

ИТЕРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА

Кадурина М.С.

научный руководитель канд. техн. наук Даничев А.А.

Сибирский федеральный университет

Решение о соответствии или не соответствии требованиям норм пожарной безопасности выносится на основе расчета индивидуального пожарного риска, который утвержден методикой МЧС России [1]. Расчет пожарного риска состоит из вычисления и сравнения расчетного и необходимого времени эвакуации людей. Для расчета необходимого времени строятся поля опасных факторов пожара, и определяется время блокирования путей эвакуации. Расчетное время эвакуации может определяться по трем утвержденным в методике математическим моделям.

Самой простой моделью расчета фактического времени эвакуации является упрощенная аналитическая модель движения людского потока, но в месте с тем она является и не достаточно точной. Математическая модель индивидуально-поточного движения людей и имитационно-стохастическая модель движения людских потоков напротив точны, но излишне сложны, что напрямую связано с большой необходимой вычислительной мощностью, большим объемом исходных данных и, следовательно, дороговизной расчета. Таким образом, вышеперечисленные модели могут не подходить для небольших типовых объектов, но для которых требуется точный расчет.

Автором была разработана итерационная модель расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре, которая основана на двух моделях расчета: упрощенной аналитической и индивидуально-поточной моделях. Основной мыслью итерационной модели было моделирование поэтапного, постепенного выведения людей из здания одновременно со всех участков эвакуации, в отличие от упрощенной модели. Это достигается за счет вычисления начального расчетного времени на каждой итерации в каждом помещении, затем расчета плотности, интенсивности движения людей и количества переходящих людей на следующий участок эвакуации. Подробное описание алгоритма можно найти в [2].

Точность полученного расчетного времени зависит от способа задания параметров эвакуации, так было установлено, что при задании слишком протяженных участков эвакуации, расчетное время стремится к увеличению, за счет того, что расчет начального времени зависит от длины участка. Так же, результат значительно зависит от изначального количества людей в здании, в связи с чем, было предложено вводить корректирующий коэффициент z для регулирования описанной зависимости, таким образом, получим новую формулу расчета количества переходящий на следующий участок людей $Q_{s,(k)}(t_0^{(k)})'$.

$$Q_{s^{(k)}}(t_0^{(k)})' = Q_{s^{(k)}}(t_0^{(k)}) \cdot z, \quad (1)$$

где $Q_{s^{(k)}}(t_0^{(k)})$ – расчетное количество переходящий на следующий участок людей.

Адекватность подобранного коэффициента z предлагается определить с помощью упрощенной аналитической модели. Расчет по упрощенной модели производится по всем участкам последовательно и люди всем количеством переходят из одного помещения в другое, собираясь на каждом участке. И, соответственно логично было бы предположить, что итоговое время за счет этого увеличивается и может превышать реальное время эвакуации, примем это время за максимальное. Затем предположим, что в реальном процессе эвакуации людям, выходящим из последнего самого удаленного участка, находящимся ближе к выходу люди, находящиеся на других участках по пути эвакуации не препятствуют, то есть они уже эвакуировались. Таким образом, мы не будем учитывать скопление людей, и время будет занижено, примем это время за минимальное время адекватного расчета.

Произведем расчет времени эвакуации из одного реального объекта лица с различным количеством людей на участках. По упрощенной модели получим минимальное ($min t$) и максимальное время ($max t$) адекватного расчета, и рассчитаем время по итерационной модели, изменяя корректирующий коэффициент z от 1 до 100, так как при выборе коэффициента $z > 100$ время значительно не изменяется, с шагом 1.

Таблица 1

Чел	min t, мин	max t, мин	z =										
			1	...	8	9	10	11	12	13	14	15	16
107 7	1,7 77	13,1 56	61,0 43	...	23,9 15	21,2 8	19,1 3	17,3 02	15, 84	14, 65	13, 57	12,2 52	11,8 62
533	1,4 97	11,4 42	60,1 8	...	12,5 33	11,1 73	10,0 34	9,03 1	8,2 58	7,6 56	7,0 76	6,58 3	6,18 4
50	1,2 7	2,15 6	21,6 11	...	2,41 8	2,13 8	1,9	1,62 8	1,4 9	1,3 73	1,2 54	1,16 9	1,09 2
15	0,9 47	0,94 7	13,9 47	...	1,59 5	1,45 0	1,28 9	1,22 9	1,1 02	1,0 17	0,9 74	0,94 0	0,89 8

В последней строке таблицы расчет времени эвакуация из учебной аудитории, для которой опытным путем получено время 1 минута. Максимальное и минимальное время одинаковы, так как все люди находились в самом удаленном от выхода участке.

По таблице 1 можно заметить, что время по итерационной модели попадает в область адекватного времени при z , равном 9 в двух случаях и 15, при $z = 100$ расчетное

время эвакуации минимальной границы в первых двух примерах расчета не достигает. В третьем примере минимальной границы время достигает при $z = 15$. Для последнего примера наилучшее приближение расчетного времени достигается при $z = 13$, зная реальное время эвакуации последнего примера в таблице. На основе приведенных исследований можно дать рекомендацию по применению итерационной модели: использовать корректирующий коэффициент $z = 13$ при количестве людей до приблизительно 500 и $z = 15$ для количества более 500.

Корректирующий коэффициент позволит получать точное расчетное время эвакуации при любом количестве людей в здании, не усложняя при этом алгоритм, не добавляя новых параметров участка или человека. То есть, итерационная модель точно рассчитывает время эвакуации разных по сложности объектов, при этом не требует ввода новых параметров, влияющих на развитие пожара и эвакуации, в отличие от индивидуально-поточной модели имеет низкую вычислительную сложности, и значит, может быть внедрена в любое программное обеспечение по оценке индивидуального пожарного риска. За счет итерационного процесса при необходимости расчет может быть распараллелен на несколько вычислительных устройств, что так же является преимуществом.

Список литературы

1. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
2. Кадурина, М. С. ИТЕРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section12.html>, свободный.