

Научная статья
УДК 614.84
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.34.010

Модернизация отечественных систем оповещения и эвакуации

Александра Александровна Снежко^{1,2}

Любовь Георгиевна Малышевская¹

Анастасия Петровна Филкова¹

Егор Евгеньевич Ольхин¹

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-1885-5747>

*Автор ответственный за переписку: Александра Александровна Снежко,
golenkova.aleksa@mail.ru*

Аннотация. Проблема пожарной безопасности является актуальной задачей для всех объектов, но особенно остро стоит вопрос защиты зданий и сооружений с массовым пребыванием людей. Статистические данные подчеркивают необходимость поиска новых средств и решений. В работе обсуждаются эффективные средства для оповещения и эвакуации. Предлагается ввести новые системы эвакуации, которые позволят эвакуировать большее количество людей и минимизировать количество погибших. Решается проблема отсутствия подсветки на эвакуационных путях, их слабая видимость в задымленном пространстве. Рассматриваются варианты автономных систем оповещения, включая решения, основанные на сотовой связи или независимых радиоканалах. Проведен сравнительный анализ перспективных систем эвакуации. Модернизация систем эвакуации может быть реализована посредством моделирования, подробно рассмотрены программные средства, реализующие автоматизированный расчет эвакуации в соответствии с индивидуально-поточной моделью, в которой определяется плотность потоков людей на эвакуационных маршрутах и оцениваются пропускные способности выходов. Одной из программ, позволяющих проводить такие расчеты, является Pathfinder, которая вместе с программой Pyrosim входит в состав программного комплекса Firecat. Модель движения людей, реализованная в Pathfinder, соответствует упомянутой выше методике. Программа Pathfinder позволяет использовать для 3d моделирования эвакуации геометрию здания, созданную в Pyrosim с целью моделирования пожара, что представляется эффективным и целесообразным при решении задачи моделирования эвакуации, в том числе для зданий со сложной планировкой.

Ключевые слова: пожарная безопасность, статистика, эвакуация, эвакуационный выход, оповещение

Для цитирования: Снежко А.А., Малышевская Л.Г., Филкова А.П., Ольхин Е.Е. Модернизация отечественных систем оповещения и эвакуации // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 125-132. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.34.010>.

Original article

Modernization of domestic warning and evacuation systems

Alexandra A. Snezhko^{1,2}

*Lyubov G. Malyshevskaya*¹

*Anastasia P. Filkova*¹

*Egor E. Olkhin*¹

¹*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia*

²*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia,*

<https://orcid.org/0000-0003-1885-5747>

Corresponding author: *Alexandra A. Snezhko, golenkova.aleksa@mail.ru*

Abstract. The problem of fire safety is an urgent task for all facilities, but the issue of protecting buildings and structures with a mass stay of people is especially acute, Statistical data emphasize the need to find new tools and solutions. The paper discusses effective means for notification and evacuation. It is proposed to introduce new evacuation systems that will allow the evacuation of more people and minimize the number of deaths. The problem of the lack of illumination on the escape routes, their poor visibility in a smoky space, is being solved. Options for autonomous warning systems are being considered, including solutions based on cellular communications or independent radio channels. A comparative analysis of promising evacuation systems has been carried out. Modernization of evacuation systems can be implemented through modeling, software tools that implement automated evacuation calculation in accordance with an individual flow model are considered in detail, in which the density of human flows on evacuation routes is determined and the throughput of exits is estimated. One of the programs that allows such calculations is Pathfinder, which, together with the Pyrosim program, is part of the Firecat software package. The human movement model implemented in Pathfinder corresponds to the above-mentioned methodology. The Pathfinder program allows you to use the building geometry created in Pyrosim for fire modeling for 3d evacuation modeling, which seems effective and appropriate when solving the problem of evacuation modeling, including for buildings with complex layouts.

Keywords: fire safety, statistics, evacuation, evacuation exit, notification

For citation: Snezhko A.A., Malyshevskaya L.G., Filkova A.P., Olkhin E.E. Modernization of domestic warning and evacuation systems // Siberian fire and Rescue Bulletin. 2024. №. 3 (34). PP.125-132. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.60.34.010>.

Примерно каждый час в России кто-то погибает от пожара. В 2023 году пожарно-спасательные подразделения реагировали на более чем 350 тысяч пожаров, в которых погибло порядка 7,2 тысяч человек. Ещё больше – 8,2 тысячи – получили травмы.

Хоть смертность от огня и дыма падает с 2005 года, она всё еще остаётся выше в 2,5 раза, чем в среднем мире, а Россия занимает первые позиции по этому показателю в Европе (Рис.1).

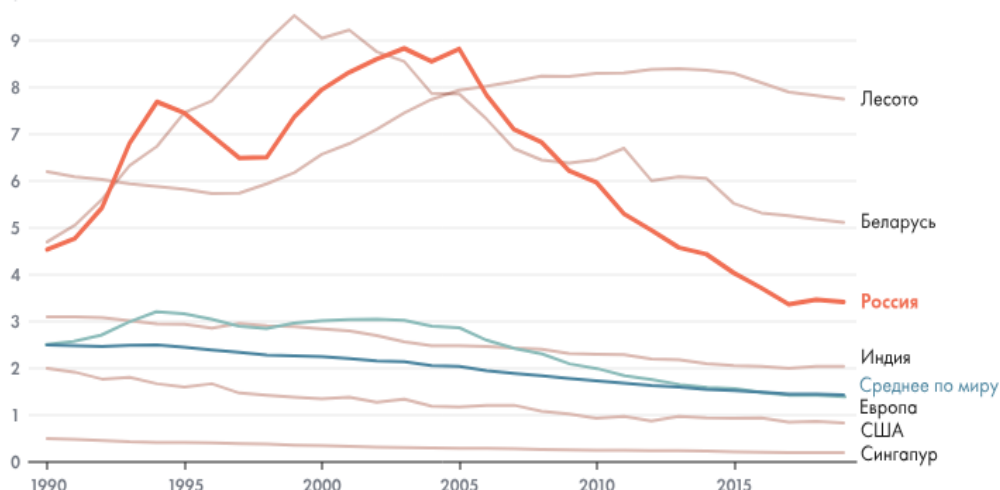


Рис. 1. – Количество погибших на 100 тысяч человек

Около трети пострадавших погибли из-за проблем с эвакуацией из здания [1,2], что приводило к отравлению угарным и отравляющими газами. По статистике большинство людей гибнут как раз не от огня, а задыхаются токсичными продуктами горения. По данным МЧС России 40% смертей в пожарах в России в 2022 году случилось по этой причине. Это происходит в первые 3...4 минуты пожара.

Для решения данной проблемы предлагается ввести новые системы эвакуации, которые позволят эвакуировать большее количество и минимизировать количество погибших.

С 01.05.2009 г. требования к системам оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ) при пожаре регулируются Сводом правил СПЗ.13130.2009, разработанным в развитие требований Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Согласно данным правилам, звуковые и световые оповещатели СОУЭ должны:

- обеспечивать определённый уровень звука в соответствии с типом и назначением защищаемого помещения;
- располагаться в установленном правилами месте на определённом уровне от пола и потолка;
- в помещениях с повышенным уровнем шума комбинироваться со звуковыми сигнализаторами;
- включаться одновременно с основными осветительными приборами [3].

Основной проблемой при эвакуации являются отсутствие подсветки на эвакуационных путях или их слабая видимость в задымленном пространстве. Для решения данной проблемы необходимо развитие световых и звуковых сигнализаторов при пожаре [4].

В качестве световых сигнализаторов предлагается использовать точечные лампы, расположенные на полу в одну-две линии (Рис.2). Основными особенностями данных оповещателей являются:

- подключение к аварийному питанию и их независимость от основных линий электропередачи, что обеспечивает их работоспособность на пожаре;
- размещение на полу, что обеспечивает их видимость в дыму;
- быстрое включение по порядку, показывающее направление движения к эвакуационному выходу.

Звуковые оповещатели имеют не менее важное значение в случае чрезвычайной ситуации, как и световые средства, особенно в задымленных помещениях. Действительно, при эвакуации люди часто ориентируются на звук, обнаруживающий наличие эвакуационного выхода.

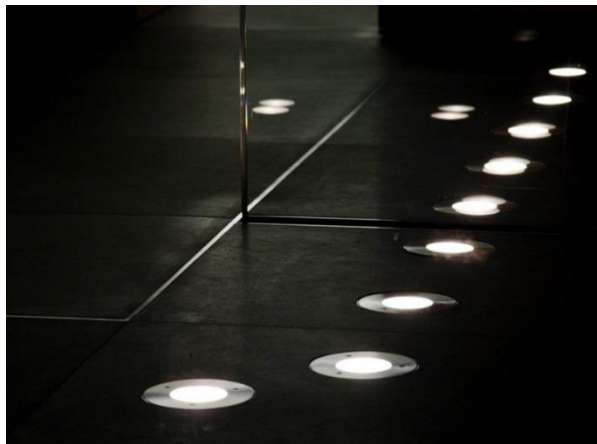


Рис.2. – Пример расположения световых оповещателей при пожаре

Обычно предлагается установка новых звуковых установок непосредственно над выходами. Главной их особенностью является стабильная подача звука, что позволяет людям ориентироваться при пожаре и двигаться к эвакуационному выходу. Случается, что и резервные источники питания могут быть отключены. Тогда, в условиях отсутствия электричества эффективным решением для автономного оповещения и звукового информирования могут выступить системы, которые не требуют традиционной установки проводов. Такие устройства удобно использовать в открытых пространствах: на улице, в парках, на пляжах, горнолыжных курортах, развлекательных комплексах и в больших помещениях, где прокладка проводов сложно реализуема или нецелесообразна. Они также идеально подходят для временных объектов, таких как стройки, а также для мероприятий на открытом воздухе, включая праздники и митинги.

Спрос на автономные системы оповещения существует уже давно, но до недавнего времени их реализация была сложной и дорогой. С развитием технологий радиосвязи и новых материалов, такие системы стали доступны по цене, близкой к традиционным проводным системам.

В доступе для эксплуатации предлагаются варианты автономных систем оповещения, включая решения, основанные на сотовой связи или независимых радиоканалах. В зависимости от потребностей, системы могут быть уличными (с учетом погодных условий) или предназначенными для внутреннего использования. Они также различаются по типу акустических излучателей: рупорные (для больших расстояний) и широкополосные (до 10 метров) [5].

Однако, не только оповещатели необходимы при обеспечении эвакуации персонала с предприятий или жильцов из зданий. Стоит сосредоточиться на развитии систем и методов эвакуации [6].

Среди перспективных систем эвакуации следует выделить Slide to Safety (далее – STS) [7]. Slide to Safety – это революционная система быстрой эвакуации, которая служит альтернативным средством эвакуации для многоэтажных зданий.

STS создана для реагирования в случае отключения электроэнергии, что является обычным событием при пожаре. Система разворачивается с использованием баллонов со сжатым воздухом и вспененного материала внутри. Горка крепится к окнам второго-четвертого этажа и оснащена телескопической лестницей внутри здания для удобства поднятия (Рис.3).

Работа осуществляется за счёт технологии активации ручки. Как только ручка будет выдернута, слайд выдвигается и надувается полностью за 6 секунд. Горка позволяет эвакуироваться до 30 человек в секунду. Данная система подойдёт для образовательных и лечебных учреждений повышенной этажности, административных зданий и торговых центров и т.п.

Однако STS подходит для зданий не выше 5 этажа и неудобна для использования маломобильным людям. В этом случае на помощь приходит Escape Rescue Evacuation System (далее – ERES) [8].

ERES представляет из себя легкий лифт со спускным устройством, находящимся на крыше здания. В случае пожара система может быть приведена в использование в течение 3 минут (Рис.4).

Кабина лифта выполнена из легкой полимерной ткани и способна вмещать до 24 человек или 4 каталок/инвалидных кресел. Благодаря прочности тросов и легкости кабины, лифт способен подниматься до 60-ого этажа.

ERES разработана в Израиле и применяется в больницах с большим количеством этажей, а также в специальных учреждениях для инвалидов. Помимо эвакуации маломобильных людей, лифт [8] может быть применён для подъема пожарных на необходимый этаж или доставки необходимого вооружения и инструмента для пожаротушения или проведения аварийно-спасательных работ.



Рис.3. – Slide to safety



Рис.4. – Escape Rescue Evacuation System

Модернизация систем эвакуации может быть реализована посредством моделирования. Каждое сооружение должно быть спроектировано с учетом объемно-планировочных решений и конструктивных характеристик маршрутов эвакуации, чтобы гарантировать безопасный выход людей в случае пожара. Если безопасная эвакуация невозможна, необходимо предусмотреть защиту людей через внедрение систем коллективной безопасности. Для оценки времени, необходимого для эвакуации различных групп людей с учетом их мобильности на общих эвакуационных путях, используются упрощенные 3D аналитические модели, индивидуально-поточные и имитационно-стохастические модели движения. Эти методы основаны на приложении № 3 к Методике (Приказ МЧС России от 30 июня 2009 года № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»). Широкое распространение получили программные средства, реализующие автоматизированный расчет эвакуации в соответствии с индивидуально-поточной моделью, такие как Эватек, Фогард Рв, Fenix+, Урбан, Pathfinder и др. В соответствии с математической моделью индивидуально-поточного движения людей, расчетному времени эвакуации людей из помещения соответствует время выхода из него последнего человека. Для того чтобы начать моделирование необходимо задать схему эвакуационных путей в здании. Все эвакуационные пути подразделяются на эвакуационные участки длиной a и шириной b . Габариты человека принимаются за эллипс, оси которого равны ширине человека в плечах и его толщине. Ширина человека в плечах и его толщина равны 0,5 м 0,25 м соответственно. Задаются координаты каждого человека x_i – расстояние от центра эллипса до конца эвакуационного участка, на котором он находится. Если разность координат некоторых людей, находящихся на эвакуационном участке, составляет менее нормируемой, то принимается, что люди с этими координатами расположены рядом друг с другом – сбоку один от другого (условно: «в ряд»). При этом, учитывая габариты человека и размеры эвакуационного участка, для каждого

эвакуационного участка определяются: максимально возможное количество человек в одном ряду и максимально возможное количество людей на участке. Основываясь на схеме расстановки людей в помещении, задаются координаты каждого человека x_i в начальный момент времени. При отсутствии данных о расстановке людей, размещение людей производится равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. Координата каждого человека в момент времени t определяется по формуле:

$$x_i[t] = x_i [t - \Delta t] - V_i [t] \cdot \Delta t, \text{ м}$$

где: $x_i[t - \Delta t]$ – координата i -го человека в предыдущий момент времени, м; $V_i[t]$ – скорость i -го человека в момент времени t , м/с; Δt – промежуток времени, с.

Скорость i -го человека $V_i[t]$ в момент времени t определяется в зависимости от локальной плотности потока, в котором он движется $D_i [t]$ и типа эвакуационного участка. Если в момент времени t координата человека $x_i[t]$, станет отрицательной, то человек достиг границы текущего эвакуационного участка и должен перейти на следующий эвакуационный участок. В этом случае координата этого человека на следующем эвакуационном участке определяется:

$$x_i[t] = \{x_i[t - dt] - V_i [t] \cdot dt\} + a_j - l_j, \text{ м}$$

где: $x_i(t - dt)$ – координата i -го человека в предыдущий момент времени на $(j-1)$ эвакуационном участке, м; $V_i(t)$ – скорость i -го человека на $(j-1)$ -ом эвакуационном участке в момент времени t , м/с; a_j – длина i -го эвакуационного участка, м; l_j – координата места слияния i -го и $(j-1)$ -го эвакуационных участков – расстояние от начала j -го эвакуационного участка до места слияния его с $(j-1)$ -ым эвакуационным участком, м. На основании заданных начальных координат людей и параметров эвакуационных участков определяются плотности людских потоков на путях эвакуации и пропускные способности выходов с эвакуационных участков. Затем, в момент $t + dt$, происходит выбор направления движения для каждого участника, что позволяет вычислить их новые координаты. После этого снова определяется плотность потоков людей на эвакуационных маршрутах, и оцениваются пропускные способности выходов. Следующим шагом добавляется временной промежуток dt , после чего заново вычисляются координаты людей, учитывая присутствие опасных факторов, связанных с пожаром, на путях эвакуации в текущий момент. Этот процесс повторяется до полного завершения эвакуации всех людей из здания. Одной из программ, позволяющих проводить такие расчеты, является Pathfinder, которая вместе с программой Pygosim входит в состав программного комплекса Firecat. Модель движения людей, реализованная в Pathfinder, соответствует упомянутой выше методике.

Программа Pathfinder позволяет использовать для 3d моделирования эвакуации геометрию здания, созданную в Pygosim с целью моделирования пожара, что представляется эффективным и целесообразным при решении задачи моделирования эвакуации. В данной программе есть возможность смоделировать здание со сложной планировкой, расположить в любом квадрате и проанализировать развитие пожара.

Выводы

1. В качестве эффективного решения для автономного оповещения и звукового информирования могут быть предложены – доступные по цене системы, не требующие традиционной установки проводов, что особенно актуально в условиях отсутствия электричества.

2. Системы эвакуации в России технически отстают от европейских или азиатских аналогов и требуют модернизации, которая позволит снизить количество погибших и пострадавших при пожаре.

3. Системы STS и ERES являются недорогими в установке и использовании устройствами, которые абсолютно не требуют электричества для использования и позволяют в короткие сроки провести полную эвакуацию даже из самых труднодоступных помещений.

4. Новые перспективы для модернизации эвакуационных систем открывает программа Pathfinder, позволяющая произвести 3d моделирование процесса эвакуации на основе проекта геометрии здания, выполненного в Pygosim с целью прогнозирования распространения пожара.

Список источников

1. Мокшанцев А.В., Ильчевская Р.Р., Ильчевский В.С. Анализ статистики пожаров на объектах ФГКУ «Специальное управление ФПС № 3 МЧС России» / Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2023. – С. 19-22.
2. Гайзетдинова А.М., Аксенов С.Г. Анализ статистики пожаров на промышленных предприятиях / ФГБОУ ВО Уфимский Университет Науки и Технологий. – 2023. – С. 163-167.
3. ГОСТ Р 59638-2021 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность» // справочно-правовая система «КонсультантПлюс»: сайт. – URL: <https://takir.ru/wp-content/uploads/2022/04/gost-r-59638-2021-sistemy-pozharnoj-signalizacii.pdf> (дата обращения 25.08.2024).
4. ГОСТ 59639-2021 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность» // справочно-правовая система «КонсультантПлюс»: сайт. – URL: <https://takir.ru/wp-content/uploads/2022/04/gost-r-59639-2021-sistemy-opoveshhenija-i-upravlenija-jevakuaciej.pdf> (дата обращения 25.08.2024).
5. СП 3.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре // справочно-правовая система «МЧС Говру»: сайт. – URL: https://34.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-09-01/13-2-1-3-svody-pravil_16305053711445279639.pdf (дата обращения 25.08.2024).
6. Заздравных Р.В. О необходимости пересмотра системы исследований для решения проблем при эвакуации людей на пожаре / Омский государственный технический университет. – 2016. – С. 225-226.
7. Автономные системы озвучивания оповещения и трансляции экстренных объявлений (adada.ru) [Электронный ресурс]. URL: https://adada.ru/sound-avtonom_sist.php. (Дата обращения: 02.08.2024).
8. Карапузиков А.А., Ставрениди С.Ю., Кузьменко А.А., Кашеутов М.Д. К проблеме об эвакуации людей при пожарах в зданиях с массовым пребыванием людей / Николенков В.В. // The Newman in foreign policy. – 2020. – Т. 1. - №52. – С. 45-46.
9. Скользите в безопасное место. Система быстрой эвакуации. [Электронный ресурс]. URL: <https://slidetosafety.com/> (Дата обращения: 20.04.2023).
10. Аварийно-спасательная система. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.escaperescue.com/> (Дата обращения: 22.04.2023).

References

1. Mokshantsev A.V., Ilchevskaya R.R., Ilchevsky V.S. Analysis of fire statistics at the facilities of FGKU "Special FPS Department №. 3 of the Ministry of Emergency Situations of Russia / Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. – 2023. – pp. 19-22.
2. Gaizetdinova A.M., Aksenov S.G. Analysis of fire statistics at industrial enterprises / Ufa University of Science and Technology. – 2023. – pp. 163-167.
3. GOST R 59638-2021 "National standard of the Russian Federation. Fire alarm systems. Guide to design, installation, maintenance and repair. Performance testing methods" // reference and legal system "ConsultantPlus": website. – URL: <https://takir.ru/wp-content/uploads/2022/04/gost-r-59638-2021-sistemy-pozharnoj-signalizacii.pdf> (accessed 08/25/2024).
4. GOST 59639-2021 "Fire warning and evacuation control systems. Guide to design, installation, maintenance and repair. Performance testing methods" // reference and legal system "ConsultantPlus": website. – URL: <https://takir.ru/wp-content/uploads/2022/04/gost-r-59639-2021-sistemy-opoveshhenija-i-upravlenija-jevakuaciej.pdf> (accessed 08.25.2024).

5. SP 3.13130.2009. Code of Practice. Fire protection systems. Fire warning and evacuation management system // reference and legal system "EMERCOM Govru": website. – URL: https://34.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-09-01/13-2-1-3-svodypravil_163050537_11445279639.pdf (accessed 08.25.2024).
6. Zazdravnykh R.V. On the need to review the research system to solve problems during the evacuation of people in a fire / Omsk State Technical University. - 2016. – pp. 225-226.
7. Autonomous systems for voicing alerts and broadcasting emergency announcements (adada.ru) [Electronic resource]. URL: https://adada.ru/sound-avtonom_sist.php. (Date of application: 08.02.2024).
8. Karapuzikov A.A., Stavrinidi S.Yu., Kuzmenko A.A., Kasheutov M.D. On the problem of evacuation of people in case of fires in buildings with mass stay of people / Nikolenkov V.V. // The Newman in foreign policy. – 2020. – Vol. 1. - №.52. – pp. 45-46.
9. Slide To Safety. Rapid evacuation system. [Электронный ресурс]. URL: <https://slidetosafety.com/> (Дата обращения: 20.04.2023).
10. The escape rescue system. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.escaperescue.com/> (Дата обращения: 22.04.2023).

Информация об авторах

А.А. Снежко - кандидат технических наук

Information about the author

A.A. Snezhko - Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.07.2024, одобрена после рецензирования 26.08.2024, принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 30.07.2024, approved after reviewing 26.08.2024, accepted for publication 06.09.2024.