

УДК 614.841

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК

Карпов Алексей Васильевич, Лучкин Сергей Алексеевич, Гомозов Александр Васильевич
Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России,
г. Балашиха, Российская Федерация

Аннотация. Положениями нормативных документов в области пожарной безопасности установлены требования к размерам простенков между окнами помещений и лестничных клеток, направленные на ограничение распространения опасных факторов пожара по фасаду здания из горящих помещений в объем лестничных клеток. Вместе с тем эти требования не имеют исчерпывающего характера, позволяющего обеспечить их применение для всех проектных решений, имеющих место на практике.

Современное противопожарное нормирование предполагает возможность обоснования отступлений от нормативных требований, а также обоснование отсутствующих нормативных требований на основе определения пожарного риска.

Однако наличие таких обоснований требует развития соответствующей методологии определения пожарного риска, которое проанализировано в настоящей статье.

Проведенные расчеты динамики распространения опасных факторов пожара в обычные лестничные клетки показали, что временные интервалы их блокирования опасными факторами пожара в большей степени зависят от скорости ветра, отчего возникает необходимость учета характерных для различных регионов значений скорости ветра, определенных нормативными документами, при утверждении обоснований.

Моделирование распространения пожара с горящего балкона в оконные проемы лестничной клетки показало, что при одновременном пожаре в жилом помещении и на балконе распространение опасных факторов пожара по фасаду здания имеет значительно более интенсивный характер, чем при пожаре только в пределах балкона.

Кроме того, на распространение пожара, как показали расчеты, влияет конструктивное исполнение балконного ограждения.

Необходимо также учитывать горение помещений, имеющих выход на балкон, а также условия разрушения светопрозрачного ограждения балконов.

Лестничные клетки являются не только путем эвакуации, но и безопасным способом спасения пожарными подразделениями людей, которые не могут самостоятельно эвакуироваться из здания, а в ряде случаев — пожаробезопасными зонами.

С учетом этого необходимо защитить находящихся в лестничной клетке людей от пожара в смежных помещениях достаточно продолжительный период времени, т. е. обеспечить огнестойкость стен лестничных клеток, в связи с чем этот фактор должен быть учтен при развитии методологических положений определения пожарного риска.

Показано, что для прогнозирования распространения опасных факторов пожара из окон горящих помещений или с балконов по фасаду здания в окна лестничных клеток с учетом влияния ветра должно быть использовано полевое моделирование динамики пожара с конкретной моделью турбулентности, позволяющей учесть влияние естественной конвекции. Теплоперенос излучением рекомендуется учитывать на основе метода дискретного радиационного переноса, а радиационные свойства продуктов горения могут быть определены согласно модели взвешенной суммы серых газов с конкретными коэффициентами аппроксимации. Кроме того, должны учитываться эффекты горения находящихся на фасаде материалов.

Был сделан вывод о том, что для дополнения изложенных в статье математических соотношений по определению безопасности людей, находящихся в лестничной клетке, требуется разработать методологию расчета временных интервалов прибытия пожарных подразделений к людям и окончания спасательных работ с учетом общего количества спасаемых и персонала пожарных подразделений.

Ключевые слова: пожарный риск, пожаробезопасная зона, возможность спасения, время начала спасения, время окончания спасения, математическая модель, ширина простенка, предельные значения опасных факторов пожара

Для цитирования: Карпов А. В., Лучкин С. А., Гомозов А. В. Развитие методологии определения пожарного риска для оценки эффективности противопожарной защиты лестничных клеток // Техноферная безопасность. 2025. № 1 (46). С. 3–22.

THE DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING FIRE RISK TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF FIRE PROTECTION OF STAIRCASES

Alexey V. Karpov, Sergey A. Luchkin, Alexander V. Gomozov

All-Russian Research Institute of Fire Defense of EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

Abstract. The provisions of regulatory documents in the field of fire safety provide requirements for the dimensions of the partitions between the windows of rooms and the windows of staircases, aimed at limiting the spread of dangerous fire factors along the facade of the building from burning premises into the volume of staircases. At the same time, these requirements are not exhaustive, allowing for their application to all design decisions that occur in practice.

Modern fire safety regulation assumes the possibility of justifying deviations from regulatory requirements, as well as justification of missing regulatory requirements based on the determination of fire risk.

However, the presence of such justifications requires the development of the appropriate methodology for determining fire risk, which is analyzed in this article.

Calculations of the dynamics of the spread of the fire danger into ordinary staircases showed that the time intervals for their blocking by dangerous fire factors depend to a greater extent on the wind speed that results in necessity of taking into account the wind speed values characteristic of different regions determined by regulatory documents, when approving the justifications.

Modeling the spread of fire from a burning balcony into the window openings of the staircase showed that with simultaneous fire in residential premises and on a balcony, the spread of dangerous fire factors along the facade of the building is significantly more intense than in the case of fire only within the balcony.

In addition, as calculations have shown, the spread of fire is influenced by the design of the balcony railing.

It is also necessary to take into account the burning of premises with an exit to the balcony, as well as the conditions for the destruction of the translucent railing of the balconies.

Staircases are not only an evacuation route, but also a safe way for fire departments to rescue people who cannot independently evacuate from buildings, and in some cases, fire-safe zones.

Taking this into account, it is necessary to protect people in the staircase from fire in adjacent rooms for a sufficiently long period of time, i.e., to ensure fire resistance of the staircase walls. In this connection, this factor should be considered when developing methodological provisions for determining fire risk.

It is shown that in order to predict the spread of dangerous fire factors from the windows of burning premises or from burning balconies along the facade of a building to the windows of staircases, considering the influence of wind, field modeling of fire dynamics with a specific turbulence model that allows taking into account the influence of natural convection should be used.

It is also recommended to consider the heat transfer by radiation based on the discrete radiation transfer method, and the radiation properties of combustion products can be determined according to the weighted sum of gray gases model with specific approximation coefficients. In addition, the effects of combustion of materials on the facade should be considered as well.

It is concluded that in order to supplement the mathematical relationships presented in the article for determining the safety of people in the staircase, it is necessary to develop the methodology for calculating the time intervals for the arrival of fire departments to people and the completion of rescue operations, taking into account the total number of people being rescued and the personnel of the fire departments.

Keywords: fire risk, fire-safe zone, rescue possibility, rescue start time, rescue end time, mathematical model, partition width, maximum values of dangerous fire factors

For Citation: Karpov A. V., Luchkin S. A., Gomozev A. V. The development of the methodology for determining fire risk to assess the effectiveness of fire protection of staircases // *Technospheric Safety*. 2025. № 1 (46). pp. 3–22.

Введение

Для ограничения распространения пожара по фасаду из окон горящих помещений в оконные проемы лестничных клеток положениями [1] предусмотрены требова-

ния к ширине простенков — глухих участков наружной стены с нормируемым пределом огнестойкости, расположенных между смежными по горизонтали проемами помещений и лестничных клеток. Вместе с тем в [1] не приведен исчерпывающий перечень

помещений с указанием необходимых размеров простенков, а кроме того, на практике часто возникает необходимость проектирования простенков, размеры которых не соответствуют нормативным требованиям. Кроме того, в [1] не дифференцированы требования к размерам простенков для лестничных клеток с открываемыми окнами (типа Л1, Н1 и Н3) и лестничных клеток (типа Н2) с неоткрываемыми окнами.

Необходимо также учитывать, что в нормативных документах [1, 2] отсутствуют требования к ширине простенка между балконами, окнами лестничной клетки, выполняющей функции пожаробезопасной зоны, окнами смежных помещений и др.

Перечисленные выше обстоятельства обуславливают необходимость проведения расчетного обоснования невыполнения нормативных требований, а также мероприятий, предусматриваемых из-за отсутствия противопожарных требований.

Существующая методика определения пожарного риска [3] базируется на сравнении времени блокирования путей эвакуации, в т. ч. в лестничной клетке, опасными факторами пожара (далее — ОФП), которые распространяются через помещения и коридоры внутри здания, со временем эвакуации людей. При этом не учитывается возможность наружного распространения ОФП в окна лестничной клетки из оконных проемов горящих помещений и с балконов.

Также не учитывается необходимость обеспечения безопасного нахождения маломобильных групп населения (далее — МГН) на площадках лестничных клеток, выполняющих функции пожаробезопасных зон 4-го типа, а также их спасения.

Статья посвящена анализу возможных направлений развития методологии опре-

деления пожарного риска, позволяющих предусмотреть приведенные выше обстоятельства с учетом результатов современных исследований в этой области.

Анализ проектных решений, обоснование которых требует развития методики определения пожарного риска

Анализ проектных решений по противопожарной защите лестничных клеток, обоснование которых требует развития методологии определения пожарного риска, показал следующее.

Положениями [1] предусмотрена возможность проектирования лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами в наружных стенах (рис. 1а) при обосновании принятых решений по исключению их блокирования ОФП расчетами пожарного риска [3]. При этом в [1] указано, что его допускается не проводить при условии, что минимальное расстояние, измеренное по прямой линии, от открытых проемов лестничных клеток до оконных и дверных проемов, не имеющих противопожарного заполнения, а также до конструкций из горючих материалов должно быть не менее 6 м. Вместе с тем проведенная в [4] с применением полевой модели пожара проверка эффективности положений [1] позволила установить, что в случае возгорания в жилом помещении расстояние, равное 6 м, является недостаточным для обеспечения возможности безопасной эвакуации людей, следовательно, обоснование проектных решений при расстоянии более 6 м также должно базироваться на определении пожарного риска. Кроме того, было установлено, что блокирование площадок лест-

ничной клетки, расположенных у открытых проемов в ее наружных стенах, в значительной степени зависит от скорости ветра.

В частности, как видно из рис. 2, при пожаре в жилом помещении, когда $L = 4$ м и $W = 2$ м/с, время блокирования лестнич-

ной клетки за счет повышения концентрации HCl выше предельного значения будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 450$ с (кривая 1 на рис. 2), а при $W = 4$ м/с и $W = 6$ м/с время блокирования будет равно $t_{\text{бл.лк}} = 330$ с и $t_{\text{бл.лк}} = 240$ с соответственно (кривые 2 и 3 на рис. 2).

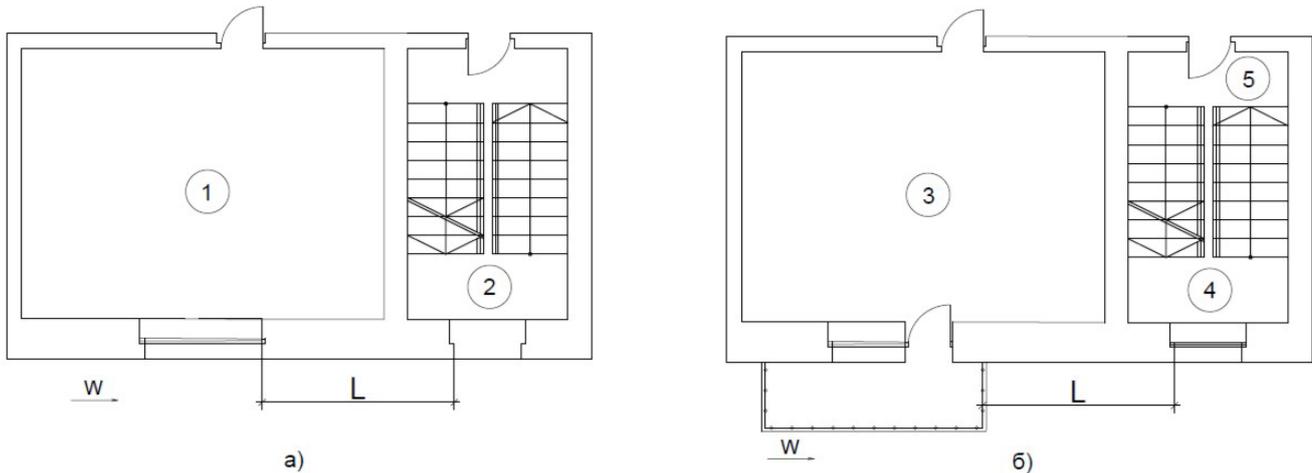


Рис. 1. Анализируемая схема распространения ОФП из окна (балкона) горящего помещения в окно лестничной клетки:

- 1 — жилое помещение с окном;
- 2 — промежуточная площадка лестничной клетки с открытым проемом;
- 3 — жилое помещение с балконом;
- 4 — промежуточная площадка лестничной клетки с окном;
- 5 — этажная площадка лестничной клетки (пожаробезопасная зона 4-го типа);
- L — ширина простенка;
- W — скорость ветра

Fig. 1. The analyzed scheme of spread of dangerous fire factors from the window (balcony) of the burning premises to the staircase window:

- 1 — residential premises with a window;
- 2 — intermediate landing of the staircase with an open doorway;
- 3 — residential premises with a balcony;
- 4 — intermediate landing of the staircase with a window;
- 5 — floor landing of the staircase (fire-safe zone of the 4th type);
- L — width of the partition;
- W — wind speed

Указанный фактор ветрового воздействия необходимо учитывать при прогнозировании распространения ОФП из окон горящих помещений в оконные проемы лестничной клетки. В настоящее время в нормативных документах не определены значения скорости ветра и его направление, которые должны быть использованы при обосновании проектных решений.

Также необходимо установить порядок определения размеров открытой части оконных проемов горящих помещений, из которых продукты горения распространяются на фасад здания и далее в открытые проемы лестничной клетки.

Таким образом, для реализации требований нормативного документа [1] по обоснованию проектных решений, исключая

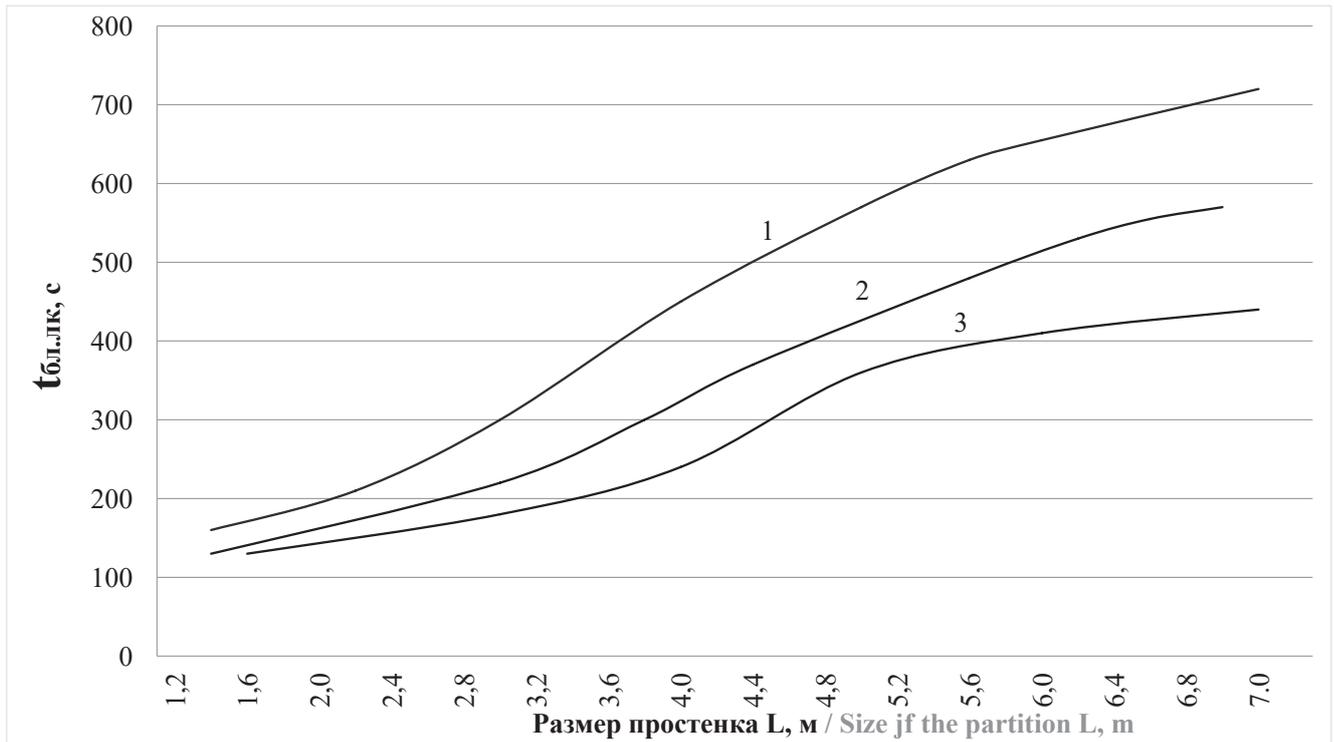


Рис. 2. Зависимость времени блокирования промежуточной площадки лестничной клетки с открытыми проемами в случае пожара в жилом помещении (рис. 1а) от W :
1 — $W = 2$ м/с; 2 — $W = 4$ м/с; 3 — $W = 6$ м/с

Fig. 2. Dependence of the blocking time of the intermediate landing of the staircase with open doorways in case of fire in the residential premises (Fig. 1a) on wind speed W :
1 — $W = 2$ m/s; 2 — $W = 4$ m/s; 3 — $W = 6$ m/s

щих блокирование ОФП лестничных клеток типа Л1 с открытыми проемами в наружных стенах, необходимо развитие положений, определяющих наружное распространение пожара, с целью дальнейшего их внедрения в методику определения пожарного риска.

Очевидно, что в перспективе обоснование проектных решений по размещению окон лестничных клеток типа Л1, Н1 и Н3 относительно балконов и окон смежных помещений также будет базироваться на определении пожарного риска. Для этого необходима методология, позволяющая определить размеры открытой части их оконных проемов. При этом необходимо дополнительно учитывать, что лестничные клетки типа Л1 в многоквартирных жилых зданиях могут выполнять функции пожа-

робезопасных зон 4-го типа и тогда порядок определения размеров открытой части оконных проемов в них может отличаться от общего порядка.

Кроме того, в дальнейшем для прогнозирования распространения ОФП в окна лестничных клеток типа Н2, а также в неоткрываемые части окон лестничных клеток типа Л1, Н1 и Н3 необходимо определить критерии, позволяющие сделать вывод о разрушении оконного остекления под воздействием пожара с внешней стороны, после которого безопасность людей в лестничной клетке не будет обеспечена на необходимом уровне.

Прогнозирование распространения пожара с горящего балкона в оконные проемы лестничной клетки имеет следующие специфические особенности (рис. 1б). Расчеты

показывают, что распространение ОФП по фасаду здания при пожаре одновременно и в жилом помещении, и на балконе имеет значительно более интенсивный характер, чем при пожаре только в пределах балкона.

Так, значение температуры газовой среды пожара в непосредственной близости от фасада здания, превышающей значение $t_{кр.} = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при этой температуре начинается разрушение остекления), в случае горения только балкона возникнет на расстоянии $L = 0,9\text{ м}$ при $W = 2\text{ м/с}$ и на расстоянии $L = 1,9\text{ м}$ при $W = 6\text{ м/с}$ соответственно (кривые 1 и 2 на рис. 3).

В случае же одновременного горения как балкона, так и жилого помещения значение температуры газовой среды пожара в непосредственной близости от фасада здания, превышающей значение $t_{кр.} = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, будет замечено на расстоянии $L = 2,4\text{ м}$ при $W = 2\text{ м/с}$ и на расстоянии $L = 4,8\text{ м}$ при $W = 6\text{ м/с}$ соответственно (кривые 3 и 4 на рис. 3).

Кроме того, расчеты показывают, что устройство на балконе нижнего ограждения (экрана) из негорючих материалов, которое не разрушится при пожаре, позволяет значительно сузить область зоны горения на фаса-

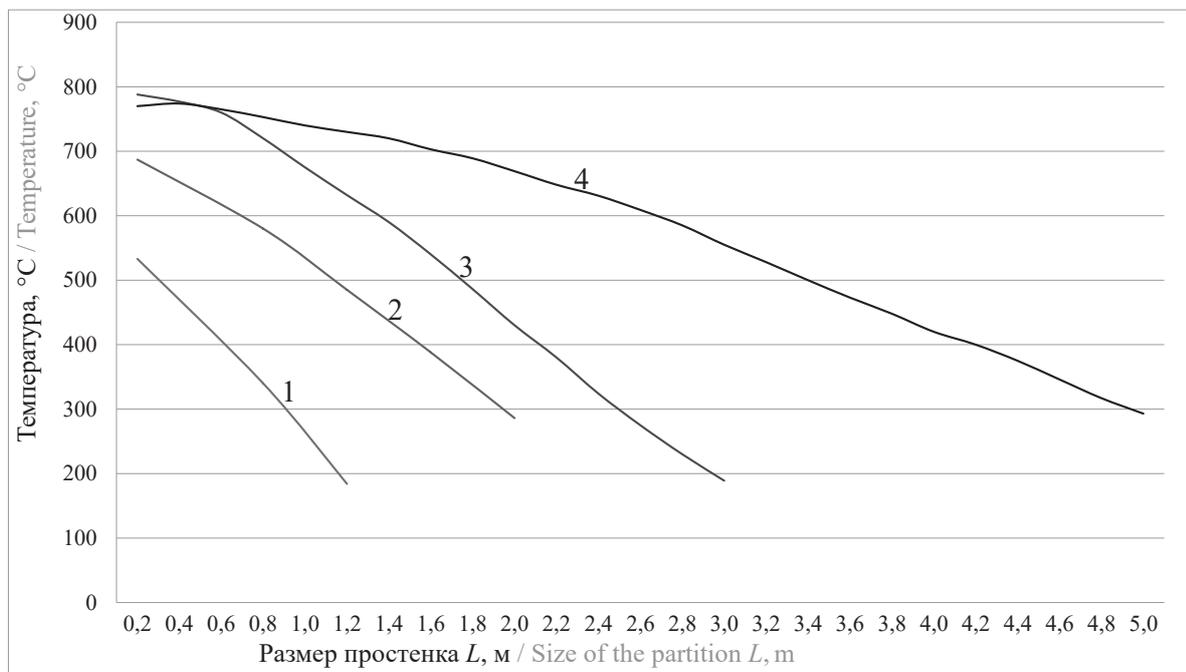


Рис. 3. Изменение температуры продуктов горения в зависимости от L при пожаре в жилом помещении с балконом (рис. 1б):

- 1 — горение балкона при $W = 2\text{ м/с}$;
- 2 — горение балкона при $W = 6\text{ м/с}$;
- 3 — горение балкона и жилого помещения при $W = 2\text{ м/с}$;
- 4 — горение балкона и жилого помещения при $W = 6\text{ м/с}$

Fig. 3. Change in the temperature of combustion products depending on L during the fire in the residential premises with a balcony (Fig. 1b):

- 1 — balcony burning at $W = 2\text{ м/с}$;
- 2 — balcony burning at $W = 6\text{ м/с}$;
- 3 — balcony and the residential premises burning at $W = 2\text{ м/с}$;
- 4 — balcony and the residential premises burning at $W = 6\text{ м/с}$

де здания, в которой тепловое воздействие пожара на оконное остекление лестничной клетки будет превышать критическое значение и приводить к его разрушению.

Так, значение падающего на окно лестничной клетки теплового потока, превышающее значение $q_{пр} = 12,5 \text{ кВт/м}^2$ (при этом значении теплового потока может начинаться

разрушение оконного остекления лестничной клетки), в случае пожара в жилом помещении и на открытом балконе будет возможно на расстоянии $L = 4,1 \text{ м}$ при $W = 6 \text{ м/с}$ и на расстоянии $L = 2 \text{ м}$ при $W = 2 \text{ м/с}$ соответственно (см. кривые 1 и 2 на рис. 4).

Если балкон имеет экран, который не будет разрушен пожаром, то значение тепло-

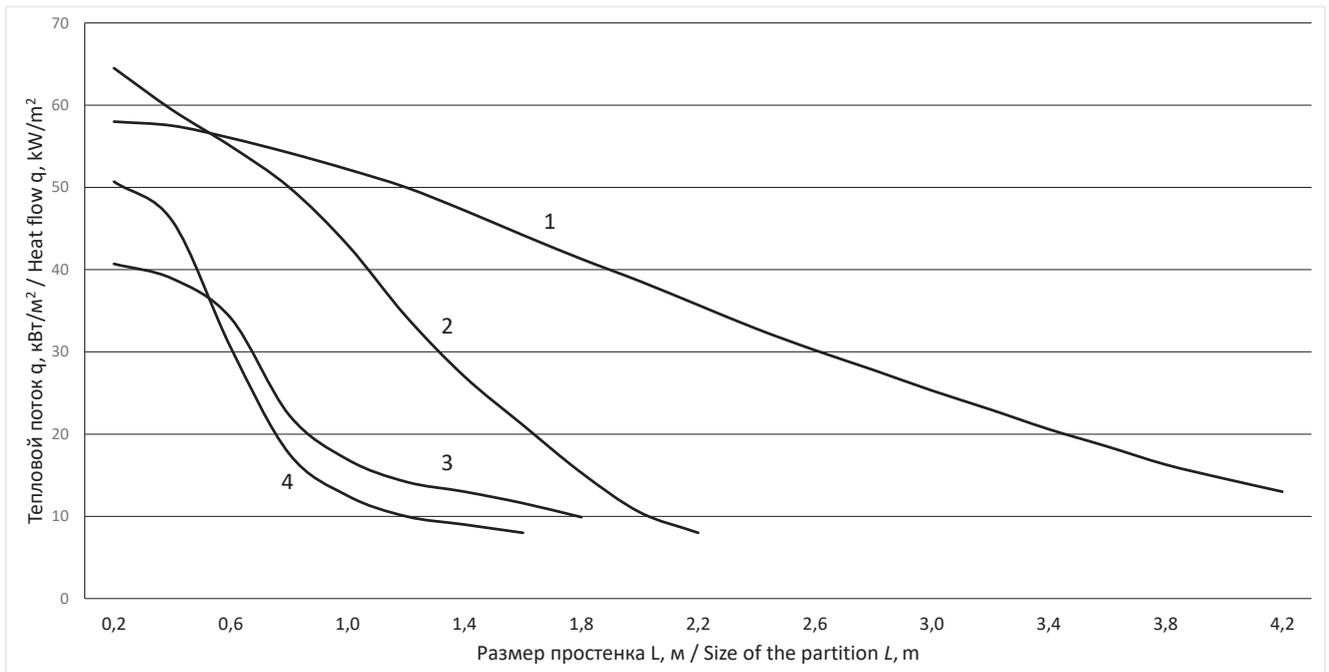


Рис. 4. Изменение тепловых потоков, падающих в плоскость оконного проема лестничной клетки, в зависимости от размера L при пожаре в жилом помещении с балконом (рис. 1б):

- 1 — при открытом балконе и $W = 6 \text{ м/с}$;
- 2 — при открытом балконе и $W = 2 \text{ м/с}$;
- 3 — при балконе с нижним ограждением и $W = 6 \text{ м/с}$;
- 4 — при балконе с нижним ограждением и $W = 2 \text{ м/с}$

Fig. 4. Change in heat flows falling into the plane of the window opening of the staircase, depending on the size L during the fire in a residential building with a balcony (Fig. 1b):

- 1 — with an open balcony and $W = 6 \text{ м/с}$;
- 2 — with an open balcony and $W = 2 \text{ м/с}$;
- 3 — with a balcony having a lower railing and $W = 6 \text{ м/с}$;
- 4 — with a balcony having a lower railing and $W = 2 \text{ м/с}$

вого потока, превышающее значение $q_{пр} = 12,5 \text{ кВт/м}^2$, будет иметь место на расстоянии $L = 1,4 \text{ м}$ при $W = 6 \text{ м/с}$ и на расстоянии $L = 0,9 \text{ м}$ при $W = 2 \text{ м/с}$ соответственно (см. кривые 3 и 4 на рис. 4).

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость учета совместного

горения балконов и жилых помещений, а также определения критериев разрушения наружного светопрозрачного ограждения, в т. ч. экрана.

Проектирование пожаробезопасных зон 4-го типа в лестничных клетках типа Л1 в жилых зданиях, согласно [2] (рис. 1б), предпо-

лагает, что такая лестничная клетка должна обеспечивать безопасность не только эвакуации всех мобильных людей, но и нахождения на ее этажных площадках МГН группы мобильности М4 до момента начала их спасения пожарными подразделениями. При этом следует учитывать, что безопасное перемещение спасаемых наружу при необходимости может быть обеспечено пожарными подразделениями с использованием изолирующих самоспасателей, огнестойких накидок и др.

На рис. 5 представлены результаты расчетов динамики изменения концентрации ОФП на этажных и промежуточных площадках лестничной клетки типа Л1, выполняющей функции пожаробезопасной зоны 4-го типа, при пожаре на балконе 2-го этажа с ограждением, при $L = 7$ м и $W = 6$ м/с.

Расчеты показали, что при пожаре одновременно и на балконе, и в квартире наиболее быстрое блокирование лестничной клетки ОФП происходит за счет превышения концентрации HCl предельно допустимых значений.

При этом время блокирования расположенной на 3-м этаже площадки лестничной клетки (зоны возможного размещения МГН) составляет $t_{\text{бл.лк}} = 650$ с, а время блокирования промежуточной площадки, расположенной между 2-м и 3-м этажами, составляет $t_{\text{бл.лк}} = 580$ с (кривые 3 и 2 на рис. 5).

Для площадок вышележащих этажей значение времени блокирования $t_{\text{бл.лк}}$ увеличивается. В частности, значение времени блокирования лестничной площадки 4-го этажа составляет $t_{\text{бл.лк}} = 820$ с, а площадки 5-го этажа — $t_{\text{бл.лк}} = 1\ 220$ с (кривые 4 и 5 на рис. 5).

При этом значение температуры в зоне промежуточной площадки не превышает

допустимого значения $70\text{ }^\circ\text{C}$ (кривую 1 на рис. 5).

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. Безопасность человека, находящегося на площадке 3-го этажа, будет обеспечена только до момента $t_{\text{бл.лк}} = 650$ с, до которого он должен быть перемещен пожарными подразделениями с этой площадки по лестничной клетке наружу. При этом его перемещение будет осуществляться через промежуточную, расположенную ниже, у окна, площадку лестничной клетки, где значение концентрации HCl во время перемещения может быть выше предельно допустимых значений (кривую 2 на рис. 5), что обуславливает необходимость надевания на спасаемого средств защиты органов дыхания (далее — СИЗОД). В то же время, поскольку значение температуры в зоне промежуточной площадки в момент перемещения спасаемого не будет превышать допустимого значения (кривую 1 на рис. 5), дополнительная защита от воздействия температуры не потребует.

Аналогичным образом МГН, находящиеся на площадках 4-го и 5-го этажей, должны быть перемещены с этих площадок по лестничной клетке наружу до момента $t_{\text{бл.лк}} = 820$ с и $t_{\text{бл.лк}} = 1\ 220$ с соответственно. При этом их безопасное передвижение может происходить только с надетыми СИЗОД, поскольку значения концентрации HCl в процессе перемещения через расположенные ниже площадки лестничной клетки могут быть выше предельно допустимых значений (кривые 4, 5 на рис. 5).

Очевидно, что подтверждение возможности своевременного прибытия пожарных подразделений к первому спасаемому и безопасного последовательного перемещения людей с разных площадок лестничной клет-

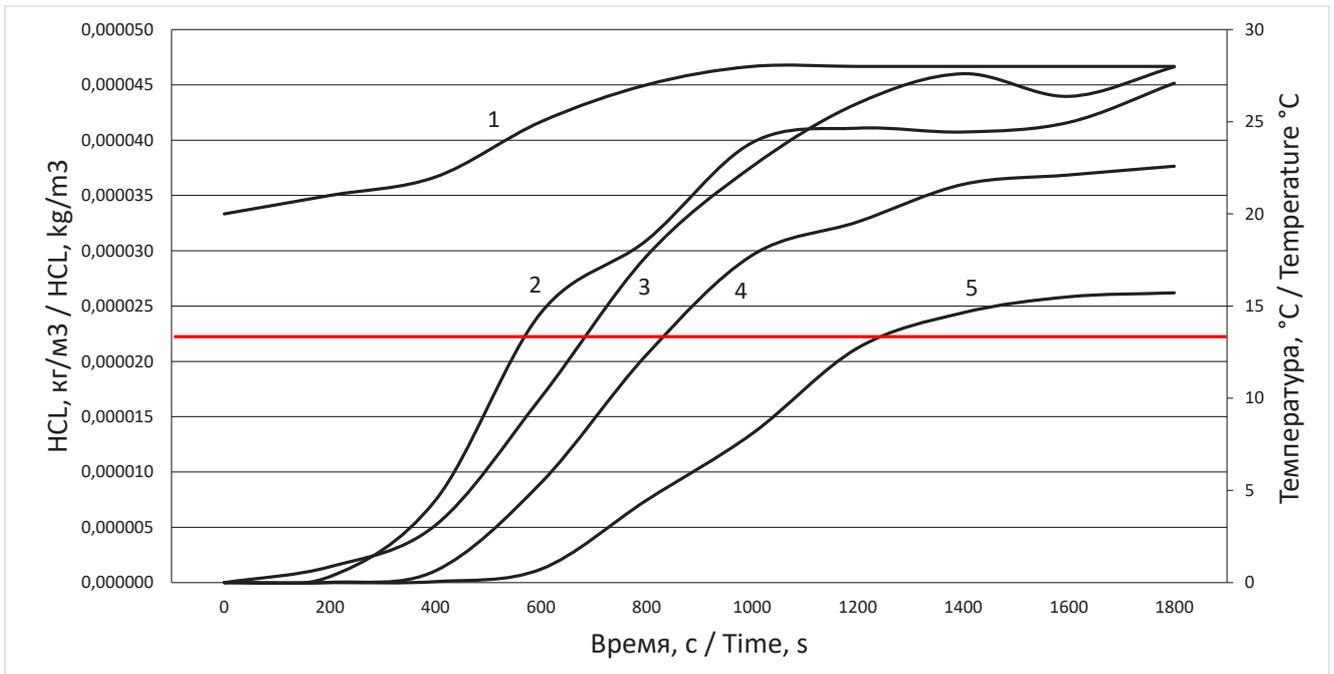


Рис. 5. Динамика изменения концентрации ОФП в лестничной клетке, выполняющей функции пожаробезопасной зоны 4-го типа, при пожаре в жилом помещении с балконом (рис. 1б) при $W = 6$ м/с и $L = 7$ м:

- 1 — температура в зоне промежуточной площадки;
- 2 — HCl в зоне промежуточной площадки;
- 3 — HCl в зоне этажной площадки 2-го этажа;
- 4 — HCl в зоне этажной площадки 3-го этажа;
- 5 — HCl в зоне этажной площадки 4-го этажа

Fig. 5. Dynamics of changes in the concentration of dangerous fire factors in the staircase, which functions as a type 4 fire-safe zone, during the fire in the residential premises with a balcony (Fig. 1b) at $W = 6$ m/s and $L = 7$ m:

- 1 — temperature in the intermediate landing zone;
- 2 — HCl concentration in the intermediate landing zone;
- 3 — HCl concentration in the 2nd floor landing zone;
- 4 — HCl concentration in the 3rd floor landing zone;
- 5 — HCl concentration in the 4th floor landing zone

ки наружу обуславливает необходимость развития новой методологии для определения безопасности находящихся в лестничной клетке МГН. При этом должен быть установлен порядок определения количества МГН группы мобильности М4 в лестничной клетке, времени прибытия пожарных подразделений к первому и каждому последующему спасаемому, а также общее время окончания спасательных работ.

Необходимо также учитывать, что современные представления о функциональ-

ной роли лестничных клеток в системе обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений предполагают, что лестничные клетки являются безопасным путем спасения пожарными подразделениями людей, которые не могут самостоятельно эвакуироваться из зданий: немобильных и малолетних пациентов больниц, специализированных дошкольных образовательных организаций, домов престарелых и т. д. Кроме того, обозначенная функциональная роль наиболее актуальна для расположен-

ных в секциях многоквартирных жилых зданий лестничных клеток, являющихся единственным путем эвакуации, а также перемещения наружу спасаемых немобильных жильцов и детей, оставшихся в квартирах без взрослых.

С учетом вышеизложенного необходимы дополнительные новые методологические положения для определения безопасности как находящихся в лестничной клетке МГН, так и спасаемых по лестничной клетке людей. Апробация этих положений позволит дополнить существующие методики определения пожарного риска.

Эти положения должны отражать порядок расчетов временных интервалов действий пожарных подразделений, а также методов, позволяющих определить количество различных групп спасаемых на каждом этаже.

Следует учитывать, что возможность безопасного нахождения людей в лестничной клетке как на стадии эвакуации, так и на стадии спасения возможна только при условии, что внутренние стены лестничной клетки обеспечивают защиту от распространения пожара из смежных помещений в объем лестничной клетки, т. е. обладают необходимой огнестойкостью.

Интервал времени от начала пожара до окончания эвакуации из большинства зданий, как показывают расчеты, может варьироваться от 3 до 10 мин.

Очевидно, что внутренние стены лестничных клеток с пределом огнестойкости не менее REI 15 в зданиях со степенью огнестойкости не ниже IV позволят обеспечить необходимую защиту людей при эвакуации.

Вместе с тем для зданий, имеющих V степень огнестойкости, предел огнестойкости внутренних стен лестничных клеток не нормируется, что предполагает возможность

использования конструкций с неопределенными значениями пределов огнестойкости. С учетом этого корректно оценить возможность распространения пожара из горящего помещения в лестничную клетку до момента окончания эвакуации даже для зданий, имеющих V степень огнестойкости, не представляется возможным, и необходимы новые положения определения пожарного риска, позволяющие учесть это обстоятельство.

Интервал времени от начала пожара до окончания спасения людей определяется как сумма интервалов времени от момента начала пожара до сообщения о нем в пожарную часть, времени прибытия пожарных подразделений к зданию, времени нахождения пожарными спасаемого, его подготовки к перемещению и непосредственная эвакуация человека.

Величина обозначенного интервала времени, как показано в [5], [6], [7], даже для 2-этажных зданий составляет не менее 18 мин в случае, если необходимо спасти только одного человека, а здание расположено в пределах городского поселения, и не менее 28 мин в случае, если необходимо спасти только одного человека, а здание расположено в пределах сельского поселения.

Это означает, что необходимо обеспечить защиту находящихся в лестничной клетке людей от пожара в смежных помещениях достаточно продолжительный период времени. Следовательно, фактор огнестойкости внутренних стен лестничных клеток играет существенную роль при оценке безопасности находящихся в ней людей на стадии эвакуации в зданиях V степени огнестойкости, а также на стадии спасения из зданий всех типов огнестойкости.

Поскольку существующая методика определения пожарного риска не учитывает фактор огнестойкости, он должен быть учтен в дальнейшем, при ее развитии, в т. ч. на основе данных об эквивалентной продолжительности пожара [8].

Развитие критериев, математических соотношений и условий однозначности для оценки пожарного риска

Проведенный выше анализ позволяет сделать вывод, что определение пожарного риска для оценки эффективности систем противопожарной защиты лестничных клеток потребует в перспективе подтверждения соответствия этих систем следующим новым критериям.

- Обеспечено ограничение распространения ОФП в лестничную клетку через проемы смежных помещений и коридоров, через внутренние стены лестничных клеток, а также через проемы в наруж-

ных стенах лестничной клетки до необходимого уровня.

- Обеспечена возможность безопасной эвакуации всех мобильных людей по лестничной клетке.
- Обеспечена возможность безопасного нахождения в лестничной клетке МГН группы мобильности М4 до момента начала их спасения пожарными подразделениями.
- Обеспечена возможность спасения путем перемещения по лестничной клетке наружу немобильных людей и малолетних детей, а также МГН группы мобильности М4, находящихся в лестничной клетке.

Количественная оценка эффективности систем противопожарной защиты лестничных клеток также потребует в дальнейшем развития математических соотношений, которые должны быть использованы для определения пожарного риска.

Возможность безопасной эвакуации по лестничной клетке описывается соотношением:

$$0,8 t_{\text{бл}} \geq t_{\text{н.э.}} + t_p, \quad (1)$$

где $t_{\text{н.э.}}$ и t_p — время начала эвакуации и расчетное время эвакуации.

В случае пожара на балконе необходимо дополнить методику определения пожарного риска положениями о порядке определения времени начала эвакуации $t_{\text{н.э.}}$ с учетом того, что балконы не защи-

щены системами пожарной сигнализации (далее — СПС).

Условие возможности безопасного нахождения на этажных площадках лестничной клетки МГН группы мобильности М4 до момента начала их спасения пожарными подразделениями описывается соотношением:

$$0,8 t_{\text{бл.лк}} \geq T_{\text{нач.спас}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{нач.спас}}$ — время начала спасения МГН группы мобильности М4 из лестничной

клетки, осуществляемого подразделениями пожарной охраны и соответствующее

интервалу времени от момента возникновения пожара до начала перемещения по-

следнего спасаемого наружу, определяемое из соотношения:

$$T_{нач.спас.} = t_c + t_{приб} + t_{пер} + t_{сп}, \tag{3}$$

где t_c — время от начала пожара до сообщения о нем в подразделение пожарной охраны; $t_{приб}$ — время от момента сообщения о пожаре до прибытия подразделения пожарной охраны к зданию, определяемое в соответствии с положениями ч. 1 ст. 76 № 123-ФЗ; $t_{пер}$ — время от прибытия подразделения пожарной охраны к зданию до

окончания перемещения к последнему спасаемому человеку; $t_{сп}$ — время подготовки к спасению (перекалывание на носилки, надевание СИЗОД и т. д.).

Если интервал времени от момента срабатывания СПС до момента сообщения о пожаре в подразделение пожарной охраны равен t^* , то неравенство (2) будет иметь вид:

$$0,8 t_{бл.лк} \geq t_{пор} + t_{инерц} + t^* + t_{приб} + t_{пер} + t_{сп}. \tag{4}$$

Условие возможности спасения людей путем перемещения по лестничной клетке наружу немобильных людей и малолетних

детей, находящихся на этажах, а также МГН группы мобильности М4, находящихся в лестничной клетке, описывается соотношением:

$$0,8 t_{сп}^{бл.лк} \geq T_{ок.спас.}, \tag{5}$$

где $t_{сп}^{бл.лк}$ — время блокирования лестничной клетки на стадии спасения, определяемое с учетом предельно допустимых

значений ОФП для спасаемых людей с учетом возможного использования для их спасения СИЗОД:

$$t_{сп}^{бл.лк} = \min\{t_{сп}^{п.в.}, t_{сп}^m, t_{сп}^{m.г.}, t_{сп}^{кисл}, t_{сп}^{m.п.}\}, \tag{6}$$

где $t_{сп}^m$, $t_{сп}^{m.г.}$, $t_{сп}^{кисл}$, $t_{сп}^{m.п.}$ — время достижения ОФП предельно допустимых значений по температуре, концентрации токсичных продуктов горения, концентрации кислорода и теплового потока соответствен-

но на стадии спасения (с учетом используемых СИЗОД);

$T_{ок.спас.}$ — время окончания спасения человека по лестничной клетке, осуществляемого подразделениями пожарной охраны

и соответствующее интервалу времени от начала пожара до момента перемещения последнего спасаемого на безопасное расстояние от горящего здания.

Поскольку перемещение людей осуществляется пожарными подразделениями, в (6) не учитывается фактор потери види-

мости. Кроме того, при защите спасаемого изолирующим самоспасателем в (6) допускается не учитывать воздействие токсичных продуктов горения и снижение концентрации кислорода.

Время окончания спасения $T_{ок.спас}$ в (5) определяется из соотношения:

$$T_{ок.спас} = T_{нач.спас.} + t_{пер}^*, \quad (7)$$

где $t_{пер}^*$ — время перемещения последнего спасаемого наружу, на безопасное расстояние от горящего здания.

Для реализации расчетов по (2)–(7) необходимо разработать новые положения по определению временных интервалов прибытия пожарных подразделений к людям с дальнейшим их перемещением наружу исходя из общего количества спасаемых и числа пожарных подразделений, осуществляющих спасательные работы, аналогичные данным [9] для немобильных людей и др.

Кроме того, необходимо определить значение интервала времени от момента срабатывания СПС до сообщения о пожаре в подразделение пожарной охраны (равен t^*), а также интервала времени от начала пожара до сообщения о пожаре в подразделение пожарной охраны в случае отсутствия в здании СПС.

Развитие методологии определения пожарного риска предполагает актуализацию математических моделей, позволяющих прогнозировать распространение ОФП из окон горящих помещений или с балконов по фасаду здания в окна лестничных клеток с учетом влияния ветра.

Для этого должно быть использовано полевое моделирование динамики пожара, основанное на решении системы дифференциальных уравнений, получившее широкое распространение как в отечественной практике [10], так и за рубежом [11]. Модель турбулентности с поправкой на влияние естественной конвекции целесообразно принять согласно [12, 13]. Теплоперенос излучением рекомендуется учитывать на основе метода дискретного радиационного переноса [14], а радиационные свойства продуктов горения могут быть определены согласно модели взвешенной суммы серых газов [15] с коэффициентами аппроксимации [16].

Для оценки динамики распространения ОФП в окна лестничных клеток в случаях, когда отделка наружных стен зданий, облицовка, а также карнизные свесы выполнены с применением горючих материалов, в применяемых математических моделях должны учитываться эффекты горения находящихся на фасаде материалов по аналогии с [17, 18].

Скорость ветра, как показано выше, существенным образом влияет на время блокирования лестничной клетки ОФП. Очевидно, что корректно оценить значение скорости

ветра и его направление в момент пожара невозможно. Поэтому для прогноза динамики распространения ОФП в окна лестничных клеток может быть использовано некое расчетное значение скорости ветра, характерное для региона размещения объекта. Например, в качестве такой расчетной скорости ветра в [4, 20] принималась максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь согласно положениям табл. 3.1 СП 131.13330.2020 [19].

Очевидно, что в момент пожара реальная скорость ветра может превышать это значение. Поэтому в [20] дополнительно принималось, что ветер направлен вдоль фасада здания от окна горящего балкона к лестничной клетке.

Обозначенный подход соответствует базовым положениям действующей методики определения пожарного риска, согласно которым при расчетах должны рассматриваться сценарии пожара и исходные данные. В соответствии с ними реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей.

Необходимо учитывать, что район размещения объекта нельзя не учитывать при определении расчетной скорости ветра. Это связано с тем, что диапазон значений средних скоростей ветра по румбам за январь, согласно положениям табл. 3.1 СП 131.13330.2020, в пределах РФ меняется от 1,3 до 11,5 м/с. В связи с этим использование одного фиксированного значения скорости ветра для всех регионов РФ может привести к значительным ошибкам.

Однако из-за отсутствия в СП 131.13330.2020 подробных данных для всех населенных пунктов и районов возникает необходимость в рамках развития методики определения пожарного риска установить поря-

док определения расчетной скорости ветра в населенных пунктах и районах, не указанных в СП 131.13330.2020.

Следует также учитывать, что для лестничной клетки типа Л1, выполняющей функции пожаробезопасной зоны 4-го типа, нормативными документами в области пожарной безопасности не установлены дополнительные требования к размерам открываемых створок окон на каждом этаже. Проведенные расчеты распространения ОФП с горящих балконов в окна такой лестничной клетки выполнены в предположении, что площадь открываемых створок окон лестничной клетки на каждом этаже не превышает 0,6 м², а остальные створки могут открываться специальным ключом при необходимости их мытья, обслуживания и т. д. (рис. 5).

Указанные размеры открываемых створок позволяют ограничить распространение ОФП в объем лестничной клетки типа Л1, выполняющей функции пожаробезопасной зоны 4-го типа, и одновременно обеспечивают возможность ее эффективного проветривания в санитарных целях.

Поэтому в рамках работ по развитию методологии определения пожарного риска необходимо провести дополнительные исследования, позволяющие установить окончательный порядок определения размеров открытых оконных проемов как в горящих помещениях, так и в лестничных клетках. Кроме того, для лестничных клеток типа Л1, выполняющих функции пожаробезопасной зоны 4-го типа, необходимо обосновать и указать в нормативных документах допустимую площадь открываемых оконных створок.

Для окон лестничных клеток типа Н2, а также для неоткрываемой части окон

лестничных клеток типа Л1, Н1 и Н3 в [20] предложено принимать, что разрушение остекления начинается при воздействии на него со стороны фасада газовой среды пожара с температурой более 300 °С или падающего теплового потока более 12,5 кВт/м².

Эти положения требуют уточнений и дополнений для оконных стекол разных размеров, стеклопакетов с различным числом камер, балконного и огнестойкого остекления и т. д., подтвержденных результатами огневых испытаний.

Заключение

Для реализации широкого спектра проектных решений необходимы современные методологии, позволяющие обосновать невыполнение нормативных требований в части размеров простенков между окнами помещений и лестничных клеток, а также соответствующие размеры при отсутствии нормативных требований.

В работе проанализированы основные направления развития существующей методики определения пожарного риска, позволяющие реализовать указанные задачи.

Показано, что при расчетах динамики распространения пожара из окон горящих

помещений и с балконов в окна лестничных клеток необходимо учитывать скорость ветра в районе размещения объекта.

Представленный в статье анализ показал, что для подтверждения возможности своевременного прибытия пожарных подразделений к первому спасаемому и безопасного последовательного перемещения людей с разных площадок лестничной клетки необходимо развитие новых методологий, позволяющих оценить безопасность находящихся там МГН. После необходимой апробации они будут использованы для дополнения действующих методик определения пожарного риска.

Если проектные решения предусматривают применение на наружных поверхностях зданий горючих материалов, то используемые математические модели должны учитывать эффекты, связанные с их горением.

Полученные результаты определяют направления развития методологии определения пожарного риска, позволяющей учесть эффект распространения пожара по фасаду здания в лестничные клетки. Их применение позволяет уточнить соответствующие нормативные положения, своды правил по пожарной безопасности, а также обосновать отсутствующие требования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты : свод правил : утвержден и введен в действие приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 12 марта 2020 г. № 151 // введен взамен СП 2.13130.2012 : дата введения 2020-09-12 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 15.07.2024).

2. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы : свод правил : утвержден и введен приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 19 марта 2020 г. № 194 : введен взамен СП 1.13130.2009 : дата введения 2020-09-19 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 15.07.2024).

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300260998?marker=6540IN> (дата обращения: 15.07.2024).

4. Апробация и анализ нормативных требований по защите лестничных клеток с открытыми проемами при распространении пожара по фасаду / А. В. Пехотиков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33, № 1. С. 5–14. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2024.33.01.5-14>.

5. Анализ влияния фактора огнестойкости строительных конструкций на обеспечение безопасности людей при пожаре / А. В. Пехотиков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2022. Т. 33, № 3. С. 49–62.

6. Оценка возможности спасения людей при пожаре в жилом здании / А. В. Пехотиков [и др.] // Пожарная безопасность. 2021. № 3 (104). С. 86–97.

7. Анализ технических решений по противопожарной защите обычных лестничных клеток при реконструкции секционных жилых зданий / А. В. Пехотиков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2023. Т. 32, № 2. С. 59–70. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70>.

8. 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.

9. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учебное пособие / В. В. Холщевников [и др.]. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.

10. Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений / А. С. Ярош [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2019. № 1. С. 50–56.

11. A review of modelling and simulation methods for flashover prediction in confined space fires / D. Cortés et al. // Applied Sciences (Switzerland). 2020. № 10 (1). pp. 1–18. DOI: <https://10.3390/app10165609>.

12. Launder, B. E., Spalding, D. B. The numerical computation of turbulent flows // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1974. № 3 (2). pp. 269–289. DOI: [https://10.1016/0045-7825\(74\)90029-2](https://10.1016/0045-7825(74)90029-2).

13. Hossain M. S., Rodi W. A turbulence model for buoyant flows and its application for vertical buoyant jets // Turbulent Buoyant Jets and Plumes (Rodi W. ed.). HMT Series: Oxford, England. 1982. Vol. 6. pp. 121–172.

14. Lockwood, F. C., Shah, N. G. A new radiation solution method for incorporation in general combustion prediction procedures // Proceedings of the Symposium (International) on Combustion. 1981. № 18 (1). pp. 1405–1414. DOI: [https://10.1016/S0082-0784\(81\)80144-0](https://10.1016/S0082-0784(81)80144-0).
15. Bressloff, N. W., Moss, J. B., Rubini, P. A. Assessment of a differential total absorptivity solution to the radiative transfer equation as applied in the discrete transfer radiation model. Numerical heat transfer, Part B // An International Journal of Computation and Methodology. 1996. № 29 (3). pp. 381–397. DOI: <https://10.1080/10407799608914988>.
16. Truelove J. S. The two-flux model for radiative transfer with strongly anisotropic scattering // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1984. №. 27 (3). pp. 464–466. DOI: [https://10.1016/0017-9310\(84\)90294-1](https://10.1016/0017-9310(84)90294-1).
17. Computer-simulation research on building-facade geometry for fire spread control in buildings with wood claddings / M. Giraldo et al. // World Conference on Timber Engineering “Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2012”. Auckland, 2012. pp. 1–8.
18. Experimental and numerical study of fire spread on a wooden facade fire / B. Lafdal et al. // 4th International Symposium on Fire Safety of Facades – FSF 2024. Lund (Sweden), France. pp. 177–188.
19. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. № 859/пр и введен в действие с 25 июня 2021 г. : введен взамен СП 131.13330.2018 : дата введения 2021-06-25 // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 15.07.2024).
20. Пузач, С. В., Лучкин, С. А., Гомозов, А. В. Анализ теплового воздействия на окна лестничной клетки пожара, возникшего на балконе жилого здания // Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33, № 5. С. 16–25. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2024.33.05.16-25>.

REFERENCES

1. SPP 2.13130.2020. Fire protection systems. Provision of fire resistance of protection objects : set of rules : approved and put into effect by the order of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia) from March 12, 2020 № 151 // introduced to replace SP 2.13130.2012 : date of introduction 2020-09-12 // Codex : electronic fund of legal and normative.-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (date of application: 15.07.2024).
2. SPP 1.13130.2020. Fire protection systems. Evacuation routes and exits : set of rules : approved and introduced by the order of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia) from March 19, 2020 № 194 : introduced to replace SP 1.13130.2009 : date of introduction 2020-09-19 // Codex : electronic fund of legal and normative-technical information. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (date of application: 15.07.2024).
3. On approval of the methodology for determining the estimated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of different classes of functional fire hazard : Order of the Ministry

of Emergency Situations of Russia from November 14, 2022 № 1140 // Codex : electronic fund of legal and regulatory-technical information. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300260998?marker=6540IN> (date of application: 15.07.2024).

4. Approbation and analysis of regulatory requirements for the protection of stairwells with open openings in case of fire propagation along the facade / A. V. Pekhotikov et al. // Fire and explosion safety. 2024. T. 33, № 1. C. 5–14. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2024.33.01.5-14>.

5. Analysis of the influence of the fire resistance factor of building structures on the safety of people in case of fire / A. V. Pekhotikov et al. // Pozharovzryvozasnost. 2022. T. 33, № 3. C. 49–62.

6. Estimation of the possibility of rescuing people at a fire in a residential building / A. B. Pekhotikov et al. // Fire safety. 2021. № 3 (104). C. 86–97.

7. Analysis of technical solutions for fire protection of ordinary stairwells in the reconstruction of sectional residential buildings / A. V. Pekhotikov et al. // Pozharovzryvozasnost. 2023. T. 32, № 2. pp. 59–70. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2023.32.02.59-70>.

8. Shebeko Y. N., Shebeko A. Y., Gordienko D. M. Estimation of the equivalent fire duration for building structures based on modeling of fire in the room // Fire Safety. 2015. № 1. C. 31–39.

9. Evacuation and behavior of people at fires : a textbook / V. V. Kholshchevnikov et al. M. : Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2015. 262 p.

10. Analysis of mathematical models of the development of fire hazards in the system of buildings and structures / A. S. Yarosh et al. // Bulletin of the scientific center for safety of work in the coal industry. 2019. № 1. pp. 50–56.

11. A review of modelling and simulation methods for flashover prediction in confined space fires / D. Cortés et al. // Applied Sciences (Switzerland). 2020. № 10 (1). pp. 1–18. DOI: <https://10.3390/app10165609>.

12. Launder, B. E., Spalding, D. B. The numerical computation of turbulent flows // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1974. № 3 (2). pp. 269–289. DOI: [https://10.1016/0045-7825\(74\)90029-2](https://10.1016/0045-7825(74)90029-2).

13. Hossain M. S., Rodi W. A turbulence model for buoyant flows and its application for vertical buoyant jets // Turbulent Buoyant Jets and Plums (Rodi W. ed.). HMT Series: Oxford, England. 1982. Vol. 6. pp. 121–172.

14. Lockwood, F. C., Shah, N. G. A new radiation solution method for incorporation in general combustion prediction procedures // Proceedings of the Simposium (International) on Combustion. 1981. № 18 (1). pp. 1405–1414. DOI: [https://10.1016/S0082-0784\(81\)80144-0](https://10.1016/S0082-0784(81)80144-0).

15. Bressloff, N. W., Moss, J. B., Rubini, P. A. Assessment of a differential total absorptivity solution to the radiative transfer equation as applied in the discrete transfer radiation model. Numerical heat transfer, Part B // An International Journal of Computation and Methodology. 1996. № 29 (3). pp. 381–397. DOI: <https://10.1080/10407799608914988>.

16. Truelove J. S. The two-flux model for radiative transfer with strongly anisotropic scattering // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1984. №. 27 (3). pp. 464–466. DOI: [https://10.1016/0017-9310\(84\)90294-1](https://10.1016/0017-9310(84)90294-1).

17. Computer-simulation research on building-facade geometry for fire spread control in buildings with wood claddings / M. Giraldo et al. // World Conference on Timber Engineering “Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2012”. Auckland, 2012. pp. 1–8.

18. Experimental and numerical study of fire spread on a wooden facade fire / B. Lafdal et al. // 4th International Symposium on Fire Safety of Facades – FSF 2024. Lund (Sweden), France. pp. 177–188.

19. SP 131.13330.2020. Construction climatology : set of rules : approved by the order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation from December 24, 2020 № 859/pr and put into effect from June 25, 2021. : introduced to replace SP 131.13330.2018 : date of introduction 2021-06-25 // Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (date of application: 15.07.2024).

20. Puzach, C. V., Luchkin, S. A., Gomofov, A. V. Analysis of the thermal impact on the windows of the stairwell of the fire that occurred on the balcony of a residential building // Fire and explosion safety. 2024. Т. 33, № 5. pp. 16–25. DOI: <https://10.22227/0869-7493.2024.33.05.16-25>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Карпов Алексей Васильевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Российская Федерация, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12); РИНЦ ID: 338983; Scopus Author ID: 56097627000; Researcher ID: L-7707-2015; ORCID: 0000-0002-0187-3159; e-mail: avkhome@inbox.ru

Лучкин Сергей Алексеевич, научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Российская Федерация, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12); РИНЦ ID: 760855; ORCID: 0000-0003-2313-6309; e-mail: Luchkin.sergey@yandex.ru

Гомозов Александр Васильевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Российская Федерация, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12); РИНЦ ID: 760879; ORCID: 0000-0001-9660-9221; e-mail: Gomozovav@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexey V. Karpov, Cand. Sci. (Eng.), leading research fellow, Federal State Budgetary Institution VNIIPPO EMERCOM of Russia (12 mkr. VNIIPPO, Balashikha, 143903, Russian Federation); RSCI ID: 338983; Scopus Author ID: 56097627000; Researcher ID: L-7707-2015; ORCID: 0000-0002-0187-3159; e-mail: avkhome@inbox.ru

Sergey A. Luchkin, research fellow, Federal State Budgetary Institution VNIIPPO EMERCOM of Russia (12 mkr. VNIIPPO, Balashikha, 143903, Russian Federation); RSCI ID: 760855; ORCID: 0000-0003-2313-6309; e-mail: Luchkin.sergey@yandex.ru

Aleksander V. Gomofov, Cand. Sci. (Eng.), leading research fellow, Federal State Budgetary Institution VNIIPPO EMERCOM of Russia (12 mkr. VNIIPPO, Balashikha, 143903, Russian Federation); RSCI ID: 760879; ORCID: 0000-0001-9660-9221; e-mail: Gomozovav@yandex.ru

Постпила в редакцию 22.01.2025
Одобрено после рецензирования 05.02.2025
Принята к публикации 14.03.2025