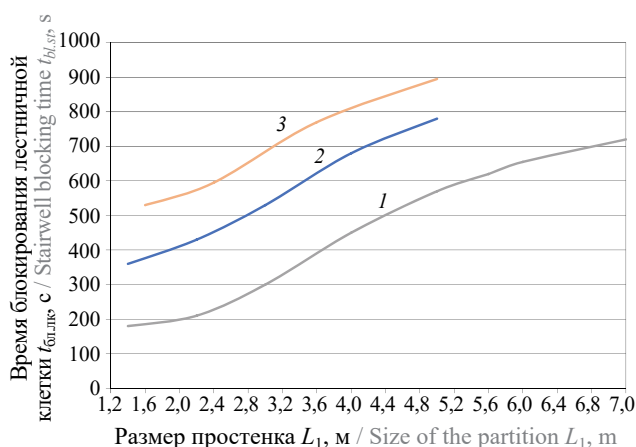


Рис. 2. Зависимость времени блокирования лестничной клетки $t_{бл,лк}$ от размера простенка L_1 при пожаре в жилом помещении и скорости ветра $W = 2$ м/с: 1 — при плоском фасаде ($L_2 = 0$); 2 — при выступе $L_2 = 1,6$ м; 3 — при выступе $L_2 = 2,2$ м
Fig. 2. Dependence of the stairwell blocking time $t_{bl,st}$ on the size of the partition L_1 in case of a fire in a residential area and wind speed $W = 2$ m/s: 1 — with a flat facade ($L_2 = 0$); 2 — with projection $L_2 = 1.6$ m; 3 — with projection $L_2 = 2.2$ m

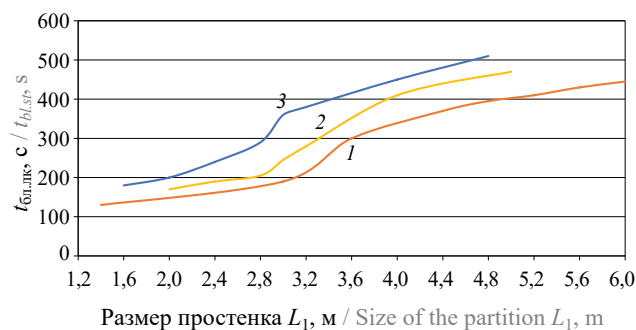


Рис. 3. Зависимость времени блокирования лестничной клетки $t_{бл,лк}$ от размера простенка L_1 при пожаре в жилом помещении и скорости ветра $W = 4$ м/с: 1 — при плоском фасаде ($L_2 = 0$); 2 — при выступе $L_2 = 1,6$ м; 3 — при выступе $L_2 = 2,2$ м
Fig. 3. Dependence of the stairwell blocking time $t_{bl,st}$ on the size of the partition L_1 in case of a fire in a residential area and wind speed $W = 4$ m/s: 1 — with a flat facade ($L_2 = 0$); 2 — with projection $L_2 = 1.6$ m; 3 — with projection $L_2 = 2.2$ m

от архитектурных особенностей (размера простенка L_1 и выступа L_2), скорости ветра W и вида помещения очага пожара, которые приведены на рис. 2–5.

Расчеты показали, что продолжительность блокирования, т.е. продолжительность заполнения лестничной клетки ОФП, зависит от скорости переноса продуктов горения из горящего помещения внешним потоком воздуха (ветром).

В частности, анализ рис. 2–4 показывает, что на плоском фасаде ($L_2 = 0$) фактор скорости ветра оказывает значительное влияние на время блокирования лестничной клетки ОФП.

Так, в случае пожара в квартире, при ширине простенка $L_1 = 4$ м и скорости ветра $W = 2$ м/с, время блокирования лестничной клетки будет равно $t_{бл,лк} = 460$ с, а при скорости ветра $W = 4$ м/с и $W = 6$ м/с время бло-

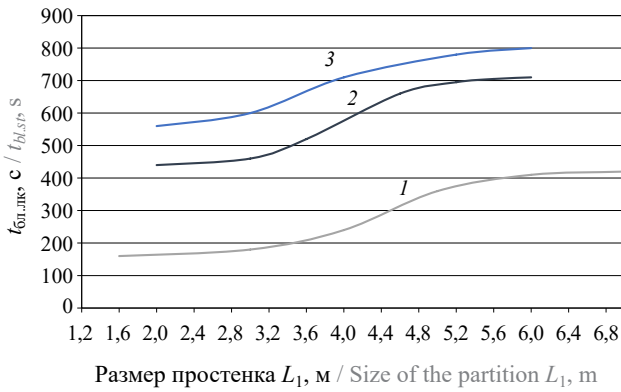


Рис. 4. Зависимость времени блокирования лестничной клетки $t_{\text{бл.лк}}$ от размера простенка L_1 при пожаре в жилом помещении и скорости ветра $W = 6$ м/с: 1 — при плоском фасаде ($L_2 = 0$); 2 — при выступе $L_2 = 1,6$ м; 3 — при выступе $L_2 = 2,2$ м
Fig. 4. Dependence of the stairwell blocking time $t_{bl,st}$ on the size of the partition L_1 in case of a fire in a residential area and wind speed $W = 6$ m/s: 1 — with a flat facade ($L_2 = 0$); 2 — with projection $L_2 = 1.6$ m; 3 — with projection $L_2 = 2.2$ m

кирования будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 340$ с и $t_{\text{бл.лк}} = 240$ с соответственно (кривая 1 на рис. 2–4).

Расчеты также показывают, что на время блокирования лестничной клетки существенным образом влияет особенность горючей нагрузки в помещении очага пожара (т.е. класса функциональной пожарной опасности помещения).

Так, при ширине простенка $L_1 = 3$ м на плоском фасаде ($L_2 = 0$) в случае пожара в жилом помещении при скорости ветра $W = 6$ м/с время блокирования будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 185$ с, а при пожаре в книгохранилище библиотеки для аналогичных значений размера простенка и скорости ветра время блокирования будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 365$ с (кривая 1 на рис. 4 и кривая 3 на рис. 5).

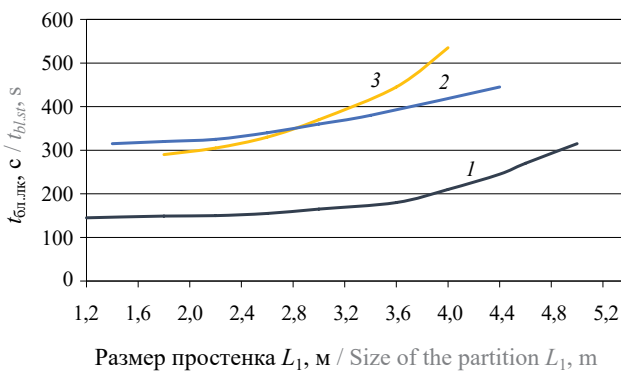


Рис. 5. Зависимость времени блокирования лестничной клетки $t_{\text{бл.лк}}$ от размера простенка L_1 : 1 — при пожаре в магазине, скорости ветра $W = 5$ м/с и плоском фасаде ($L_2 = 0$); 2 — при пожаре в магазине, скорости ветра $W = 5$ м/с и выступе $L_2 = 1,6$ м; 3 — при пожаре в библиотеке, скорости ветра $W = 6$ м/с и плоском фасаде ($L_2 = 0$)

Fig. 5. Dependence of the stairwell blocking time $t_{bl,st}$ on the size of the partition L_1 : 1 — in case of a fire in a store, wind speed $W = 5$ m/s and a flat facade ($L_2 = 0$); 2 — in case of a fire in a store, wind speed $W = 5$ m/s and projection $L_2 = 1.6$ m; 3 — in case of a fire in the library, wind speed $W = 6$ m/s and a flat facade ($L_2 = 0$)

Это подтверждает необходимость учета особенностей горючей нагрузки в помещении очага пожара (т.е. класса функциональной пожарной опасности помещения) при формировании требований к размеру простенка.

Необходимо также отметить, что Положения [2] предусматривают необходимость обоснования расчетами риска размеров простенков при размере простенка менее 6 м. Это предполагает возможность не проводить расчетные обоснования при размере простенка более 6 м.

Проанализируем сценарий пожара в жилом помещении при размере простенка $L_1 = 6,5$ м. Если здание находится в Симферополе, для которого скорость ветра необходимо принимать $W = 6,2$ м/с, то время блокирования будет составлять $t_{\text{бл.лк}} = 405$ с (кривая 1 на рис. 4).

Вместе с тем, если время начала эвакуации из здания, определенное согласно [5], будет составлять $t_{\text{н.э}} = 6$ мин, то полное время эвакуации ($t_p + t_{\text{н.э}}$) по лестничной клетке также будет более 6 мин, т.е. $t_p + t_{\text{н.э}} > 360$ с. При этом для выполнения условия $0,8 t_{\text{бл.лк}} > t_p + t_{\text{н.э}}$ время блокирования лестничной клетке должно отвечать условию $t_{\text{бл.лк}} \gg 450$ с.

Но для анализируемого здания, находящегося в Симферополе и имеющего размер простенка $L_1 = 6,5$ м, рассчитанное время блокирования составляет $t_{\text{бл.лк}} = 405$ с. Таким образом, не выполняется условие (1), т.е. размер простенка $L_1 \geq 6$ для данного случая не обеспечивает условия безопасной эвакуации, а нормативные требования [2] о минимально-необходимом размере простенка, равном 6 м, не представляются корректными.

Таким образом, проведенный анализ показывает необходимость уточнения Положений [2] в части минимально-допустимого размера простенка, при котором не требуется проведения необходимых обоснований принятых решений по исключению блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара.

Анализируемые нормативные требования также не учитывают фактор наличия выступов лестничных клеток.

Вместе с тем расчеты показали, что выступ лестничной клетки позволяет значительно увеличить время ее блокирования при фиксированном размере простенка и скорости ветра, что обусловлено увеличением роли эффекта перемешивания продуктов горения, выходящих из оконного проема, который приводит к снижению концентрации токсичных газов.

Так, при пожаре в квартире, при фиксированном значении ширины простенка $L_1 = 2$ м и скорости ветра $W = 2$ м/с время блокирования лестничной клетки будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 190$ с в случае плоского фасада, а при наличии выступов $L_2 = 1,6$ м и $L_2 = 2,2$ м

значение времени блокирования будет составлять $t_{\text{бл.лк}} = 405$ с и $t_{\text{бл.лк}} = 540$ с соответственно (см. рис. 2).

Если скорость ветра будет составлять $W = 4$ м/с, то при фиксированном значении ширины простенка $L_1 = 3$ м время блокирования лестничной клетки будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 185$ с в случае плоского фасада, а при наличии выступов $L_2 = 1,6$ м и $L_2 = 2,2$ м значение времени блокирования будет составлять $t_{\text{бл.лк}} = 240$ с и $t_{\text{бл.лк}} = 360$ с соответственно (см. рис. 3).

Аналогичным образом в случае пожара в помещении магазина при скорости ветра $W = 5$ м/с выступ размером $L_2 = 1,6$ м позволяет увеличить время блокирования лестничной клетки до значения $t_{\text{бл.лк}} = 430$ с относительно значения $t_{\text{бл.лк}} = 205$ с при плоском фасаде и фиксированной величине простенка $L_1 = 4$ м (кривые 1, 2 на рис. 5).

С учетом этого в нормативных требованиях необходимо дополнительно отразить фактор наличия выступов лестничных клеток, в том числе его влияние на минимально-необходимый размер простенка, при котором не требуется проводить расчеты пожарного риска.

Выводы

Положения № 123-ФЗ предусматривают возможность проектирования лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами в наружных стенах. С учетом отсутствия достаточного опыта проектирования таких лестничных клеток требованиями нормативных документов регламентируется необходимость обеспечить фиксированное минимально-необходимое расстояние 6 м от проемов этих лестничных клеток до оконных и дверных проемов помещений, а в противном случае — проводить обоснование принятых решений по исключению блокирования лестничных клеток опасными факторами пожара путем проведения расчетов пожарного риска или натурными испытаниями.

Возможность обоснования принятых проектных решений расчетами пожарного риска обеспечивает наиболее рациональный подход к решению данной проблемы.

Однако в настоящее время не проведена необходимая апробация данного подхода, которая позволила бы обеспечить его эффективное применение, а также дополнить или оптимизировать существующие нормативные требования.

Для формирования необходимого практического опыта применения указанных нормативных требований в рамках статьи проведены расчеты динамики изменения опасных факторов пожара в лестничной клетке при распространении пожара по фасаду из окон горящих помещений в жилых и общественных зданиях.

Расчеты базировались на базовых положениях методики определения пожарного риска в части

использованной математической модели, предельно-допустимых для людей значения ОФП, а также рассмотрения сценариев пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей.

Проанализировано влияние скорости ветра в районе размещения объекта, класса функциональной пожарной опасности горящего помещения, а также размера выступа лестничной клетки на время ее блокирования опасными факторами пожара, распространяющимися по фасаду здания из окон горящих помещений.

Так, расчеты показали, что при увеличении скорости ветра время блокирования лестничной клетки, расположенной на фиксированном расстоянии от окна горящего помещения, может существенно уменьшиться. В частности, в случае пожара в жилом помещении, при увеличении скорости ветра от 2 до 6 м/с время блокирования лестничной клетки уменьшается на 40 %.

На основе результатов расчетов установлено, что нормативное требование о фиксированном, минимально-необходимом размере простенка, при котором не требуется подтверждать расчетными обоснованиями возможность блокирования лестничной клетки ОФП, должно быть откорректировано с учетом скорости ветра в районе размещения объекта.

Нормативные требования не учитывают фактор наличия выступов лестничных клеток, которые, как показали расчеты, позволяют значительно увеличить время их блокирования.

В частности, при пожаре в жилом здании при скорости ветра 2 м/с наличие выступа размером не менее 1,6 м позволяет увеличить время блокирования лестничной клетки более чем в 2 раза.

А в случае пожара в магазине при скорости ветра 5 м/с наличие выступа размером не менее 1,6 м позволяет увеличить время блокирования лестничной клетки практически в 2 раза.

С учетом этого в нормативных требованиях необходимо дополнительно отразить фактор наличия выступов лестничных клеток, в том числе его влияние на минимально-необходимый размер простенка, при котором не требуется проводить расчеты пожарного риска.

Полученные результаты работ являются основой для формирования необходимого практического опыта обоснования требований по исключению блокирования лестничных клеток с открытыми проемами опасными факторами пожара, которые распространяются по фасаду из окон горящих помещений. Данные результаты показывают необходимость уточнения соответствующих нормативных требований в новых редакциях сводов правил по пожарной безопасности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. Изменение № 1. URL: www.standards.ru
2. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. URL: www.standards.ru
3. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. URL: www.standards.ru
4. ГОСТ Р 53309. Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (в ред. приказа МЧС от 14.11.2022 № 1140). URL: www.standards.ru
6. СП 131.13330.2020. Строительная климатология.
7. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
8. ГОСТ 23166–2021. Конструкции оконные и балконные светопрозрачные ограждающие.
9. 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.
10. Дроздов Д.С., Дроздова Т.И. Графическое моделирование для оценки опасных факторов пожара // Технологическая 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. Учайевой. Саратов : Амирит, 2019. С. 69–73.
11. 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
12. Хасанов И.Р., Зуев С.А., Абашкин А.А., Зуева А.С. Распространение пожара из открытой автостоянки, расположенной на первом этаже жилого здания // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 1. С. 77–87. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.01.77-87
13. McGrattan K., Miles S. Modeling fires using Computational Fluid Dynamics (CFD). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Chapter 32. Fifth Edition // Society of Fire Protection Engineers. 2016. Pp. 1034–1065. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0
14. Nuclear Safety NEA/CSNI/R Investigating heat and smoke propagation mechanisms in multi-compartment fire scenarios. Final Report of the PRISME Project. 14.01.2018.
15. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R. et al. Fire dynamics simulator user's guide. National Institute of Standards and Technology, 2019. 288 p. URL: <https://www.thunderheadeng.com/wpcontent/uploads/2013/08/FDS>
16. Gilbert S. Human Behavior in Home Fires, Technical Note (NIST TN). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2021. 28 p. DOI: 10.6028/NIST.TN.2191
17. 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. No. 130. P. 103579. DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103579
18. Cortés D., Gil D., Azorín J., Vandecasteele F., Verstockt S. A review of modelling and simulation methods for flashover prediction in confined space fires // Applied Sciences (Switzerland). 2020. No. 10 (16). P. 5609. DOI: 10.3390/app10165609
19. Wu X., Zhang X., Huang X., Xiao F., Usmani A. A real-time forecast of tunnel fire based on numerical database and artificial intelligence // Building Simulation. 2022. No. 15. Pp. 511–524. DOI: 10.1007/s12273-021-0775-x
20. Leventon I., Bonny J. Influence of dispositional and situational factors on human perceptions of fire Risk. Interflam 2019. London. DOI: 10.1002/fam.2857
21. Gwynne S., Kuligowski E., Kinsey M., Hulse L. Modelling and Influencing Human Behaviour in Fire // Fire and Materials. 2017. Vol. 41. Issue 5. DOI: 10.1002/fam.2391

REFERENCES

1. SP 7.13130.2013. *Heating, ventilation and air conditioning. Fire safety requirements*. Change No. 1. URL: www.standards.ru
2. SP 2.13130.2020. *Fire protection systems. Ensuring the fire resistance of objects of protection*. Change 1. URL: www.standards.ru
3. SP 1.13130.2020. *Fire protection systems. Evacuation routes and exits*. URL: www.standards.ru
4. GOST R 53309. *Buildings and fragments of buildings. Method of full-scale fire tests. General requirements*.
5. *Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of various classes of functional fire hazard* (ed. dated 11.14.2022 No. 1140). URL: www.standards.ru
6. SP 131.13330.2020. *Construction climatology*.

7. SP 60.13330.2020. *Heating, ventilation and air conditioning*.
8. GOST 23166–2021. *Window and balcony translucent enclosing structures*.
9. Yarosh A.S., Chalatashvili M.N., Krol' A.N., Popova E.A., Romanova V.V., Sachkov A.V. Analysis of mathematical models for the development of dangerous fire factors in the system of buildings and structures. *Bulletin of the Scientific Center for the Safety of Work in the Coal Industry*. 2019; 1:50-56. (rus).
10. Drozdov D.S., Drozdova T.I. Graphic modeling for assessing fire hazards. *Tekhnogennaya i prirodnyaya bezopasnost : collection scientific works 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).
11. Bedrina E.A., Rekin A.S., Khrapskiy 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).
12. Khasanov I.R., Zuev S.A., Abashkin A.A., Zueva A.S. The spread of fire from an open car park on the ground floor of a residential building. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2022; 31(1):77-87. DOI: 12.22227/0869-7493.2022.31.01.77-87 (rus).
13. 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
14. Nuclear Safety NEA/CSNI/R. Investigating heat and smoke propagation mechanisms in multi-compartment fire scenarios. *Final Report of the PRISME Project*. 14.01.2018.
15. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R. et al. *Fire dynamics simulator user's guide*. National Institute of Standards and Technology, 2019; 288. URL: <https://www.thunderheadeng.com/wpcontent/uploads/2013/08/FDS>
16. Gilbert S. *Human Behavior in Home Fires, Technical Note (NIST TN)*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2021; 28. DOI: 10.6028/NIST.TN.2191
17. 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
18. Cortés D., Gil D., Azorín J., Vandecasteele F., Verstockt S. A review of modelling and simulation methods for flashover prediction in confined space fires. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020; 10(16):5609. DOI: 10.3390/app10165609
19. Wu X., Zhang X., Huang X., Xiao F., Usmani A. A real-time forecast of tunnel fire based on numerical database and artificial intelligence. *Building Simulation*. 2022; 15:511-524. DOI: 10.1007/s12273-021-0775-x
20. Leventon I., Bonny J. *Influence of Dispositional and Situational Factors on Human Perceptions of Fire Risk*. Interflam 2019, London. DOI: 10.1002/fam.2857
21. Gwynne S., Kuligowski E., Kinsey M., Hulse L. Modelling and influencing human behaviour in fire. *Fire and Materials*. 2017; 41(5). DOI: 10.1002/fam.2391

*Поступила 22.09.2023, после доработки 20.10.2023;
принята к публикации 11.12.2023*

*Received September 22, 2023; Received in revised form October 20, 2023;
Accepted December 11, 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 стихий-

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

ных 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 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: Gomozovav@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.

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 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: Gomozovav@yandex.ru

Sergey Alekseevich 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.