

*А.В. Васильченко, канд. техн. наук, доцент, УГЗУ,
Н.Н. Стец, адъюнкт, УГЗУ*

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЦЕЛИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭВАКУАЦИИ В ВЫСОТНОМ ЗДАНИИ

(представлено доктором техн. наук А.Н. Лариным)

Предложена функция цели для определения оптимального состава технических средств эвакуации (ТСЭ) и их размещения в высотном здании. Функция цели учитывает время эвакуации людей и вероятность получения ими тяжелых травм в случае применения ТСЭ, а также затраты на установку и эксплуатацию ТСЭ.

Постановка проблемы. В высотных зданиях для повышения безопасности эвакуации людей при пожарах рекомендуется использовать в качестве дополнительных средств самоспасания технические средства эвакуации (ТСЭ). Они предназначены для применения в тех случаях, когда основные эвакуационные пути заблокированы [1]. Различные фирмы предлагают много конструкций ТСЭ (тросовых, рукавных, лифтовых и др.) различных модификаций. В связи с этим заказчику строительства или владельцу высотного здания необходимо сделать выбор конкретных типов ТСЭ и указать места их размещения на этажах здания. Таким образом, для принятия решения о применении ТСЭ в высотном здании необходимо решить проблему выбора: сколько и каких именно средств самоспасания разместить на этажах.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [2, 3] были предложены методики сравнения различных ТСЭ. По результатам анализа однородных и разнородных спасательных устройств для их сравнения из множества характеристик избрано несколько обобщающих показателей, с помощью которых можно сравнить между собой как разнородные, так и однородные ТСЭ, это:

- фактическое время самоспасания человека с помощью ТСЭ;
- вероятность (риск) получения травмы человеком при использовании ТСЭ;
- стоимость ТСЭ и затраты на его содержание в рабочем состоянии.

Методы оценки фактического времени эвакуации людей из высотного здания и вероятности получения ими тяжелых травм при применении ТСЭ рассмотрены в работах [2, 4, 5].

В работах [6, 7] рассмотрена задача рационального размещения объектов в пространстве на примере оснащения пожарного автомобиля и распределения отделений по городским пожарным депо. Подобную же задачу необходимо решить для определения оптимальных мест размещения ТСЭ на этажах высотного здания. Поэтому в данной работе делается попытка воспользоваться теми же методами, которые применяли авторы в [6, 7] с учетом специфики спасения людей из высотных зданий, рассмотренной в [2, 4, 5].

Постановка задачи и ее решение. Для определения оптимального состава спасательных средств и их размещения в здании предлагается функция цели, содержательная часть которой выражена таким образом: необходимо минимизировать время эвакуации людей, вероятность получения тяжелой травмы в случае применения ТСЭ при минимальных затратах на установку и эксплуатацию оборудования.

Фактическое время эвакуации всех людей из высотного здания, зависящее от расположения (координат) ТСЭ в здании, обозначим через $T(x_1, y_1, z_1, \dots, x_n, y_n, z_n)$. Это время можно рассчитать по формулам, приведенным в [2, 4]. Тогда, при использовании технических средств одного типа функция цели по времени эвакуации для них будет иметь вид

$$T(x_1^*, y_1^*, z_1^*, \dots, x_n^*, y_n^*, z_n^*) = \min_W T(x_1, y_1, z_1, \dots, x_n, y_n, z_n), \quad (1)$$

где $T(x_1^*, y_1^*, z_1^*, \dots, x_n^*, y_n^*, z_n^*)$ – время эвакуации при фиксированном месте расположения ТСЭ; W – область допустимых значений для всех возможных n -х вариантов использования ТСЭ, а именно $W = W_1 \times W_2 \times \dots \times W_n$.

При использовании ТСЭ разных типов представим функцию цели по времени эвакуации как минимизацию суммы времен эвакуации для этих ТСЭ

$$T(x_1^*, y_1^*, z_1^*, \dots, x_n^*, y_n^*, z_n^*) = \min_W (T_1(\Psi) + T_2(\Psi) + T_3(\Psi) + \dots + T_m(\Psi)), \quad (2)$$

где $(\Psi) \equiv (x_1, y_1, z_1, \dots, x_n, y_n, z_n)$; m – количество типов ТСЭ.

Функцию цели для снижения риска тяжелого травмирования при использовании ТСЭ в высотном здании можно записать в виде

$$R(\Theta^*) = \min_W (\beta_1 R_1(\Theta) + \beta_2 R_2(\Theta) + \dots + \beta_m R_m(\Theta)), \quad (3)$$

где $(\Theta) \equiv (z_1, \dots, z_n)$; z – координаты этажа; β – коэффициент, характеризующий тип ТСЭ.

Для упрощения расчетов есть смысл привести многофакторную задачу к однофакторной. Для этого в функцию цели (2) введем коэффициенты $r_1, r_2, \dots, r_m$ при слагаемых. Эти коэффициенты должны учитывать как безопасность процесса эвакуации с учетом психологической нагрузки, так и надежность спасательных устройств. Для определения величины коэффициентов возможно применить методы экспертных оценок. В этом случае каждый коэффициент представляется как сумма баллов, присвоенных экспертами, по показателям, учитывающим конструктивные характеристики каждого ТСЭ. Использовать полученные таким образом коэффициенты при слагаемых допустимо, поскольку интерес представляет именно относительное значение времени эвакуации при сравнении различных ТСЭ.

Ограничение общих затрат на установку ТСЭ и дальнейшее содержание их в рабочем состоянии $\sum_{i=1}^m C_i$, определяется заказчиком: они не должны превышать лимита $C_{гр}$

$$\sum_{i=1}^m C_i \leq C_{гр} . \quad (4)$$

Для получения функции цели в безразмерном виде разделим обе части на необходимое время эвакуации, расчету которого была посвящена работа [8]. В результате преобразований имеем:

$$\frac{T(\Psi^*)}{T_{офп}} = \min_W \left[r_1 \frac{T_1(\Psi)}{T_{офп}} + r_2 \frac{T_2(\Psi)}{T_{офп}} + \dots + r_m \frac{T_m(\Psi)}{T_{офп}} \right], \quad (5)$$

где $T_{офп}$ – необходимое время эвакуации (достижение критического значения одного из опасных факторов пожара),

Как видно, в правой части равенства каждый одночлен выражает минимизацию приведенных временных характеристик для каждого избранного типа ТСЭ в пределах области допустимых значений. Минимизация суммы приведенных временных характеристик для фиксированных мест расположения ТСЭ дает возможность выбрать оптимальный вариант сочетания различных ТСЭ при оснащении ими высотного здания.

Выводы. На основе приведенной функции цели можно построить математическую и компьютерную модель для обоснованного выбора технических спасательных средств из ряда предложенных и оснащения ими высотного здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В., Стець М.М., Полуляшна Т.М. Варіант класифікації технічних засобів евакуації людей з висотних будівель // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2005. – Вип.6(6).– С. 98-100.

2. Васильченко А.В., Стец Н.Н. Оценка факторов, влияющих на эвакуацию людей из высотных зданий при пожаре с помощью технических средств // Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип.19.– Харьков: Фолио, 2006. – С.32-37

3. Васильченко А.В., Стец Н.Н. Сравнительная оценка безопасности эвакуации людей из высотных зданий при помощи различных тросовых систем. // Зб. наук. праць УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Вип.5.– Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 54-60.

4. Васильченко О.В., Стець М.М. Визначення часу евакуації людей з верхніх поверхів висотних будівель за допомогою індивідуальних технічних засобів. // Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип.20.– Харьков: Фолио, 2006. – С. 33-36.

5. Васильченко А.В., Стец Н.Н. Особенности расчета риска травмирования людей при эвакуации из высотного здания с помощью технических средств. // Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип.22.– Харьков: УГЗУ, 2007. – С. 56-61.

6. Комяк В.М., Соболев А.Н., Калашников А.А. Математическое и компьютерное моделирование компоновки оборудования в кузовах пожарных автомобилей. // Сб. науч. трудов АГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип. 15.– Харьков: Фолио, 2004. – С. 111-116.

7. Комяк В.М., Коссе А.Г., Бут В.П., Кязимов К.Т. Повышение эффективности деятельности пожарных служб в населенных пунктах сельской местности за счет определения их оптимальных параметров. // Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип.23.– Харьков: УГЗУ, 2008. – С. 91-96.

8. Васильченко А.В., Бахал В.Г., Стец Н.Н. Определение необходимого времени эвакуации людей из высотного здания с помощью технических средств // Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вип.23.– Харьков: УГЗУ, 2008. – С. 57-60.

nuczu.edu.ua

Статья поступила в редакцию 19.09.2008 г.