ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2022. Т. 31. № 4. С. 38–55
POZHAROVZRYVOBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2022; 31(4):38-55
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 614.842

https://doi.org/10.22227/0869-7493.2022.31.04.38-55

Исследование времени начала эвакуации людей в жилых многоэтажных зданиях без систем оповещения о пожаре

Дмитрий Александрович Самошин[1], Роман Николаевич Истратов[1], Милена Михайловна Шаранова[2], Владимир Анатольевич Кочетыгов[1] ✉, Сергей Витальевич Томин[1], Алексей Геннадьевич Фролов[1]

[1] Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Москва, Россия

[2] Специальная пожарно-спасательная часть № 14 Специального отдела № 6 Специального управления федеральной противопожарной службы № 3 Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская область, г. Химки, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Согласно статистике, наибольшая гибель людей от пожаров в России происходит в жилых зданиях высотой не более 28 м. При этом большинство систем противопожарной защиты в них не предусматриваются. В частности, в жилых домах вышеуказанной высоты может отсутствовать система пожарной сигнализации. Реальные значения времени начала эвакуации ($t_{нэ}$) в таких зданиях неизвестны, поскольку отечественных исследований в них до настоящего времени не проводилось.

Цели и задачи. Целью работы было установление значений $t_{нэ}$ людей в жилом доме, не оборудованном системой пожарной сигнализации.

Основными задачами являются изучение времени оповещения жильцов о пожаре и исследование времени реакции людей на сигнал о пожаре.

Методы. Методом научного исследования в данной работе является натурный эксперимент. В первой серии экспериментов основное внимание уделялось времени оповещения — было исследовано, сколько времени потребуется, чтобы оповестить всех жильцов здания с помощью одного, двух и трех оповещающих. Вторая серия экспериментов была направлена на изучение времени реакции людей на сигнал о пожаре — определялось, сколько времени понадобится людям, чтобы начать эвакуацию из своих квартир.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что средние значения времени оповещения девятиэтажного здания одним, двумя и тремя оповещающими составили 20,0, 11,6 и 7,2 мин соответственно. На основе полученных данных была построена математическая модель, позволяющая спрогнозировать оптимальное количество оповещающих в зависимости от этажности здания.

Исследования времени реакции людей на сигнал о пожаре показали, что в дневное время в среднем людям требуется меньше времени на осознание и подготовку к эвакуации (72 с), чем в ночное (112 с).

Объединение полученных результатов позволило определить оптимальное количество оповещающих для проведения оповещения всех людей в жилом здании.

Выводы. Сравнение экспериментальных значений $t_{нэ}$ с данными действующей Методики расчета пожарного риска для девятиэтажного дома показало расхождение в 2,6 раза.

Ключевые слова: подготовка к эвакуации; система пожарной сигнализации; поведение людей; время оповещения о пожаре; этаж

Для цитирования: *Самошин Д.А., Истратов Р.Н., Шаранова М.М., Кочетыгов В.А., Томин С.В., Фролов А.Г.* Исследование времени начала эвакуации людей в жилых многоэтажных зданиях без систем оповещения о пожаре // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 4. С. 38–55. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.04.38-55

✉ *Кочетыгов Владимир Анатольевич*, e-mail: kochetygov65@mail.ru

Researches of the pre-evacuation time of people in residential multi-storey buildings without fire warning systems

Dmitriy A. Samoshin[1], Roman N. Istratov[1], Milena M. Sharanova[2], Vladimir A. Kochetygov[1] ✉, Sergey V. Tomin[1], Aleksey G. Frolov[1]

[1] The State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Moscow, Russian Federation

[2] Special Fire and Rescue Department No. 14 of the Special Department No. 6 of the Special Directorate of the Federal Fire Service No. 3 of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Khimki, Moscow Region, Russian Federation

 © Д.А. Самошин, Р.Н. Истратов, М.М. Шаранова, В.А. Кочетыгов, С.В. Томин, А.Г. Фролов, 2022

ABSTRACT

Introduction. According to statistics, the greatest loss of life from fires in Russia occurs in residential buildings with a height up to 28 m. At the same time, most fire protection systems are not provided in such type of buildings. In particular, in residential buildings of mentioned above height fire alarm system maybe not. That is why the real values of the pre-evacuation time (PET) in the buildings are not known, because domestic research still has not been conducted.
Goals and objectives. The aim of the work was to establish the values of the PET of people in a residential building that is not equipped with a fire alarm system.
The main tasks were to study the time to warn building occupants about a fire and to research the time of people's reaction to a fire warning.
Methods. The method of scientific research in this work is a full-scale experiment. In the first set of experiments focus were on warning time — it was investigated how much time it took to warn all building occupants by 1, 2 and 3 notifiers. The second set of experiments were aimed to study of people's reaction time to a fire alarm — it was determined how long it took to start evacuating from their apartments.
Results and their discussion. Studies have shown that the value of the alert time of a nine-storey building by one, two and three notifiers averaged was 20.0, 11.6 and 7.2 min, respectively. Based on the data obtained, a mathematical model was built that allows predicting the optimal number of notifiers depending on the number of storeys in the building. Studies of people's reaction time to a fire alarm have shown that during the daytime, on average, people need less time to realize and prepare for evacuation (72 s) than at night (112 s). Combining the results obtained allowed us to determine the optimal number of notifiers to warn all people in residential building.
Conclusion. Comparison of the experimental values of the PET with the data of the current Methodology of fire risk calculation for a nine-storey house showed a discrepancy of 2.6 times.

Keywords: preparation for evacuation; fire alarm system; human behavior; fire warning time; storey

For citation: Samoshin D.A., Istratov R.N., Sharanova M.M., Kochetygov V.A., Tomin S.V., Frolov A.G. Researches of the pre-evacuation time of people in residential multi-storey buildings without fire warning systems. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2022; 31(4):38-55. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.04.38-55 (rus).

✉ *Vladimir Anatolyevich Kochetygov*, e-mail: kochetygov65@mail.ru

Введение

Здания жилого назначения в нашей стране входят в число объектов с наибольшим количеством пожаров и являются абсолютным лидером по числу ежегодной гибели людей. Смертность людей, приходящаяся на жилые здания, составляет около 90 % от общего числа погибших при пожарах[1]. Причем, чем ниже этажность зданий — тем выше в них гибель людей (рис. 1).

Более высокие статистические показатели гибели людей в зданиях с небольшим количеством этажей определяются структурой отечественного жилого фонда, тяготеющего к малоэтажному строительству, в котором преобладают жилые дома до 10 этажей.

Необходимо также отметить слабую защищенность таких зданий системами противопожарной защиты, в частности техническими средствами пожарной автоматики, по сравнению, например, со зданиями повышенной этажности, имеющими высоту более 28 м.

Так, оснащение жилых зданий системой пожарной сигнализации (СПС) независимо от этажности стало обязательным только с 1 марта 2021 г. со вступлением в силу сводов правил СП 484.1311500.2020[2] и СП 486.1311500.2020[3]. В период действия СП 5.13130.2009[4] устройство СПС было необходимым только при высоте жилых зданий более 28 м.

Рис. 1. Количество погибших людей при пожаре в жилых зданиях до 10 этажей и от 10 этажей и выше в 2021 году [1]

Fig. 1. The number of people deceased in a fire in residential buildings up to 10 floors and from 10 floors and above in 2021 [1]

[1] Пожары и пожарная безопасность в 2021 году : стат. сб. Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

[2] СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты : утв. Приказом МЧС России от 31.07.2020 № 582, введен в действие с 01.03.2021.

[3] СП 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности : утв. Приказом МЧС России от 20.07.2020 № 539, введен в действие с 01.03.2021.

[4] СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 175, введен в действие с 01.05.2009,

По новым требованиям квартиры рекомендуется оснащать автоматическими дымовыми пожарными извещателями СПС. При их отсутствии необходимо применять автономные пожарные извещатели вне зависимости от этажности здания, в том числе в одноквартирных жилых домах (включая блокированные).

Устройство системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) согласно СП 3.13130.2009[5] требуется без каких-либо исключений только для жилых зданий коридорного типа, тогда как для жилых зданий секционного типа необходимость оборудования СОУЭ наступает при наличии 11 и более этажей.

Оснащение квартир автономными пожарными извещателями, как предлагается в нормативных документах[2, 3], позволит оповестить людей лишь в квартире с очагом пожара, а не этажа или здания в целом, поэтому полноценной системой оповещения это считать нельзя.

Предусматривать мероприятия по противодымной защите (ПДЗ) в виде устройства системы дымоудаления и незадымляемых лестничных клеток согласно СП 7.13130.2013[6] следует в жилых зданиях свыше 28 м. А предусматривать автоматические установки пожаротушения (АУП) в жилых зданиях, согласно СП 485.1311500.2020[7], требуется при их высоте более 75 м.

Таблица 1. Значение времени начала эвакуации людей и оснащение системами пожарной автоматики в жилых зданиях с различной этажностью и типом планировки

Table 1. The value of the time of the pre-evacuation time of people and the equipment of fire automation systems in residential buildings with different floors and type of layout

Этажность жилых зданий, этаж Number of storeys of residential buildings, floor	Тип планировки Type of layout	Системы пожарной автоматики Automatic fire systems				Значение времени начала эвакуации людей по Методике[8], мин The value of the pre-evacuation time of people according to the Methodology of fire risk calculation[8], min
		СПС Fire alarm system	СОУЭ System of annunciation and management of human evacuation at fire	ПДЗ Smoke protection system	АУП Automatic fire-extinguishing system	
1–9	Секционная Sectional	+	–	–	–	9
	Коридорная Corridor	+	+	–	–	6
10	Секционная Sectional	+	–	+	–	9
	Коридорная Corridor	+	+	+	–	6
11–25	Секционная Sectional	+	+	+	–	6
	Коридорная Corridor	+	+	+	–	4
26 и более 26 and more	Секционная Sectional	+	+	+	+	4
	Коридорная Corridor	+	+	+	+	4

Примечание: (+) — требуется; (–) — не требуется
Note: (+) — required; (–) — not required

утратил силу 16.02.2021.

[5] СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности : утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 173, введен в действие с 01.05.2009.

[6] СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности : утв. и введен в действие Приказом МЧС России от 21.02.2013 № 116.

[7] СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : утв. Приказом МЧС России от 31.08.2020 № 628, введен в действие с 01.03.2021.

Сводная информация о необходимости оснащения жилых зданий различной этажности системами пожарной автоматики приведена в табл. 1, где также указаны тип планировки и время начала эвакуации.

Значения времени начала эвакуации в табл. 1 взяты в зависимости от наличия и типа СОУЭ, требующихся в жилых зданиях согласно Методике[8], утвержденной Приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382.

Для жилых секционных зданий с количеством этажей менее 11, в которых, как правило, отсутствует СОУЭ, время начала эвакуации составляет максимальное по Методике[8] значение — 9 мин. При этом в коридорных зданиях, где предусматривается СОУЭ 2-го типа, время начала эвакуации составляет 6 мин.

Значение времени начала эвакуации в секционных жилых зданиях уменьшается до 6 мин при увеличении этажности от 11 до 25 этажей. В этом случае согласно требованиям СП 3.13130.2009[5] в них предусматривается СОУЭ 1-го типа. При аналогичной этажности зданий коридорного типа, где уже требуется устройство СОУЭ 3-го типа, время начала эвакуации составляет 4 мин. В зданиях свыше 26 этажей, которые, как правило, проектируются по специальным техническим условиям, время начла эвакуации составляет минимальное по Методике[8] значение — 4 мин, поскольку предусмотренный в них тип СОУЭ не ниже 3-го.

Таким образом, многоэтажные секционные жилые здания высотой не более 28 м в меньшей степени оснащены системами пожарной автоматики и имеют наибольшее время начала эвакуации, а соответственно, и большее количество жертв при пожарах, что подтверждается ранее приведенными статистическими данными[1]. Причем чаще всего смерть людей наступает в результате отравления токсичными продуктами горения, и основным условием, способствующим этому, является несвоевременная эвакуация.

Нередко люди оказываются отрезанными от выходов опасными факторами пожара и, пытаясь спастись через окно, срываются или выпрыгивают с большой высоты. Так произошло 21 июля 2021 г. при пожаре в жилом многоквартирном доме города Санкт-Петербурга. Женщина попыталась укрыться от пожара, повиснув на подоконнике 6-го этажа, но, не удержавшись, упала вниз. От полученных травм она скончалась на месте, о чем сообщает информационный сайт Мегаполис[9]. Согласно данным сайта EAOMedia.ru[10], похожий случай произошел 28 октября 2020 г. при пожаре в жилом доме села Ленинское Еврейской автономной области. 12-летняя девочка выпрыгнула из окна горящей квартиры, расположенной на третьем этаже жилого дома. В результате падения ребенок получил серьезные травмы позвоночника.

Подобные случаи являются результатом упущенного времени для своевременной эвакуации по причине отсутствия информации или позднего оповещения о возникновении пожара. То есть фактическое время эвакуации людей превысило время наступления критических значений опасных факторов пожара на путях эвакуации ($t_э > t_{бл}$).

В настоящей статье авторы описывают проводимые ими экспериментальные исследования в жилом здании, не оборудованном системой пожарной сигнализации и системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, для определения времени оповещения жильцов о пожаре при разном числе оповещающих, а также времени реагирования людей при получении информации об опасности.

Целью статьи является определение на основе результатов проведенных экспериментов в вышеупомянутом жилом здании реальных значений времени начала эвакуации людей и сравнение их с данными действующей Методики[8].

Аналитический обзор ранее проведенных исследований

Время начала эвакуации может достигать до 90 % времени всей эвакуации людей [1], влияя на ее своевременность и беспрепятственность.

Изучение времени начала эвакуации неразрывно связано с исследованиями поведения людей при пожаре, которые берут свое начало в 50-х гг. прошлого века. Одним из первых таких исследований является работа ученого из США Дж.Л. Брайана [2], изучившего отчеты людей, ставших очевидцами паники во время пожара 29 января 1956 г. в Арундел-Парк-холле в Бруклине штата Мэриленд, США. Продолжение и серьезное развитие данных исследований было осуществлено в начале 70-х гг. английским ученым П. Вудом в Великобритании [3]. П. Вуд проанализировал особенности поведения людей при воз-

[8] Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (в редакции от 02.12.2015) : утв. Приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382, начало действия редакции — 15.01.2016.

[9] Мегаполис. Городская сеть информирования и взаимопомощи. Женщина погибла, прыгнув из окна во время пожара на Дыбенко. Момент падения попал на видео. URL: https://megapolisonline.ru/zhenshhina-pogibla-prygnuv-iz-okna-vo-vremya-pozhara-na-dybenko-moment-padeniya-popal-na-video/

[10] EAOMedia.ru. Ребенок выпрыгнул из окна горящей квартиры и травмировал позвоночник в ЕАО. URL: https://eaomedia.ru/news/1015382/?from=34

никновении пожара во множестве зданий различного назначения. Данные собирались на основе опроса людей после пожара по специальной анкете.

Из обобщения результатов анкетных опросов известно, что в жилых зданиях зафиксировано наибольшее количество людей, которые к первым действиям приступили сами и организовали окружающих для эвакуации из здания. Отмечается наименьшее количество людей, которые пытались тушить пожар (по всей видимости, из-за отсутствия первичных средств пожаротушения). Обращает на себя внимание высокий процент людей, которые при обнаружении пожара пытались собрать больше информации о пожаре для принятия наиболее оптимального решения о своем дальнейшем поведении.

Последующие действия являлись определенным отголоском того, что делали люди на первом этапе. Как правило, в случае сбора дополнительной информации следующим действием было либо звонок в пожарную охрану, либо борьба с пожаром. Если сначала был звонок в пожарную охрану, то далее предпринимались попытки тушения пожара. В том случае, когда предпринимались попытки тушения пожара, то далее следовал звонок в пожарную охрану. В ряде случаев, после оповещения пожарной охраны и окружающих людей, далее попытки тушить пожар не предпринимались и люди приступали к эвакуации из здания.

Более подробно последовательность действий при обнаружении пожара проживающих в жилых зданиях приведена на рис. 2.

В дальнейшем изучение времени начала эвакуации получило широкое распространение, и в поле зрения ученых попали отдельные факторы, определяющие его величину. Установленные факторы можно условно разделить на две группы: устойчи-

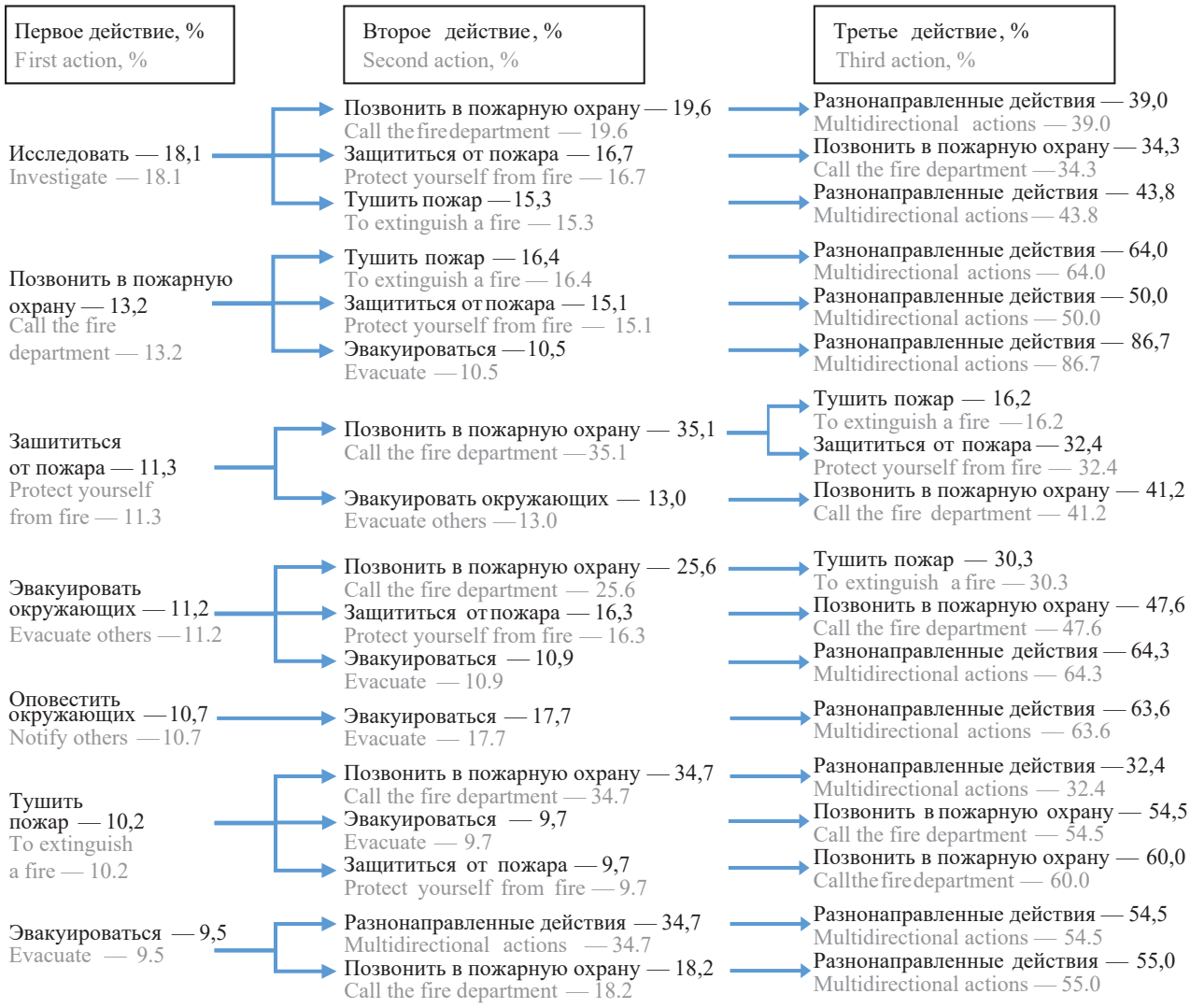


Рис. 2. Последовательность действий людей при обнаружении пожара в жилых зданиях (на основе опроса 1155 человек)

Fig. 2. The sequence of actions of people when a fire is detected in residential buildings (based on a survey of 1,155 people)

вые факторы (пол, возраст [4–6], темперамент [7], физические ограничения [8–11]) и временные факторы (сон/бодрствование [12], усталость, стресс [7]), а также ряд дополнительных обстоятельств:

- действия персонала [12, 13];
- динамика ОФП [14, 15];
- социальные и родственные связи человека [16, 17];
- противопожарная подготовка и обучение [18, 19];
- использование для эвакуации лифта [20, 21].

Довольно интересные данные времени начала эвакуации в жилых зданиях приведены в работах [22–24] и обобщены в работе [25]. Для удобства анализа этих данных на рис. 3 приведена диаграмма, обобщающая их средние и максимальные значения.

Значения времени начала эвакуации в жилых зданиях, приведенные на рис. 3, весьма высоки и в несколько раз отличаются от значений, полученных в зданиях иного функционального назначения, например офисных [26, 27], торговых [28], библиотеках [29], театрах [30], медицинских учреждениях [31] и т.д.

Высокие показатели времени начала эвакуации в жилых зданиях по сравнению со зданиями другого назначения отмечаются в работе [32]. А в работе [33] сообщается, что при реальном пожаре $t_{НЭ}$ последних жильцов жилого дома вообще превысило 3 часа.

Среди отечественных исследований можно выделить работы, посвященные методологическим проблемам нормирования времени начала эвакуации [34, 35], влиянию систем пожарной автоматики на безопасность людей [36–39], определению времени начала эвакуации в детских садах [40], медицинских и социальных учреждениях [41–44], культовых зданиях [45], административных зданиях [46], жилых зданиях республики Вьетнам [58].

По данным, полученным для жилых зданий в г. Ханой [43], распределения значений времени реакции и подготовки людей к эвакуации и движения в пределах квартир отмечается характерными двумя пиковыми значениями (рис. 4).

Дальнейший анализ данных показал, что характерная форма гистограммы обусловлена численностью семей, среди которых можно выделить две характерные группы: молодую семью (из 2 членов) и сформировавшуюся семью (из 3 членов и более). Подготовка к эвакуации молодой семьи составляет около 2 мин, а сформировавшейся семьи, включающей пожилых людей, почти 5 мин (рис. 5 и 6).

Затраты времени на этапе подготовки к эвакуации связаны с выполнением тех или иных действий, направленных на защиту от пожара. Пример таких действий был описан ранее и отображен на рис. 2 и 3.

Приведенные данные по исследованию времени начала эвакуации в жилых домах показывают существенный разброс значений, более того, все они получены в зданиях с наличием и исправным состоянием системы оповещения. Кроме того, все эти значения получены в другой стране. Время начала эвакуации для зданий, в которых системы оповещения нет, до настоящего времени не исследовано.

В общем виде время начала эвакуации определяется суммой следующих основных слагаемых [34]:

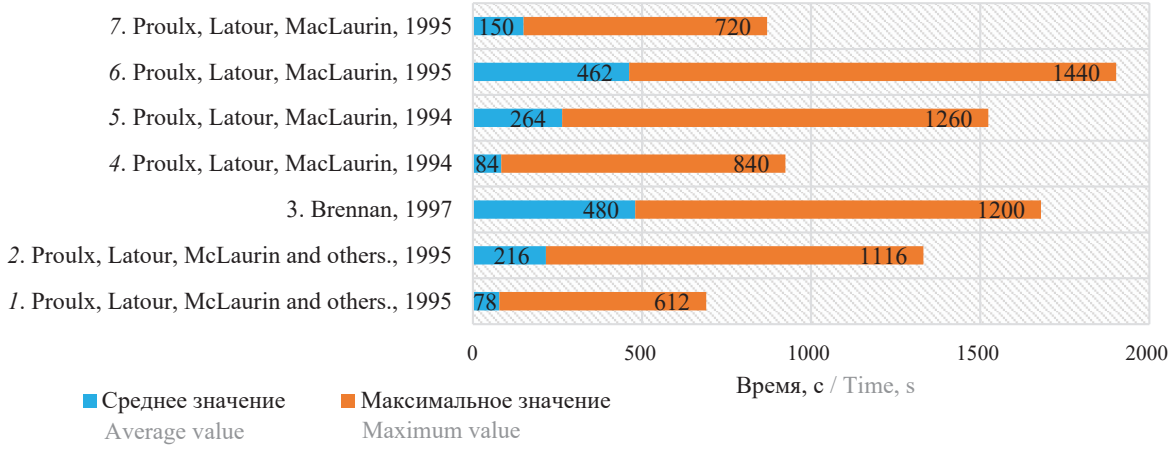


Рис. 3. Результаты исследования времени начала эвакуации людей в жилых зданиях, полученные зарубежными авторами: *1* — здание повышенной этажности (неанонсированные учения по эвакуации; срабатывание сирены пожарной сигнализации); *2* — здание повышенной этажности (неанонсированные учения по эвакуации; срабатывание сирены пожарной сигнализации; сильный снегопад во время учений); *3* — здание повышенной этажности (пожар, произошедший рано утром, сработала пожарная сигнализация, эвакуировано менее половины жильцов); *4–7* — многоэтажное здание (неанонсированные учения по эвакуации; срабатывание сирены пожарной сигнализации)

Fig. 3. The results of the study of the pre-evacuation time of people in residential buildings obtained by foreign authors: *1* — a high–rise building (unannounced evacuation exercises; fire alarm siren); *2* — a high-rise building (unannounced evacuation exercises; fire alarm siren; heavy snowfall during the exercises); *3* — a high-rise building (a fire that occurred early in the morning, the fire alarm went off, less than half of the residents were evacuated); *4–7* — multi-storey building (unannounced evacuation exercises; fire alarm siren)

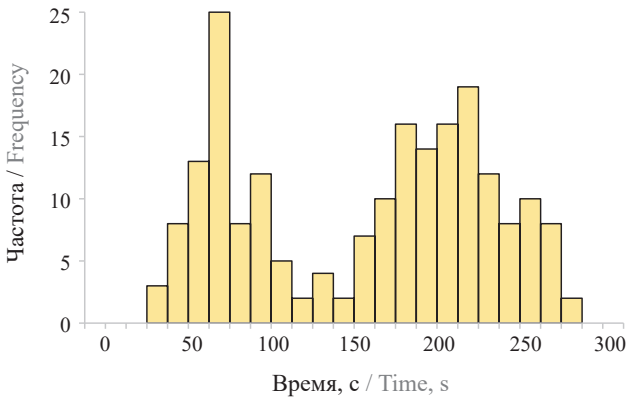


Рис. 4. Гистограмма распределения времени реакции, подготовки людей к эвакуации и движения в пределах квартир в жилых зданиях в г. Ханой [43]

Fig. 4. Histogram of the distribution of reaction time, preparation of people for evacuation and movement within apartments in residential buildings in Hanoi [43]

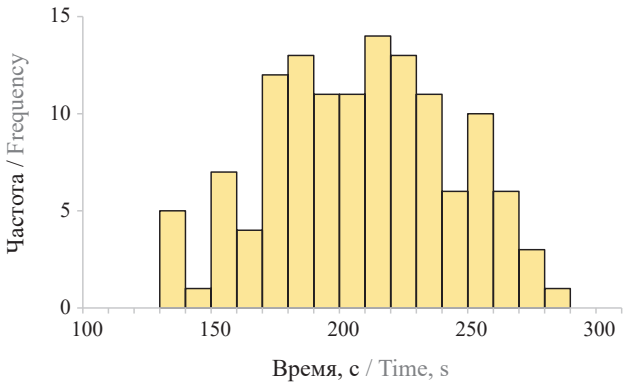


Рис. 5. Гистограммы распределения времени реакции и подготовки к эвакуации людей в семьях из 3 и более человек, проживающих в жилых зданиях в г. Ханой [43]

Fig. 5. Histograms of the distribution of reaction time and preparation for evacuation of people in families of 3 or more people living in residential buildings in Hanoi [43]

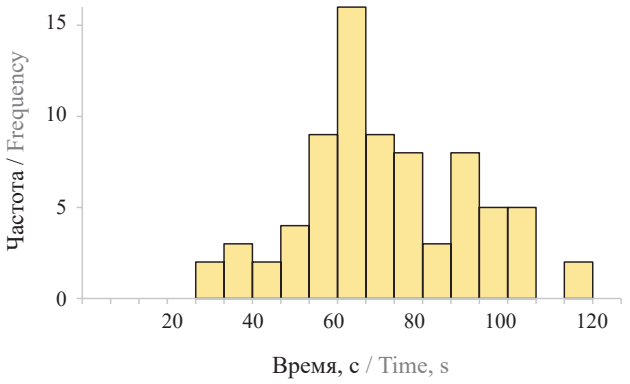


Рис. 6. Гистограммы распределения времени реакции и подготовки к эвакуации людей в молодых семьях из 1–2 человек, проживающих в жилых зданиях в г. Ханой [43]

Fig. 6. Histograms of the distribution of reaction time and preparation for evacuation of people in young families of 1–2 people living in residential buildings in Hanoi [43]

$$t_{н.э} = t_{об} + t_{оп} + t_{о} + t_{под}, \text{ с}, \quad (1)$$

где $t_{об}$ — время обнаружения очага горения, с;

$t_{оп}$ — время оповещения, объявления тревоги, с;

$t_{о}$ — интервал времени, необходимый человеку для осознания информации и оценки сложившейся ситуации, с;

$t_{под}$ — время, необходимое для подготовки к эвакуации или для защиты помещения от воздействия опасных факторов пожара (ОФП), с.

Сумма слагаемых $t_{об} + t_{оп}$ является технической составляющей формирования времени начала эвакуации, зависящей от функционирования элементов систем обнаружения пожара и системы оповещения и управления эвакуацией. Данное выражение представляет собой общее время инерционности систем противопожарной защиты и при отсутствии паспортных данных на оборудование может приниматься равным 1 мин, при этом в здании необходимо наличие и функционирование систем пожарной автоматики. В жилых зданиях, где отсутствуют системы пожарной автоматики, значение этой величины не определено и является первым этапом исследования в настоящей статье.

Сумма $t_{о} + t_{под}$ определяет промежуток времени от получения сигнала о пожаре до начала движения к выходам из здания и характеризуется психоэмоциональным и физическим состоянием человека, а также уровнем его подготовки к действиям при пожаре. Значение этого интервала времени в отечественных жилых зданиях также не изучалось и будет рассмотрено во второй части настоящей статьи.

Материалы и методы исследования

С целью исследования времени начала эвакуации людей в жилом здании без системы оповещения о пожаре авторами был организован ряд специальных экспериментов. Эксперименты по исследованию времени оповещения людей о пожаре проводились в дневное время в одной из секций жилого девятиэтажного здания, необорудованного СПС и СОУЭ.

Замысел исследований заключался в том, что в одной из квартир возникает пожар и ее постояльцы самостоятельно проводят оповещение жильцов, проживающих в других квартирах на разных этажах. Всего было организовано 18 экспериментов, включающих 6 различных сценариев, повторяющихся по 3 раза с одним, двумя и тремя оповещающими людьми.

При оповещении учитывались затраты времени на движение по этажным внеквартирным коридорам и лестнице, стук в двери, ожидание открытия жильцами квартир и оповещение о необходимости начать эвакуацию. В процессе эксперимента велась видеозапись.

Значение времени обнаружения очага горения в экспериментах принимается $t_{об} = 0$, так как оповещающие люди на момент начала эксперимента находятся в квартире и, соответственно, являются свидетелями начала пожара. Время, которое могло быть потрачено на попытку тушения очага пожара, сбор документов или совершение звонка в пожарную охрану, в работе не рассматривалось. Значение $t_{оп}$ определялось временем от начала движения оповещающих из квартиры, где условно был обнаружен пожар, до оповещения жильцов последней квартиры (всего в пределах секции насчитывалось 36 квартир).

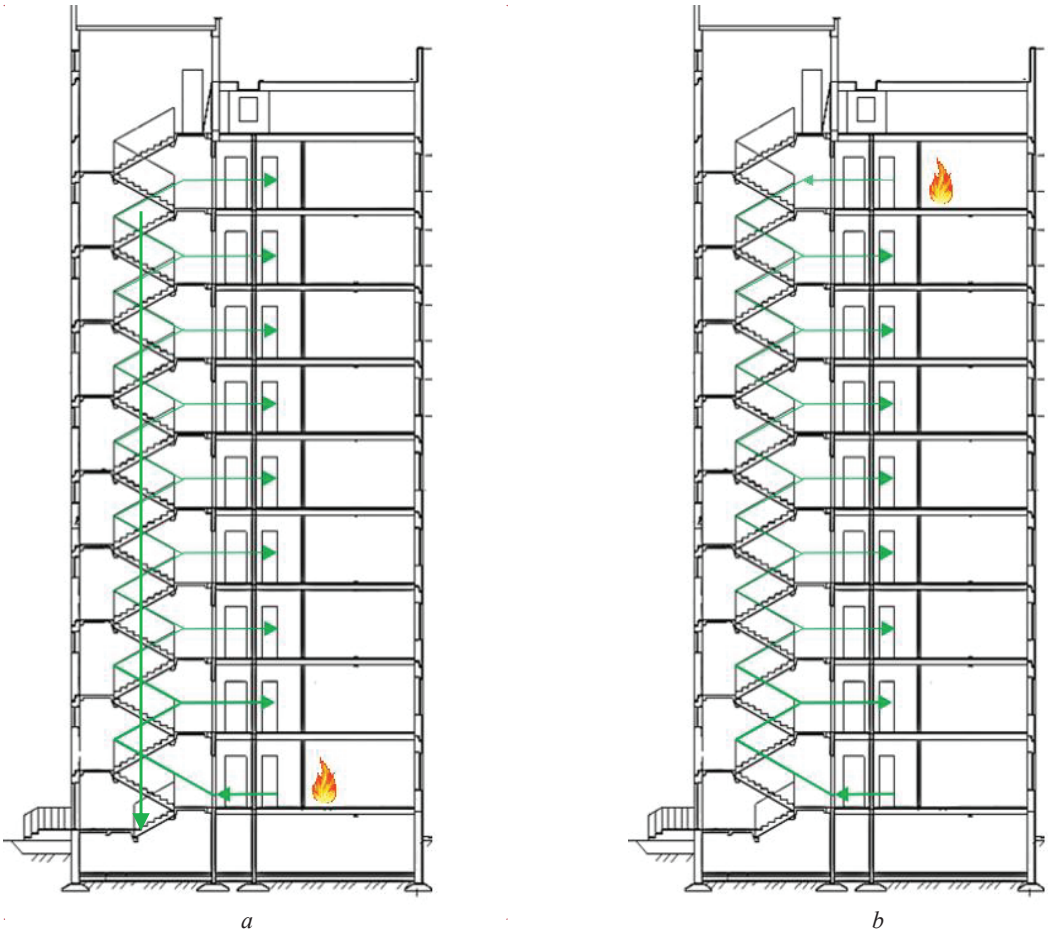
В зависимости от выбора размещения квартиры с очагом пожара для экспериментов были разработаны два сценария оповещения (пессимистичный и оптимистичный) с соответствующими им маршрутами движения оповещающих людей.

Сценарий 1. Оповещение снизу вверх (очаг пожара располагается в квартире на первом этаже; обнаруживший пожар человек оповещает каждую квартиру соседей вышележащих этажей; оповестив последнюю квартиру верхнего этажа оповещающий выходит из здания) (рис. 7, *a*).

Сценарий 2. Оповещение сверху вниз (очаг пожара располагается в квартире на верхнем жилом этаже; оповещение происходит по ходу движения вниз) (рис. 7, *b*).

Если в качестве оповещающего был задействован один человек, то он начинал оповещать поочередно каждую квартиру на этаже, после чего переходил на следующий этаж. При двух оповещающих участники делили все этажи на две равные части с одинаковым количеством квартир, проводя оповещение каждый в своей зоне. При наличии команды из трех оповещающих участники делили здание на три зоны, состоящие из трех этажей индивидуально на каждого оповещающего. На рис. 8 представлены типовые схемы оповещения жильцов в разных ситуациях, когда в роли оповещающих находятся от одного до трех человек.

Стоит отметить, что в качестве оповещающих участвовали молодые люди в хорошей физической форме без каких-либо ограничений мобильности. Движение между этажами осуществлялось



a *b*

Рис. 7. Схема оповещения жителей о пожаре в пределах секции жилого дома: *a* — согласно первому сценарию; *b* — согласно второму сценарию

Fig. 7. The scheme of notifying residents about a fire within a section of a residential building: *a* — according to the first scenario; *b* — according to the second scenario

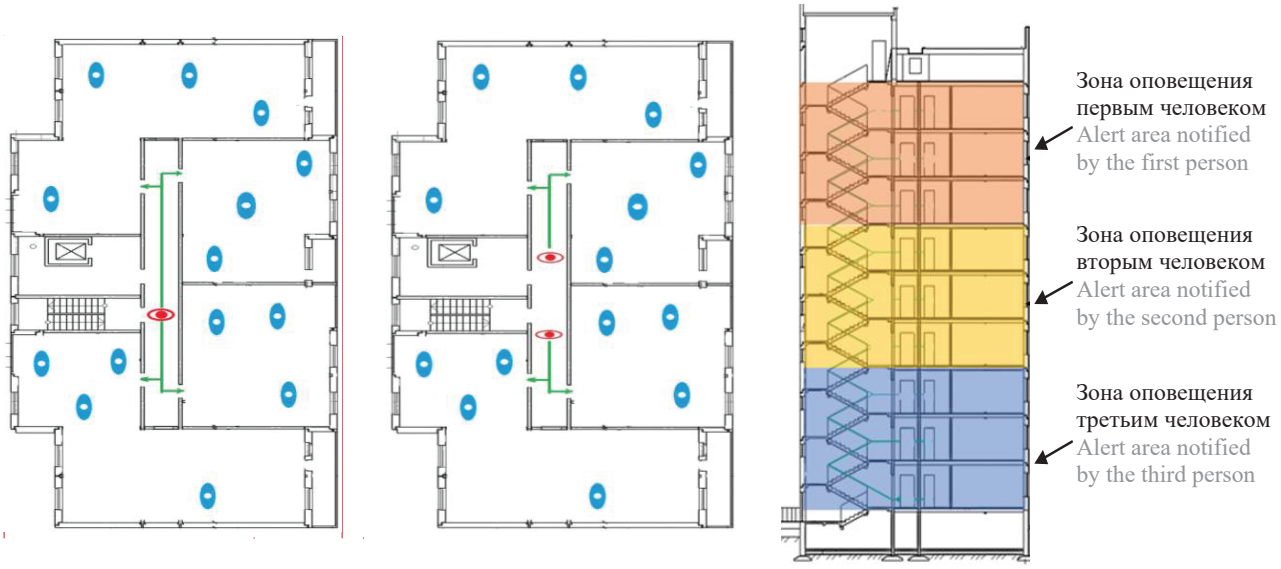


Рис. 8. Схема осуществления оповещения жителей дома о пожаре в пределах секции в зависимости от количества оповещающих: *a* — один оповещающий; *b* — два оповещающих; *c* — три оповещающих;
→ — направление движения; ◉ — очевидец пожара; ● — жители дома

Fig. 8. Scheme for notifying residents of a house about a fire within a section, depending on the number of notifiers: *a* — one notifier; *b* — two notifiers; *c* — three notifiers;
→ — surfacing motion; ◉ — eyewitness of the fire; ● — residents of the house

исключительно по лестничной клетке, так как при пожаре использование лифта в качестве средства передвижения запрещено.

Описанный выше эксперимент рассматривает время проведения оповещения людей о начавшемся пожаре, однако не учитывает важного критерия, связанного с поведением людей, а именно времени их реагирования на опасность. Без оценки этого слагаемого невозможно оценить такой ключевой параметр процесса эвакуации людей, как время начала эвакуации.

Исследование времени реакции людей на сигнал о пожаре (т.е. времени, затраченного на осознание и подготовку людей к эвакуации) проводилось в жилом девятиэтажном здании. Эксперименты были организованы как в дневное время суток, когда большинство жильцов в квартирах находятся в бодрствующим состоянии, так и в ночное время, когда все люди пребывают в состоянии сна — в наиболее уязвимом состоянии человека в случае пожара.

Сигналом о возникновении пожара служил звук сирены и речевое оповещение, воспроизводимые с пожарного автомобиля, предварительно припаркованного у фасада здания организаторами эксперимента.

Перед подачей сигнала тревоги в жилом доме заранее выбирались секции, в которых проживает наибольшее количество людей различного возраста и мобильности.

Далее выбирались места для расстановки видеозаписывающих устройств — миниатюрных видеокамер, которые производили съемку эксперимента.

Идеальным местом для размещения видеокамер являются жилые помещения, в которых можно было бы запечатлеть все особенности поведения людей при получении сигнала о пожаре. Однако у организаторов эксперимента такой возможности не было, и камеры были установлены в коридорах, фиксируя время выхода людей из квартир для дальнейшей эвакуации по лестнице. По окончании экспериментов отснятый видеоматериал анализировался методами математической статистики.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные замеры показали, что время оповещения одной квартиры в среднем составляет 28 с. На осуществление звонка/стука в дверь квартиры уходит около 3 с. Интервал времени, необходимый жильцам для открывания входной двери в квартиру, в среднем равен 17 с (это время, затраченное на осознание услышанного стука/звонка, движения до двери и ее открывания). Длительность речи занимала около 8 с: «В квартире на первом/девятом этаже произошел пожар! Требуется эвакуация всего здания! Сохраняя спокойствие, покиньте квартиру по лестничной клетке — лифтами пользоваться запрещено!»

Значения времени оповещения, полученные в трех сериях экспериментов в зависимости от сценариев и количества оповещающих людей, представлены в табл. 2.

Для большей наглядности средние значения времени оповещения в зависимости от количества оповещающих для каждого сценария приведены в виде графиков на рис. 9 и 10. По полученным на графиках точках были также построены математические модели с помощью степенной функции, описывающей выявленную зависимость с корреляционным отношением, близким к единице. Выражения зависимостей для определения времени оповещения ($t_{оп}$, мин) от количества оповещающих (N, чел.) для сценария 1 и сценария 2 приведены в формулах (2) и (3) соответственно и указаны на рис. 9 и 10 пунктирной линией голубого цвета.

$$t_{оп} = 23{,}1N^{-1{,}075}, \quad (2)$$

$$t_{оп} = 21N^{-1{,}05}. \quad (3)$$

Полученные экспериментальные данные весьма разнообразны в зависимости от рассмотренных сценариев (очевидно, что оповещение квартир по этажам снизу-вверх происходит дольше), однако наибольшее влияние на результат оказывает количество оповещающих людей. Время оповещения жилого здания одним и тремя людьми отличается примерно в три раза (20,42 мин и 6,98 мин). Дальнейшее увеличение количества оповещающих уменьшает общее время оповещения с меньшей интенсивностью. Каково же оптимальное количество оповещающих в 9-этажном жилом здании?

Для определения этого показателя на рис. 11 приведены графики, построенные по ранее

Таблица 2. Время, необходимое на организацию оповещения в секции девятиэтажного жилого здания при отсутствии системы пожарной сигнализации

Table 2. The time required to organize an alert in a section of a nine-storey residential building in the absence of a fire alarm systems

Номер серии эксперимента Experiment series number	Время оповещения, мин Notification time, min					
	1 оповещающий 1 notifying person		2 оповещающих 2 notifying persons		3 оповещающих 3 notifying persons	
	Сценарий 1 (движение снизу вверх) Scenario 1 (movement from bottom to top)	Сценарий 2 (движение сверху вниз) Scenario 2 (movement from top to bottom)	Сценарий 1 (движение снизу вверх) Scenario 1 (movement from bottom to top)	Сценарий 2 (движение сверху вниз) Scenario 2 (movement from top to bottom)	Сценарий 1 (движение снизу вверх) Scenario 1 (movement from bottom to top)	Сценарий 2 (движение сверху вниз) Scenario 2 (movement from top to bottom)
1	20,25	19,35	12,17	10,97	7,42	6,95
2	20,53	19,55	12,13	11,08	7,50	6,98
3	20,45	19,70	12,22	11,10	7,48	7,00
Среднее значение Average value	20,41	19,53	12,17	11,05	7,47	6,98

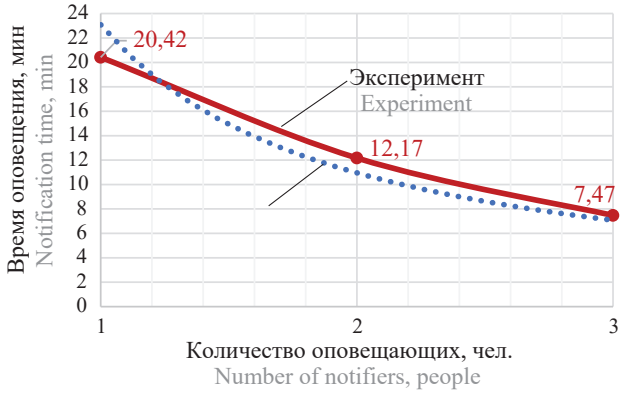


Рис. 9. Время оповещения людей по сценарию 1 в зависимости от количества оповещающих

Fig. 9. The time of notification of people according to scenario 1, depending on the number of notifiers

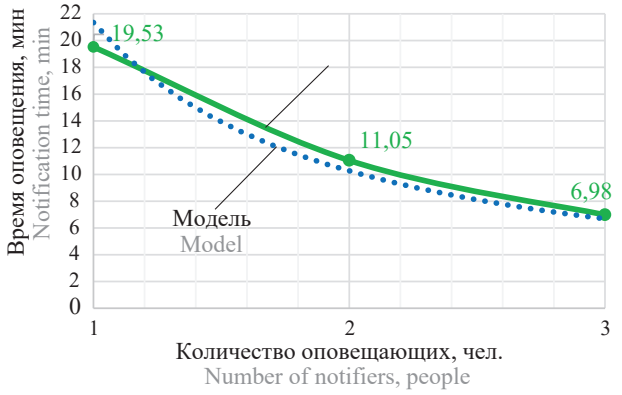


Рис. 10. Время оповещения людей по сценарию 2 в зависимости от количества оповещающих

Fig. 10. The time of notification of people according to scenario 2, depending on the number of notifiers

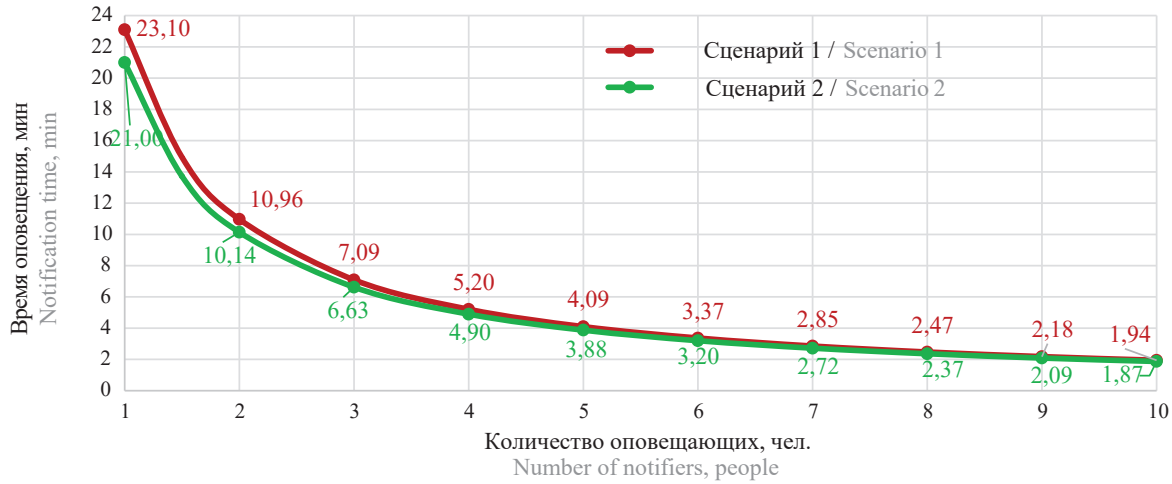


Рис. 11. Полученные зависимости времени оповещения людей от количества оповещающих по сценариям 1 и 2

Fig. 11. The obtained dependences of the notification time of people on the number of notifiers in scenarios 1 and 2

полученным степенным зависимостям (2) и (3) для сценария 1 и сценария 2.

Учитывая опасность обстановки, складывающейся при возникновении пожара, необходимо исключить возможность проведения оповещения одним человеком всего здания (рис. 8, *а*), а также одиночного оповещения по распределенным по вертикали зонам (рис. 8, *с*) ввиду сложности организации такого способа оповещения.

Целесообразно проводить оповещение по двое человек на этаже (рис. 8, *b*), в том числе несколькими группами при делении здания по зонам в несколько этажей. Действия людей при таком способе получаются более слаженными, что также наблюдалось авторами при проведении экспериментов.

Анализ графиков, приведенных на рис. 11, позволяет заключить, что оптимальное количество оповещающих людей для 9-этажного жилого дома составляет 6 человек, т.е. 3 группы по 2 человека. Кривые на графике в указанной точке проходят очень близко, и значения времени оповещения при перемещении оповещающих по этажам снизу-вверх или сверху-вниз очень близки.

Таким образом, коллектив из 6 человек сможет провести оповещение всего здания меньше чем за 3,5 мин. Задействование большего количества людей весомого эффекта не дает, при этом подвергая опасности большее количество людей.

Исходя из рассмотренной концепции, можно попытаться определить, сколько групп оповещающих людей необходимо для информирования жильцов в зданиях без устройства СОУЭ с иной (различной) этажностью (табл. 3).

Таким образом, для проведения оповещения жителей секции дома с количеством этажей не более трех достаточно одной пары оповещающих. Для жилых зданий от 4 до 5 этажей требуется 2 пары оповещающих, а для эффективного оповещения жителей секции 6–9-этажного дома необходимо уже 3 пары оповещающих людей.

Результаты экспериментов по исследованию времени реакции людей на сигнал о пожаре после статистической обработки приведены в табл. 4.

Анализ результатов в табл. 4 говорит о более быстрой реакции людей на сигнал о пожаре в дневное время (среднее значение 72 с) нежели в ночное (112,3 с) (разница составляет немногим более 40 с), что вполне предсказуемо, учитывая состояния людей (бодрствование или сон). Об этом также говорит и численность выборки: в ночное время меньшее количество жителей пожелало

Таблица 3. Количество групп оповещающих, состоящих из двух человек в зависимости от этажности секции жилого здания без СОУЭ

Table 3. The number of notification groups consisting of two people, depending on the number of floors of a section of a residential building without a system of annunciation and management of human evacuation at fire

Этажность здания Number of storeys of the building	Количество групп оповещающих, состоящих из двух человек The number of notification groups consisting of two people
1	1
2	1
3	1
4	2
5	2
6	3
7	3
8	3
9	3

Таблица 4. Результаты первичной статистической обработки экспериментальных данных времени реакции людей на сигнал о пожаре

Table 4. Results of primary statistical processing of experimental data on people's reaction time to a fire alarm

Условия проведения эксперимента Conditions of the experiment	Численность выборки Sample size	Параметр времени реакции людей, с Parameter of people's reaction time, s				
		Среднее Average	Дисперсия Variance	Стандартное отклонение Standard deviation	Минимум Minimum	Максимум Maximum
Дневное время Daytime	30	72,0	1270,9	35,6	17,8	174,3
Ночное время Night time	13	112,3	4058,3	63,7	14,7	207,8

участвовать в эксперименте. Разница между максимальным и минимальным значениями временем реакции людей в дневное время составляет 156,5 с, а в ночное время — 193,1 с.

Обобщая результаты первого ($t_{об} + t_{оп}$) и второго ($t_о + t_{под}$) исследований, рассмотренных в данной статье, возможно определить значения времени начала эвакуации для каждого этажа девятиэтажного жилого дома. Результаты представлены в табл. 5. В качестве показателей времени оповещения в указанной таблице используются максимальные значения времени оповещения этажей, проводимого одним человеком снизу вверх. В качестве времени реакции на сигнал оповещения выбрано максимальное значение, полученное в ночное время. Данные параметры, по мнению авторов, являются наиболее пессимистичными, но и, увы, наиболее вероятными.

Представленные в табл. 5 данные позволяют получить простое аналитическое соотношение для оценки времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для того или иного этажа здания:

$$t_{нэ} = 2{,}3N_{эт} + 3{,}5, \text{ мин}, \quad (4)$$

где $N_{эт}$ — номер этажа, для которого определяется $t_{нэ}$.

Для этажа пожара $N_{эт}$ принимается равным 0.

На рис. 12 приводится сравнение экспериментальных значений, приведенных в табл. 5, с данными действующей Методики[8].

При самом пессимистическом стечении обстоятельств, когда оповещение происходит одним человеком, движущимся по этажам снизу вверх, и максимальном значении времени реакции людей на сигнал о пожаре показатели времени начала эвакуации, полученные в эксперименте для девятиэтажного дома, превышают нормативные, установленные в Методике[8], в 2,6 раза.

Основываясь на результатах исследований, можно полагать, что приведенные в Методике[8] значения времени начала эвакуации людей $t_{нэ}$ для

Таблица 5. Значения времени начала эвакуации, полученные с учетом значений времени оповещения людей и времени их реакции на сигнал о пожаре

Table 5. The values of the pre-evacuation time obtained taking into account the values of the time of notification of people and the time of their reaction to the fire alarm

Этаж Floor	Время оповещения, мин Notification time, min	Время реакции, мин Reaction time, min	Время начала эвакуации, мин Pre-evacuation time, min
1	2,3	3,5	5,8
2	4,6	3,5	8,1
3	6,8	3,5	10,3
4	9,1	3,5	12,6
5	11,4	3,5	14,9
6	13,7	3,5	17,2
7	15,9	3,5	19,4
8	18,2	3,5	21,7
9	20,5	3,5	24,0

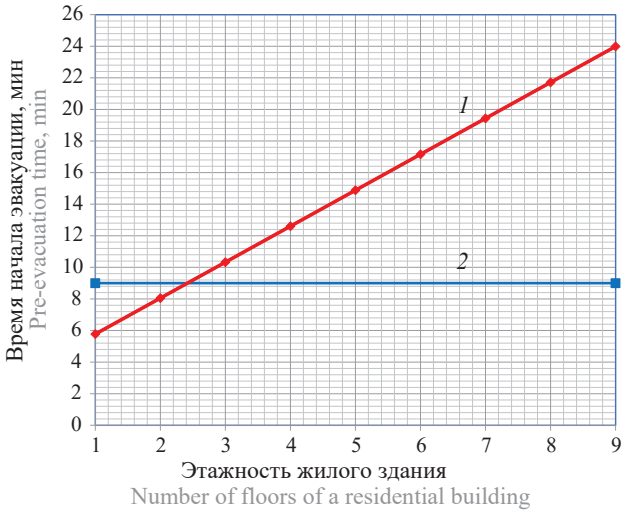


Рис. 12. Сравнение экспериментальных значений с данными действующей Методики[8]: *1* — максимальные значения времени начала эвакуации, полученные в экспериментах; *2* — максимальные значения времени начала эвакуации при отсутствии в здании СОУЭ согласно Методике[8]

Fig. 12. Comparison of experimental values with the data of the current Methodology of fire risk calculation[8]: *1* — maximum values of pre-evacuation time obtained in experiments; *2* — values of pre-evacuation time in the absence of a system of annunciation and management of human evacuation at fire in the building according to Methodology[8]

жилых зданий без СОУЭ справедливо использовать только для 1–2-этажных зданий.

Выводы

Анализ данных пожарной статистики и нормативных документов в области пожарной безопасности позволяет сделать вывод, что наиболее уязвимыми при пожаре в жилом секторе являются здания высотой от 9 и менее этажей, ввиду отсутствия в них технических средств пожарной автоматики и СОУЭ, а в зданиях более ранней постройки и СПС. При этом проведенные серии экспериментов по оповещению жильцов о пожаре голосом и по исследованию времени реакции людей на сигнал о пожаре показывают значительные затраты времени на этапе формирования величины времени начала эвакуации. В рамках исследования было определено оптимальное количество человек для проведения оповещения о пожаре в жилой секции в зависимости от ее этажности. А для определения величины времени начала эвакуации людей на конкретном этаже жилого здания была предложена аналитическая формула.

Сравнительный анализ впервые полученных экспериментальных и нормативных[8] значений времени начала эвакуации для типового 9-этажного жилого здания без СОУЭ показал их расхождение более чем в 2,5 раза, что говорит о необходимости корректировки этих показателей в Методике[8] в зависимости от этажности здания. В настоящий момент применение имеющихся нормативных значений времени начала эвакуации допустимо только при наличии в секциях жилых здании без СОУЭ не более двух этажей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Холщевников В.В., Самошин Д.А., Парфененко А.П., Кудрин И.С., Истратов Р.Н., Белосохов И.Р.* Эвакуация и поведение людей при пожарах. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
2. *Bryan J.L.* A study of the survivors' reports on the panic in the fire at the Arundel Park Hall in Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956 // Fire Protection Curriculum. University of Maryland, College Park. Maryland, 1957.
3. *Wood P.G.* The behaviour of people in fires // Fire Research Note. No. 953. Loughborough University of Technology. England, 1972. 113 p.
4. *Демченко О.Ю., Газизова Ю.С.* Гендерные особенности формирования образа ситуации пожарной опасности // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2015. Т. 24. № 12. С. 46–52. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.46-52
5. *Истратов Р.Н., Холщевников В.В., Самошин Д.А.* Эвакуация и спасение людей при пожарах в домах для престарелых. М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. 94 с.
6. *Mytton J., Goodenough T., Novak C.* Children and young people's behaviour in accidental dwelling fires: a systematic review of the qualitative literature // Safety Science. 2017. Vol. 96. Pp. 143–149. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.03.019
7. *Котик М.А.* Психология и безопасность. Таллин : Валгус, 1984. 408 с.
8. *Egodage N., Abdeen F., Sridarran P.* Fire emergency evacuation procedures for differently-abled community in high-rise buildings // Journal of Facilities Management. 2020. Vol. 18. Issue 5. Pp. 505–519. DOI: 10.1108/jfm-07-2020-0043
9. *Boyce K.* Safe evacuation for all — Fact or Fantasy? Past experiences, current understanding and future challenges // Fire Safety Journal. 2017. Vol. 91. Pp. 28–40. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.05.004
10. *Geoerg P., Berchtold F., Gwynne S.M., Boyce K., Holl S., Hofmann A.* Engineering egress data considering pedestrians with reduced mobility // Fire and Materials. 2019. Vol. 43. Issue 7. Pp. 759–781. DOI: 10.1002/fam.2736
11. *Cassidy P., McConnell N., Boyce K.* The older adult: Associated fire risks and current challenges for the de-

velopment of future fire safety intervention strategies // Fire and Materials. 2020. Vol. 45. Issue 4. Pp. 553–563. DOI: 10.1002/fam.2823
12. *Samoshin D.A., Boyce K.E., Shields T.J.* An investigation into staff behaviour in unannounced evacuation of retail stores — Implication for training and fire safety engineering // Fire Safety Science. 2005. Vol. 8. Pp. 519–530. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.8-519
13. *Boyce K., McConnell N., Shields J.* Evacuation response behaviour in unannounced evacuation of licensed premises // Fire and Materials. 2017. Vol. 41. Issue 5. Pp. 454–466. DOI: 10.1002/fam.2430
14. *Ronchi E., Fridolf K., Frantzich H., Nilsson D., Walter A.L., Modig H.* A tunnel evacuation experiment on movement speed and exit choice in smoke // Fire Safety Journal. 2017. Vol. 97. Pp. 126–136. DOI: 10.1016/J.FIRESAF.2017.06.002
15. *Fu M., Liu R., Zhang Y.* Why do people make risky decisions during a fire evacuation? Study on the effect of smoke level, individual risk preference, and neighbor behavior // Safety Science. 2021. Vol. 140. P. 105245. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105245
16. *Sime J.* Understanding human behavior in fires: An emerging theory of occupancy // Inaguration Lecture on 14 October, 1999. University of Ulster, 1999.
17. *Lovreglio R., Ronchi E., Nilsson D.* An evacuation decision model based on perceived risk, social influence and behavioural uncertainty // Simulation Modelling Practice and Theory. 2016. Vol. 66. Pp. 226–242. DOI: 10.1016/j.simpat.2016.03.006
18. *Gwynne S.M., Amos M., Kinateder M., Bénichou N., Boyce K., Wal C.N. et al.* The future of evacuation drills: Assessing and enhancing evacuee performance // Safety Science. 2020. Vol. 129. P. 104767. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104767
19. *Kinateder M., Ma C., Gwynne S.M., Amos M., Bénichou N.* Where drills differ from evacuations: A case study on Canadian buildings // Safety Science. 2021. Vol. 135. P. 105114. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.105114
20. *Gerges M., Penn S., Moore D., Boothman C., Liyanage C.* Multi-storey residential buildings and occupant's behaviour during fire evacuation in the UK: Factors relevant to the development of evacuation strategies // International Journal of Building Pathology and Adaptation. 2018. Vol. 36. Issue 3. Pp. 234–253. DOI: 10.1108/IJBPA-08-2017-0033
21. *Mossberg A., Nilsson D., Andrée K.* Unannounced evacuation experiment in a high-rise hotel building with evacuation elevators: A study of evacuation behaviour using eye-tracking // Fire Technology. 2021. Vol. 57. Issue 3. Pp. 1259–1281. DOI: 10.1007/s10694-020-01046-1
22. *Proulx G., Latour J.C., McLaurin J. W., Pineau J., Hoffman L.E., Laroche C.* Housing evacuation of mixed abilities occupants in highrise buildings // Internal Report No. 706. National Research Council of Canada. Ottawa, 1995.
23. *Brennan P.* Timing human response in real fires // Fire safety science — proceedings of the fifth international symposium // International Association Fire Safety Science. 1997. Pp. 807–818.
24. *Proulx G., Latour J., MacLaurin J.* Housing evacuation of mixed abilities occupants // Internal Report No. 661. National Research Council of Canada. Ottawa, 1994.
25. *Fahy R., Proulx G.* Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speeds for use in evacuation modeling // Proceedings of the 2nd International Conference on Human Behaviour in Fire 2001. Inter-science Communications Ltd. London, 2001. Pp. 175–179.
26. *Rahouti A., Lovreglio R., Dias C., Kuligowski E.D., Gai G., Mendola S.L.* Investigating office buildings evacuations using unannounced fire drills: The case study of CERN, Switzerland // Fire Safety Journal. 2021. Vol. 125. P. 103403. DOI: 103403.10.1016/j.firesaf.2021.103403
27. *Le A.B., Middlestadt S.E., Lin H., Docherty C.L., Smith T.D.* Belief factors associated with employees' intention to evacuate during a fire alarm // Workplace Health & Safety. 2022. DOI: 10.1177/21650799221093773
28. *Шильдс Т.Дж., Бойс К.Е., Самошин Д.А.* Исследование эвакуации крупных торговых комплексов // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2002. Т. 11. № 6. С. 57–66.
29. *Lovreglio R., Kuligowski E.D.* A pre-evacuation study using data from evacuation drills and false alarm evacuations in a university library // Fire Safety Journal. 2022. Vol. 131. P. 103595. DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103595
30. *Galea E.R., Deere S., Hopkin C., Xie H.* Evacuation response behaviour of occupants in a large theatre during a live performance // Fire and Materials. 2017. Vol. 41. Issue 5. Pp. 467–492. DOI: 10.1002/fam.2424
31. *Rahouti A., Lovreglio R., Gwynne S.M., Jackson P., Datoussaïd S., Hunt A.* Human behaviour during a healthcare facility evacuation drills: Investigation of pre-evacuation and travel phases // Safety Science. 2020. Vol. 129. P. 104754. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104754
32. *Lovreglio R., Kuligowski E., Gwynne S., Boyce K.* A pre-evacuation database for use in egress simulations // Fire Safety Journal. 2019. Vol. 105. Pp. 107–128. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.12.009
33. *Proulx G., Fahy R.F.* The time delay to start evacuation: Review of five case studies // Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science. International Association for Fire Safety Science, 1997. Pp. 783–794.
34. *Самошин Д.А., Холщевников В.В.* Проблемы нормирования времени начала эвакуации // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25. № 5. С. 37–51. DOI: 10.18322/ПВБ.2016.25.05.37-51

35. *Самошин Д.А.* Законы распределения случайной величины времени начала эвакуации людей при пожарах // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 2 (66). С. 104–113. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/35-02-16.ttb.pdf
36. *Аниськина Ю.А., Самошин Д.А.* Влияние автоматических систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей на время начала эвакуации // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 4. С. 26–31. DOI: 10.25257/FE.2018.4.26-31
37. *Самошин Д.А.* К вопросу о защите людей техническими средствами пожарной автоматики // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2015. Т. 24. № 12. С. 53–59. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.53-59
38. *Ивакин А.А., Шаранова М.М., Самошин Д.А.* Проблемы защиты людей техническими средствами пожарной автоматики в жилых зданиях при пожаре // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 4 (86). С. 45–52. DOI: 10.25257/TTS.2019.4.86.45-52
39. *Калмыков С.П., Есин В.М.* Время обнаружения очага пожара // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. № 11. С. 53–63. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63
40. *Парфененко А.П.* Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений : дис. … канд. техн. наук. М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. 153 с.
41. *Аниськина Ю.А., Хасуева З.С., Самошин Д.А.* О влиянии степени готовности медицинского персонала к действиям при пожаре на время начала эвакуации больниц // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 6 (70). С. 189–196. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/03-06-16.ttb.pdf
42. *Аниськина Ю.А., Самошин Д.А.* Зависимость времени начала эвакуации от уровня противопожарной подготовки персонала учреждения здравоохранения со стационаром // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 2. С. 33–41. DOI: 10.25257/FE.2020.2.33-41
43. *Фан А., Слюсарев С.В., Самошин Д.А.* Исследования времени начала эвакуации людей, находящихся в состоянии сна, из специализированных учреждений и жилых зданий // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 28. № 8. С. 58–67. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.58-67
44. *Холщевников В.В., Семин А.А., Тактаев И.А.* Исследование значений времени начала эвакуации в зданиях лечебных учреждений // Вестник Томского Государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 105–115. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-105-115
45. *Шахуов Т.Ж., Самошин Д.А.* Исследование времени начала эвакуации людей в мечетях // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 1. С. 20–24. DOI: 10.25257/FE.2017.1.20-24
46. *Лапшина Т.П.* К вопросу об исследовании времени начала эвакуации людей при пожаре // Системы безопасности : мат. междунар. науч.-техн. конф. М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. № 27. С. 255–258.

REFERENCES

1. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Parfenenko A.P., Kudrin I.S., Istratov R.N., Belosokhov I.R. *Evacuation and behavior of people during fires*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015; 262. (rus).
2. Bryan J.L. A study of the survivors' reports on the panic in the fire at the Arundel Park Hall in Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956. *Fire Protection Curriculum. University of Maryland, College Park*. Maryland, 1957.
3. Wood P.G. The behaviour of people in fires. *Fire Research Note No. 953, Loughborough University of Technology*. England, 1972; 113.
4. Demchenko O.Yu., Gazizova Yu.S. Gender features of formation of the fire danger situation image. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2015; 24(12):46-52. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.46-52 (rus).
5. Istratov R.N., Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A. *Evacuation and rescue of people during fires in homes for the elderly*. Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia Publ., 2019; 94. (rus).
6. Mytton J., Goodenough T., Novak C. Children and young people's behaviour in accidental dwelling fires: a systematic review of the qualitative literature. *Safety Science*. 2017; 96:143-149. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.03.019
7. Kotik M.A. *Psychology and security*. Tallinn, Valgus, 1984; 408. (rus).
8. Egodage N., Abdeen F., Sridarran P. Fire emergency evacuation procedures for differently-abled community in high-rise buildings. *Journal of Facilities Management*. 2020; 18(5):505-519. DOI: 10.1108/jfm-07-2020-0043
9. Boyce K. Safe evacuation for all — Fact or Fantasy? Past experiences, current understanding and future challenges. *Fire Safety Journal*. 2017; 91:28-40. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.05.004
10. Geoerg P., Berchtold F., Gwynne S.M., Boyce K., Holl S., Hofmann A. Engineering egress data conside-

ring pedestrians with reduced mobility. *Fire and Materials*. 2019; 43(7):759-781. DOI: 10.1002/fam.2736
11. Cassidy P., McConnell N., Boyce K. The older adult: Associated fire risks and current challenges for the development of future fire safety intervention strategies. *Fire and Materials.* 2020; 45(4):553-563. DOI: 10.1002/fam.2823.
12. Samoshin D.A., Boyce K.E., Shields T.J. An investigation into staff behaviour in unannounced evacuation of retail stores — Implication for training and fire safety engineering. *Fire Safety Science*. 2005; 8:519-530. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.8-519
13. Boyce K., McConnell N., Shields J. Evacuation response behaviour in unannounced evacuation of licensed premises. *Fire and Materials.* 2017; 41(5):454-466. DOI: 10.1002/fam.2430
14. Ronchi E., Fridolf K., Frantzich H., Nilsson D., Walter A.L., Modig H. A tunnel evacuation experiment on movement speed and exit choice in smoke. *Fire Safety Journal*. 2017; 97:126-136. DOI: 10.1016/J.FIRESAF.2017.06.002
15. Fu M., Liu R., Zhang Y. Why do people make risky decisions during a fire evacuation? Study on the effect of smoke level, individual risk preference, and neighbor behavior. *Safety Science*. 2021; 140:105245. DOI: 10.1016/J.SSCI.2021.105245
16. Sime J. Understanding human behavior in fires: An emerging theory of occupancy. *Inaguration Lecture on 14 October, 1999*. University of Ulster, 1999.
17. Lovreglio R., Ronchi E., Nilsson D. An evacuation decision model based on perceived risk, social influence and behavioural uncertainty. *Simulation Modelling Practice and Theory.* 2016; 66:226-242. DOI: 10.1016/j.simpat.2016.03.006
18. Gwynne S.M., Amos M., Kinateder M., Bénichou N., Boyce K., Wal C.N. et al. The future of evacuation drills: Assessing and enhancing evacuee performance. *Safety Science*. 2020; 129:104767. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104767
19. Kinateder M., Ma C., Gwynne S.M., Amos M., Bénichou N. Where drills differ from evacuations: A case study on Canadian buildings. *Safety Science.* 2021; 135:105114. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.105114
20. Gerges M., Penn S., Moore D., Boothman C., Liyanage C. Multi-storey residential buildings and occupant's behaviour during fire evacuation in the UK: Factors relevant to the development of evacuation strategies. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. 2018; 36(3):234-253. DOI: 10.1108/IJBPA-08-2017-0033
21. Mossberg A., Nilsson D., Andrée K. Unannounced evacuation experiment in a high-rise hotel building with evacuation elevators: A study of evacuation behaviour using eye-tracking. *Fire Technology*. 2021; 57(3):1259-1281. DOI: 10.1007/s10694-020-01046-1
22. Proulx G., Latour J.C., McLaurin J. W., Pineau J., Hoffman L.E., Laroche C. Housing evacuation of mixed abilities occupants in highrise buildings. *Internal Report No. 706, National Research Council of Canada*. Ottawa, 1995.
23. Brennan P. Timing human response in real fires. *Fire safety science — proceedings of the fifth international symposium*. *International Association Fire Safety Science*. 1997; 807-818.
24. Proulx G., Latour J., MacLaurin J. Housing evacuation of mixed abilities occupants. *Internal Report No. 661. National Research Council of Canada*. Ottawa, 1994.
25. Fahy R.F., Proulx G. Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speeds for use in evacuation modeling. *Proceedings of the 2nd International Conference on Human Behaviour in Fire 2001*. Inter-science Communications Ltd., London, 2001; 175-179.
26. Rahouti A., Lovreglio R., Dias C., Kuligowski E.D., Gai G., Mendola S.L. Investigating office buildings evacuations using unannounced fire drills: The case study of CERN, Switzerland. *Fire Safety Journal*. 2021; 125:103403. DOI: 103403.10.1016/j.firesaf.2021.103403
27. Le A.B., Middlestadt S.E., Lin H., Docherty C.L., Smith T.D. Belief factors associated with employees' intention to evacuate during a fire alarm. *Workplace health & safety*. 2022. DOI: 10.1177/21650799221093773
28. Shilds T.J., Boys K.E., Samoshin D.A. Investigation of evacuation of large shopping complexes. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2002; 11(6):57-66. (rus).
29. Lovreglio R., Kuligowski E.D. A pre-evacuation study using data from evacuation drills and false alarm evacuations in a university library. *Fire Safety Journal*. 2022; 131:103595. DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103595
30. Galea E.R., Deere S., Hopkin C., Xie H. Evacuation response behaviour of occupants in a large theatre during a live performance. *Fire and Materials*. 2017; 41(5):467-492. DOI: 10.1002/fam.2424
31. Rahouti A., Lovreglio R., Gwynne S.M., Jackson P., Datoussaïd S., Hunt A. Human behaviour during a healthcare facility evacuation drills: Investigation of pre-evacuation and travel phases. *Safety Science*. 2020; 129:104754. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104754
32. Lovreglio R., Kuligowski E., Gwynne S., Boyce K. A pre-evacuation database for use in egress simulations. *Fire Safety Journal*. 2019; 105:107-128. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.12.009
33. Proulx G., Fahy R.F. The time delay to start evacuation: review of five case studies. *Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science*. International Association for Fire Safety Science, 1997; 783-794.
34. Samoshin D.A., Kholshchevnikov V.V. Problems of regulation of time to start evacuation. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2016; 25(5): 37-51. DOI: 10.18322/ПВБ.2016.25.05.37-51 (rus).
35. Samoshin D.A. The laws of distribution of random variable of people pre-movement time during fire evacuation. *Technology of Technosphere Safety*. 2019;

2(66):10. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/35-02-16.ttb.pdf (rus).
36. Aniskina Yu.A., Samoshin D.A. Influence of automatic systems of fire detection, warning and managing the evacuation of people in case of fire on the evacuation start time. *Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2018; 4:26-31. DOI: 10.25257/FE.2018.4.26-31 (rus).
37. Samoshin D.A. Towards the discusion of the protection of building occupants with technical means of fire automatics. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2015; 24(12):53-59. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.53-59 (rus).
38. Ivakin A.A., Sharanova M.M., Samoshin D.A. Problems of protection of residential buildings by technical means of fire automation systems. *Technology of Technosphere Safety*. 2019; 4(86):45-52. DOI: 10.25257/TTS.2019.4.86.45-52 (rus).
39. Kalmykov S.P., Esin V.M. Fire detection time. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2017; 26(11):52-63. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63 (rus).
40. Parfenenko A.P. *Rationing of fire safety requirements for evacuation paths and exits in buildings of preschool educational institutions* : *dissertation of the candidate of technical sciences*. Moscow, 2012; 153. (rus).
41. Aniskina Yu.A., Khasuyeva Z.S., Samoshin D.A. About influence of the degree of preparedness the medical personnel to action in case of fire at the start time of evacuation for hospital. *Technology of Technosphere Safety*. 2016; 6(70):189-196. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29388770_53207528.pdf (rus).
42. Aniskina Yu.A., Samoshin D.A. Dependence of pre-evacuation time on the level of fire prevention training of hospital staff. *Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2020; 2:33-41. DOI: 10.25257/FE.2020.2.33-41 (rus).
43. Fan A., Slyusarev S.V., Samoshin D.A. Researches of the pre-movement time of evacuation of the people, staying in condition of a dream, from residential buildings and specialized institutions. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2016; 28(8):58-67. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.58-67 (rus).
44. Kholshchevnikov V.V., Semin A.A., Taktayev I.A. Evacuation beginning time in healthcare centres. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta/Journal of Construction and Architecture*. 2021; 23(1):105-115. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-105-115 (rus.).
45. Shakhuov T., Samoshin D. Study of time of evacuation start of people in mosques. *Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2017; 1:20-24. DOI: 10.25257/FE.2017.1.20-24 (rus).
46. Lapshina T.P. On the subject of the pre-movement time of peoples evacuation during fire. *Proceedings contain theses of reports on Twenty Seventh International Scientific-Technical Conference "Safety Systems — 2018"*. Moscow, Academy of State Fire Service, 2018; 255-258. (rus).

Поступила 07.06.2022, после доработки 27.07.2022; принята к публикации 01.08.2022
Received June 7, 2022; Received in revised form July 27, 2022; Accepted August 1, 2022

Информация об авторах

САМОШИН Дмитрий Александрович, д-р техн. наук, профессор, начальник учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты, Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 766965; Scopus Author ID: 23482846200; ResearcherID: ABF-9565-2021; ORCID: 0000-0001-5860-0349; e-mail: inbox-d@mail.ru

ИСТРАТОВ Роман Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты), Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 771510; Scopus Author ID: 57189760362; ORCID: 0000-0002-8554-3789; e-mail: istr.roman@yandex.ru

Information about the authors

Dmitriy A. SAMOSHIN, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Educational and Scientific Complex of Fire Safety of Objects of Protection, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 766965; Scopus Author ID: 23482846200; ResearcherID: ABF-9565-2021; ORCID: 0000-0001-5860-0349; e-mail: inbox-d@mail.ru

Roman N. ISTRATOV, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of Fire Safety in Construction Department, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 771510; Scopus Author ID: 57189760362; ORCID: 0000-0002-8554-3789; e-mail: istr.roman@yandex.ru

ШАРАНОВА Милена Михайловна, инспектор группы профилактики пожаров, Специальная пожарно-спасательная часть № 14 Специального отдела № 6 Специального управления федеральной противопожарной службы № 3 Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 141401, Московская область, г. Химки, улица Бурденко, 3; ORCID: 0000-0003-4488-8657; e-mail: milena.s94@mail.ru

КОЧЕТЫГОВ Владимир Анатольевич, старший научный сотрудник учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты, Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 1155883; ORCID: 0000-0002-7207-9518; e-mail: kochetygov65@mail.ru

ТОМИН Сергей Витальевич, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты), Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 768847; ORCID: 0000-0001-5661-929X; e-mail: tominfireexpert@yandex.ru

ФРОЛОВ Алексей Геннадьевич, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты), Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; РИНЦ ID: 767202; ORCID: 0000-0001-9660-0438; e-mail: frolovagen@mail.ru

Milena M. SHARANOVA, Inspector of the Fire Prevention Group of the Special Fire and Rescue Department No. 14 of the Special Department No. 6 of the Special Directorate of the Federal Fire Service No. 3 of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Burdenko St., 3, Khimki, Moscow region, 141401, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4488-8657; e-mail: milena.s94@mail.ru

Vladimir A. KOCHETYGOV, Senior Researcher of the Educational and Scientific Complex of Fire Safety of Objects of Protection, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 1155883; ORCID: 0000-0002-7207-9518; e-mail: kochetygov65@mail.ru

Sergey V. TOMIN, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of Fire Safety in Construction Department, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 768847; ORCID: 0000-0001-5661-929X; e-mail: tominfireexpert@yandex.ru

Aleksey G. FROLOV, Senior Lecturer of Fire Safety in Construction Department, the State Fire Academy of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters, Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; ID RISC: 767202; ORCID: 0000-0001-9660-0438; e-mail: frolovagen@mail.ru

Вклад авторов:

Самошин Д.А. — *научное руководство; концепция исследования; итоговые выводы; итоговая корректировка текста.*

Истратов Р.Н. — *написание исходного текста; статистическая обработка экспериментальных данных.*

Шаранова М.М. — *проведение экспериментов; описание экспериментов.*

Кочетыгов В.А. — *корректировка и дополнение разделов: «Введение», «Аналитический обзор ранее проведенных исследований».*

Томин С.В. — *корректировка и дополнение раздела «Материалы и методы исследования».*

Фролов А.Г. — *корректировка и дополнение разделов «Результаты и их обсуждение», «Заключение».*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Dmitriy A. Samoshin — *scientific guidance; research concept; final conclusions; final text correction.*

Roman N. Istratov — *writing the source text; statistical processing of experimental data.*

Milena M. Sharanova — *conducting experiments; description of experiments.*

Vladimir A. Kochetygov — *correction and addition of sections: Introduction, Analytical review of previously conducted studies.*

Sergey V. Tomin — *correction and addition of the section Materials and methods of research.*

Aleksey G. Frolov — *correction and addition of sections Results and their discussion, Conclusion.*

The authors declare no conflicts of interests.