

И.В. Костерин, В.В. Булгаков, А.Х. Салихова
(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
e-mail: kosteriniv@gmail.com)

О НОВЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКОВ ЭВАКУИРУЕМЫХ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Предлагается методика определения параметров потоков эвакуируемых людей при пожарах в зданиях торговых центров с учётом стохастического характера процессов эвакуации людей и блокирования эвакуационных выходов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, время эвакуации людей, стохастическая модель.

I.V. Kosterin, V.V. Bulgakov, A.H. Salikhova **ABOUT NEW METHODS OF DETERMINING THE PARAMETERS OF THE EVACUATED PEOPLE FLOW DURING FIRES IN BUILDINGS TRADE**

The methods of determination the parameters of the evacuated people flow during fires in buildings trade taking into account stochastic nature of the processes of evacuation and blocking of emergency exits is offered.

Key words: fire safety, the evacuation time of people, stochastic model.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 21 сентября 2015 г.

Современный этап развития городов характеризуется наличием большого количества зданий с массовым пребыванием людей, в том числе с ограниченной мобильностью (детей, пожилых людей, инвалидов, людей с вещами и багажом) – торгово-развлекательных комплексов, театров, вокзалов, аэропортов, а также культовых зданий и сооружений. Обеспечение безопасности людей путём эвакуации, в случае пожара, является одной из важнейших задач.

Стандартизованный метод расчёта времени эвакуации t_p основывается на большом объёме экспериментальных данных [1, 2] о движении людей по различным участкам эвакуационного пути и широко используется соответствующими специалистами. Однако этот метод, по умолчанию, предполагает, что эвакуируются только люди без ограничений по мобильности и, кроме того, данный метод обладает рядом других недостатков.

Поэтому представляется необходимым рассмотреть возможность определения времени эвакуации t_p при эвакуации смешанного потока, содержащего также людей из маломобильных групп.

Целью авторов настоящей статьи является разработка методики определения параметров движения людских потоков смешанных групп для зданий торговых центров. Усовершенствованная система расчёта параметров движения людских потоков позволяет обосновать и разработать объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений с учётом обеспечения безопасной эвакуации людей, решить вопросы, связанные с применением средств автоматической пожарной сигнализации, пожаротушения и др.

Анализ результатов исследований процесса эвакуации людей позволяет сделать вывод, что специалисты по данному направлению исследовали отдельные факторы, влияющие на процесс эвакуации, к примеру, время начала эвакуации, скорость движения людей. Программных разработок, в достаточной степени учитывающих стохастический характер процесса эвакуации, на сегодняшний день в России не существует. Разработанная авторами модель будет заложена в основу программы оценки вероятности эвакуации смешанных потоков людей при пожаре из зданий торговых центров на основе стохастической природы процессов эвакуации людей.

Для стохастического моделирования процесса эвакуации предлагается учитывать:

- количество эвакуирующихся, с учётом их подвижности;
- скорость движения людей каждой группы;
- время начала эвакуации, с учётом наличия маломобильных категорий посетителей.

Решая вопрос об обосновании закона изменения и установлении области значений случайных факторов, были учтены данные нормативно-технических документов, а также результаты экспериментальных исследований в данной области. В настоящей статье стохастические входные факторы, учитываемые при моделировании эвакуации людей при пожаре в зданиях, принято описывать усечённым нормальным законом.

Известно, что корректность использования классического нормального распределения достигается при $m_x \pm 3\sigma$.

При малых значениях m_x и большом σ может возникать ситуация, когда плотность распределения "покрывает" своей левой ветвью область отрицательных значений. Таким образом, нормальное распределение, являясь общим случаем распределения случайной величины в диапазоне $(-\infty; \infty)$, лишь при определённых условиях может быть использовано для решения прикладных задач.

В качестве усечённого нормального распределения в работе авторами принято распределение, получаемое из классического нормального, при ограничении интервала возможных значений x .

Нормальный закон в общем виде можно выразить формулами:

- плотность вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}};$$

- функция распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx,$$

где m_x – математическое ожидание случайной величины x ;

σ_x – среднеквадратическое отклонение случайной величины x от её математического ожидания.

Обозначим плотность вероятности усечённого нормального распределения как f_{cut} , функцию распределения – F_{cut} .

Тогда усечённое нормальное распределение будет иметь вид:

- плотность вероятности:

$$f_{cut}(x) = c \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}};$$

- функция распределения:

$$F_{cut}(x) = c \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx,$$

где c – нормирующий множитель (коэффициент пропорциональности), определяемый из условия

$$c \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx = 1.$$

Откуда

$$c = \frac{1}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x) dx}$$

или

$$c = \frac{1}{F(x_{\max}) - F(x_{\min})},$$

где $F(x_{\min}) = F((x_{\min} - m_x) / \sigma)$;

$F(x_{\max}) = F((x_{\max} - m_x) / \sigma)$.

Функция распределения

$$F_{cut}(x) = c[F((x - m_x) / \sigma) - F(x_{\min})].$$

Таким образом, применение данной методики позволит варьировать различными значениями скорости движения людского потока, временем начала эвакуации и количеством эвакуирующихся с учётом их подвижности.

Литература

1. **Приказ** МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (с изменениями) "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".
2. **ГОСТ** 12.1.004-91. ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования".