

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Кадурина М.С.

Научный руководитель – доцент Якунин Ю.Ю.

*Сибирский федеральный университет*

На этапе проектирования здания требуется расчёт времени, за которое люди при возникновении пожара могли бы беспрепятственно покинуть опасный объект. Методики расчета фактического времени эвакуации, существующие на данный момент, либо достаточно сложны для расчета и обладают большой вычислительной сложностью, либо неудовлетворительно отражают действительное движение людей. Автором предложена методика, позволяющая с одной стороны, адекватно моделировать движение людского потока и с другой стороны легко автоматизируется.

Существующие модели определения расчетного времени эвакуации людей имеют ряд достоинств и недостатков. Упрощенная аналитическая модель и имитационно-стохастическая модель движения людских потоков не учитывают движение отдельного человека. Математическая модель индивидуально-поточного движения людей рассчитывает время эвакуации, рассчитывая координаты каждого человека в определенный момент. Такой способ расчета характеризуется большим количеством ресурсозатрат, что является значимым недостатком. Такой же недостаток имеет имитационно-стохастическая модель, так как разбивает здание на элементарные участки шириной около метра, при большой площади здания, на расчет потребуется несколько десятков или сотен тысяч вычислительных операций. Наименьшей по числу ресурсозатрат для расчета является упрощенная модель. Объединив достоинства трех разных моделей, можно получить простую и эффективную модель расчета.

Основной идеей разработанного алгоритма является расчет относительно небольших отрезков времени, для того, чтобы модель оставалась простой, но и была достаточно приближена к реальности. Таким образом, люди эвакуируются небольшими группами за одну итерацию расчета. Отрезок времени, относительно которого производится расчет, определяется как время, за которое человек из первого эвакуационного выхода преодолеет расстояние до второго эвакуационного выхода, потому что предполагается, что за это время люди со второго эвакуационного участка будут эвакуироваться беспрепятственно. Расчетное время может выбираться двумя способами.

**Первый способ** заключается в нахождении интенсивности в дверном проеме наиболее удаленного участка от эвакуационного выхода, на котором количество людей больше 0.

$$q = 2.5 + 3.75 \cdot \delta, \quad (1)$$

где  $\delta$  – ширина дверного проема, м.

Затем по таблице интенсивности и скорости движения людского потока на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности, находится соответствующая найденной интенсивности скорость движения. Далее рассчитывается искомое время делением длины второго эвакуационного участка на скорость движения.

**Второй способ** расчета использует формулы упрощенной аналитической модели движения людских потоков. По значениям плотности (2) и интенсивности (3, 4) однородного людского потока из таблицы находится значение скорости для следующего эвакуационного участка.

$$D^{(k)} = \frac{N^{(k)} \cdot f}{l^{(k)} \cdot \delta^{(k)}} \quad (2)$$

где  $N^{(k)}$  – число людей на  $k$ -ом эвакуационном участке, чел.;  $f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека,  $m^2$ ;  $l^{(k)}$  – длина  $k$ -го эвакуационного участка, м;  $\delta^{(k)}$  – ширина  $k$ -го эвакуационного участка, м.

$$q_{\dot{a}}^{(k)} = \frac{q^{(k)} \cdot \delta^{(k)}}{\delta_{\dot{a}}^{(k)}} \quad (3)$$

где  $\delta_{\dot{a}}^{(k)}$  – ширина дверного приема на  $k$ -ом эвакуационном участке, м.

$$q^{(k+1)} = \frac{q_{\dot{a}}^{(k)} \cdot \delta_{\dot{a}}^{(k)}}{\delta^{(k+1)}} \quad (4)$$

где  $\delta^{(k+1)}$  – ширина на  $(k+1)$ -ом эвакуационном участке, м.

Для нахождения времени, за которое человек из первого эвакуационного выхода преодолевает расстояние до второго эвакуационного выхода, делим найденную скорость на длину второго участка, вновь используя предположение, что со второго эвакуационного участка люди эвакуируются беспрепятственно.

Плотность людского потока и количество людей, переходящих с одного эвакуационного участка на другой в единицу времени, будут рассчитываться по формулам математической модели индивидуально-поточного движения людей. Для расчета плотности людского потока на эвакуационном участке, используем рассчитанный отрезок времени по одному из способов (5, 6).

$$Dv^{(k)}(t_0^{(k)}) = \frac{N^{(k)} \cdot f \cdot t_0^{(k)}}{a^{(k)} \cdot b^{(k)}} \quad (5)$$

где  $N^{(k)}$  – число людей на эвакуационном участке  $k$ -той итерации, рассчитанное на  $(k-1)$  итерации, чел.;  $f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>;  $a^{(k)}$  – длина эвакуационного участка  $k$ -той итерации, м;  $b^{(k)}$  – ширина эвакуационного участка  $k$ -той итерации, м;  $t_0^{(k)}$  – промежуток времени, с.

Затем по таблице находится соответствующая плотности интенсивность движения на выходе с участка и вычисляется количество людей.

$$Q^{(k)}(t_0^{(k)}) = \frac{q^{(k)}(t_0^{(k)}) \cdot c^{(k)} \cdot t_0^{(k)}}{f \cdot 60} \quad (6)$$

где  $q^{(k)}(t_0^{(k)})$  – интенсивность движения на выходе с эвакуационного участка  $k$ -той итерации в момент времени  $t_0^{(k)}$ , м/мин;  $c^{(k)}$  – ширина выхода с эвакуационного участка  $k$ -той итерации, м.

Разработанная методика расчета объединяет формулы и идеи двух существующих моделей: упрощенной аналитической модели и индивидуально-поточного движения людей. Таким образом, достигается небольшая вычислительная сложность и минимальная погрешность, за счет меньшего времени задержки, чем в упрощенной модели. Методика не вводит никаких новых расчетных величин, и за счет этого ее можно быстро ввести в эксплуатацию. Подводя итог, необходимо отметить, что данная методика может использоваться региональными отделениями МЧС и проектными организациями для расчета пожарной безопасности зданий.