

UDC 614.841

## IMPROVEMENT OF CALCULATIONAL METHODS OF TIME ESTIMATION OF PEOPLE EVACUATION FROM BUILDINGS AND FACILITIES OF DIFFERENT FUNCTIONALITY

<sup>1</sup> Stanislav L. Sobolevsky<sup>2</sup> Denis A. Poloz<sup>1</sup> Institute of Lifelong Learning of Byelorussian State University

Minsk, Belarus, 220007, Moskovskaya str. 15

the Director of Institute, Doctor of Science in Mathematics and Physics

E-mail: stansobolevsky@tut.by

<sup>2</sup> Institute of Command Engineering of Ministry on Emergences of Republic Belarus,

Minsk, Belarus, 220118, Mashinostroitelej str. 25

PhD (technical) senior lecturer

E-mail: denis\_1980@tut.by

The information about present methods of time estimation of people evacuation in Republic Belarus and Russian Federation is provided. The paper points out the necessity and direction of further improvement of these methods and corresponding mathematical models of people mobility according to the modern achievements of foreign investigators.

**Ключевые слова:** здание, сооружение, эвакуация людей, методика, расчетное время эвакуации людей, модель, программное обеспечение.

Большое число погибших и травмированных на пожарах людей, как в Республике Беларусь, так и в других странах мира, наносимый этим бедствием материальный ущерб и социально-психологический резонанс позволяют сравнивать пожары с постоянно ведущейся войной среднего масштаба. Вместе с тем, высокие темпы строительства зданий и сооружений различного функционального назначения, в том числе крупных торговых центров, высотных зданий, концертных залов, учебных заведений и других объектов, а также интенсивная эксплуатация уже существующих подобных зданий и сооружений остро ставят проблему обеспечения безопасности находящихся в них людей в случае возникновения и последующего развития пожара.

Наиболее эффективным способом обеспечения безопасности людей является своевременная эвакуация людей из опасной зоны. Нередко причинами необеспеченности своевременной и безопасной эвакуации людей из здания при пожаре на стадии эксплуатации объекта являются ошибки, допущенные еще на стадии его непосредственного проектирования. При этом ошибки допускаются также и при проведении расчетов путей эвакуации людей.

Совершенствование существующих методик определения расчетного времени эвакуации людей из зданий и сооружений различного функционального назначения и разработка соответствующего программного обеспечения с учетом требований действующих технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации [1–3], особенностей объемно-планировочных решений, функционального назначения помещений и здания в целом, а также механизмов движения эвакуируемых в составе людского потока и их индивидуальных особенностей является актуальной научно-практической задачей.

На сегодняшний день в официальных документах Республики Беларусь и Российской Федерации содержатся несколько методик, рекомендуемых для определения расчетного времени эвакуации людей.

В Республике Беларусь для определения расчетного времени эвакуации людей до сих пор используется методика, разработанная около 30 лет назад [1, 4], основанная на прямой зависимости скорости движения людского потока от его средней плотности [5, 6], предлагающая усредненный расчет времени движения, соответственно, как отношения пройденного пути к скорости движения на каждом участке. Ее главным недостатком является невозможность воспроизвести реальную кинетику процесса движения людских потоков: их переформирование и растекание; образование скоплений и их рассасывание; задержку движения из-за скоплений при различной интенсивности подходящих людских потоков; вызванные этими процессами количественные изменения параметров движения людских потоков через границы смежных участков пути эвакуации и при их слияниях; закономерности движения по участкам «неограниченной» и переменной ширины, закономерности выбора людьми различных маршрутов эвакуации и т.д. [7]. Кроме того, усреднение людского потока, предлагаемое в методике, не позволяет учесть индивидуальные особенности эвакуируемых, а также возможные точечные воздействия опасных факторов пожара в процессе эвакуации. Использование приведенного в методике набора формул не позволяет в реальном времени объективно описать процесс движения нескольких людских потоков. Особенно сильно подобного рода несоответствие проявляется в случае слияния нескольких людских потоков. В результате того, что люди, находящиеся ближе к эвакуационному выходу, согласно сценария расчета должны ожидать тех, кто располагается на большем от него расстоянии, расчетное время эвакуации людей, как правило, получается существенно завышенным. В свою очередь, это приводит к необоснованному образованию в местах слияния большого количества людей и далее непосредственно к задержке движения. При этом, хотя методика и предписывает учет времени возможной задержки, конкретный способ того, как это необходимо делать не регламентируется.

В качестве альтернативы рассмотренной стандартной методики выступают предложенные проекты двух новых методик: упрощенной и общей [8]. Упрощенная методика, по своей сути, повторяет стандартную методику и по этой причине содержит в себе почти все ее недостатки. Общая методика, основанная на той же закономерности зависимости скорости движения людского потока от плотности, рассматривает в динамике кусочную неоднородность людского потока, благодаря чему описывает процесс более объективно и даже позволяют усредненно моделировать его в реальном времени. Однако, и в этом варианте, методика не позволяет учесть индивидуальные особенности эвакуируемых, возможные отклонения траекторий их движения от предписанных планом, не предпринимает попыток детально описать достаточно сложные процессы, происходящие вблизи сужений или расширений пути, проходов, а также на участках условно неограниченной ширины. Кроме этого методика не содержит четких критериев, позволяющих правильно распределить людей по фрагментам сформированного в результате множественных слияний людского потока, а это в свою очередь не позволяет правильно определить усредненные значения параметров движения, например, неоднородного людского потока, в состав которого входят как физически здоровые, так и ограниченные по мобильности люди.

В Российской Федерации для определения расчетного времени эвакуации людей используются сразу три методики [9, 10], базирующиеся на следующих моделях движения людских потоков: упрощенной аналитической, имитационно-

стохастической и индивидуально-поточной. Все перечисленные методики, за исключением метода, базирующегося на упрощенной аналитической модели, предполагают обязательное наличие специального программного обеспечения.

В рамках методики, реализующей упрощенную аналитическую модель, расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей. Расчет по данной методике аналогичен расчету по методике стандарта [1], действующего на территории Республики Беларусь и имеет те же недостатки.

Методика, реализующая имитационно-стохастическую модель, моделирует изменение плотности людского потока в различных точках путей эвакуации с течением времени, в соответствии со стохастической зависимостью скорости движения от плотности людского потока.

В рамках методики, реализующей индивидуально-поточную модель, предпринимается попытка моделирования в реальном времени движения каждого конкретного человека в общем потоке, а расчетное время эвакуации людей из здания устанавливается по времени выхода из него последнего человека. Подобный подход был ранее предложен авторами в работе [11].

Следует отметить, что каждая из перечисленных методик имеет ограниченную и достаточно специфическую область применения. В этой связи встает вполне очевидный вопрос: когда и в каком случае следует использовать ту или иную методику? Ответ на данный вопрос в технических нормативных правовых актах Российской Федерации пока отсутствует.

Таким образом, целью дальнейших исследований, является повышение достоверности оценки расчетного времени эвакуации людей из зданий и сооружений различного функционального назначения при пожаре путем учета особенностей объемно-планировочных решений и механизмов индивидуально-поточного движения эвакуируемых. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Осуществление сравнительного анализа различных подходов к определению расчетного времени эвакуации, в том числе и посредством проведения натурных экспериментов и формирование критериев выбора того или иного подхода в каждом конкретном случае.

2. Изучение наиболее вероятных траекторий движения человека в составе людского потока по разным видам пути эвакуации в зданиях и сооружениях с различными объемно-планировочными решениями и функциональным назначением.

3. Доработка и модификация существующих методик с учетом полученных результатов, разработка общей методики моделирования движения людского потока и определения расчетного времени эвакуации, объединяющей рассмотренные подходы, а также современный опыт мировой науки в области изучения закономерностей и моделирования движения людских потоков [12].

4. Разработка прикладного программного обеспечения, реализующего предложенную методику.

#### **Примечания:**

1. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Изд-во стандартов, 1992. 78 с.

2. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительные нормы Республики Беларусь. Эвакуация людей из

зданий и сооружений при пожаре: СНБ 2.02.02-01. – Введ. 01.07.05. Минск: М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 2004. 28 с.

3. Национальная система нормативно-технических и правовых актов Республики Беларусь. Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования = Будынкi і збудаванні. Эвакуцыйныя шляхі і выходы. Правiлы праектавання: ТКП 45-2.02-22-2006 (02250). – Введ. 03.03.06. Минск: М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 2006. 48 с.

4. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила СССР. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений: СНиП II-2.80. – Введ. 01.01.1982. М.: Госстрой СССР: ЦИТП Госстроя СССР, 1981. 20 с.

5. Беляев С.В. Эвакуация зданий массового назначения. М.: Изд-во Всес. акад. архит., 1938. 72 с.

6. Предтеченский В.М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: учеб. пособие для вузов / В.М. Предтеченский, А.И. Милинский. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Стройиздат, 1979. 375 с.

7. Самошин Д.А. Расчет времени эвакуации. Проблемы и перспективы // Пожаровзрывобезопасность. 2004. № 1. С. 33–46.

8. Национальная система технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Здания и сооружения. Правила расчета путей эвакуации: ТКП П 45-2.02-160. Минск: М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 2010. 119 с.

9. Расчет пожарных рисков для общественных, административных и жилых зданий / Эвакуация при пожаре. Информационный сайт [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://fireevacuation.ru/obshestvennie\\_zdaniya.php](http://fireevacuation.ru/obshestvennie_zdaniya.php). Дата доступа: 05.01.2011.

10. Расчет пожарных рисков для производственных зданий / Эвакуация при пожаре. Информационный сайт [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://fireevacuation.ru/proizvodstvennie\\_zdaniya.php](http://fireevacuation.ru/proizvodstvennie_zdaniya.php). Дата доступа: 05.01.2011.

11. Дмитриченко А.С., Соболевский С.Л., Полоз Д.А., Соболевская С.М. Математическая модель определения времени вынужденной эвакуации людей из помещений при пожаре // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2005. № 8. С. 43–48.

12. Klingsch, W.W.F. Pedestrian and evacuation dynamics 2008 / W.W.F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider, M. Schreckenberg. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 833 p.

УДК 614.841

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

<sup>1</sup> Станислав Леонидович Соболевский

<sup>2</sup> Денис Алексеевич Полоз

<sup>1</sup> ГОУ «Институт непрерывного образования» Белорусского государственного университета

220007, г. Минск, ул. Московская, 15

директор института; доктор физико-математических наук, доцент

E-mail: stansobolevsky@tut.by

<sup>2</sup> ГОУ «Командно-инженерный институт» Министерства

по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25

старший преподаватель кафедры пожарной профилактики и предупреждения  
чрезвычайных ситуаций; кандидат технических наук

E-mail: denis\_1980@tut.by

В статье приводится информация о существующих методиках определения расчетного времени эвакуации людей в Республике Беларусь и Российской Федерации. Отмечается необходимость дальнейшего совершенствования существующих методик и положенных в их основу математических моделей движения людских потоков с учетом современных достижений зарубежных специалистов.

**Ключевые слова:** здание, сооружение, эвакуация людей, методика, расчетное время эвакуации людей, модель, программное обеспечение.