

УДК. 614.8

*А.В. Васильченко, канд. техн. наук, доцент, УГЗУ,
В.Г. Бахал, студентка, Н.Н. Стец, ад'юнкт, УГЗУ*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Рассмотрен пример расчета необходимого времени эвакуации людей из высотного здания с помощью технических средств, основанный на определении температуры и концентрации токсичных продуктов горения при решении системы уравнений газообмена.

Постановка проблемы. Пожар в высотном здании создает повышенные трудности для проведения спасательных работ аварийно-спасательными подразделениями. Особое внимание привлекают ситуации, когда основные эвакуационные пути (лестницы, коридоры) перекрыты, и ими не могут воспользоваться как сами спасатели, так и люди, заблокированные пожаром. В подобных случаях для спасения предлагаются специальные технические средства эвакуации (ТСЭ). Но для их выбора и планирования применения следует знать запас времени, гарантирующий успешное проведение спасательных работ.

Анализ последних исследований и публикаций. В большинстве работ, касающихся эвакуации людей из зданий и рассматривающих различные способы расчета необходимого времени эвакуации, рассчитывается скорость возникновения критических значений опасных факторов пожара (ОФП) в помещениях с очагом пожара и на основных коммуникационных путях здания (коридорах, лестничных клетках) [1]. Однако в литературе отсутствуют сообщения об исследованиях необходимого времени эвакуации для случаев использования ТСЭ.

Постановка задачи и ее решение. Для выяснения запаса времени, достаточного для эвакуации людей с помощью ТСЭ, необходимо рассчитать время, за которое ОФП, воздействующие на ТСЭ и людей, использующих ТСЭ, в заблокированном пожаром помещении, не превысят критические значения. Расчеты необходимого времени эвакуации с помощью ТСЭ являются особенно актуальными для тех случаев, когда высота, с которой требуется эвакуировать людей, становится недоступной для штатных средств спасательных подразделений, что характерно для высотных зданий. Основное условие спасения людей с помощью ТСЭ:

$$\tau_{эв} \leq \tau_{необ} \quad , \quad (1)$$

где $\tau_{эв}$ – фактическое (или расчетное) время эвакуации людей из здания в безопасное место с помощью ТСЭ; $\tau_{необ}$ – необходимое время эвакуации.

$$\tau_{эв} = t_{поиск} + t_{исп} \quad , \quad (2)$$

где $t_{поиск}$ – время принятия решения об использовании ТСЭ (поиск выходов с этажа, оценка ситуации, поиск ТСЭ); $t_{исп}$ – время использования ТСЭ (приведение ТСЭ в рабочее положение и эвакуация),

В качестве ОФП, лимитирующих необходимое время эвакуации, в данной работе приняты повышенная температура и токсичные продукты горения. Их расчет можно провести по данным о газообмене соседних помещений.

Для расчета газообмена применима система уравнений [1]:

$$\begin{cases} \Delta P_{ij} = f(G_n) \\ \sum_{i=1}^n G_i = 0 \end{cases} \quad , \quad (3)$$

где ΔP_{ij} – перепад давления в проемах между помещениями здания; G_i – расход газа, протекающего через проемы.

Значения плотности и концентрации газа в помещении вычисляют по уравнениям [1]:

$$\begin{aligned} T_i &= T_{0i} e^{-\frac{\sum_{j=1}^n G_{2j}}{M_i} \Delta \tau_m} + \frac{\sum_{i=1}^n G_{1i} T_{1i} - \frac{Q}{C_p}}{\sum_{j=1}^n G_{2j}} \left(1 - e^{-\frac{\sum_{j=1}^n G_{2j}}{M_i} \Delta \tau_m} \right) \\ C_i &= C_{0i} e^{-\frac{\sum_{j=1}^n G_{2j}}{M_i} \Delta \tau_m} + \frac{\sum_{i=1}^n G_{1i} C_{1i}}{\sum_{j=1}^n G_{2j}} \left(1 - e^{-\frac{\sum_{j=1}^n G_{2j}}{M_i} \Delta \tau_m} \right) \end{aligned} \quad , \quad (4)$$

где T_i и T_{0i} – температура газа в помещении в рассматриваемый и начальный момент времени; T_{1i} – температура газа, поступающего в помещение; C_i и C_{0i} – концентрация газа в помещении в рассматриваемый и начальный момент времени; C_{1i} – концентрация газа, поступающего в помещение; M_i – масса газа в помещении; G_{1i} – поток массы газа, поступающего в помещение; G_{2i} – поток массы газа,

удаляемый из помещения; Q – потери тепла через ограждения помещения; c_p – теплоемкость газа; Δt_m – промежуток времени.

Разность давлений между одним помещением и другим помещением (внешней средой) определяется по уравнению:

$$\Delta P_{ij} = P_i - P_j + g (\rho_j - \rho_i) h, \quad (5)$$

где P_i , P_j – давление газа на уровне пола в соседних помещениях; g – ускорение силы тяжести; ρ_i , ρ_j – плотность газа в соседних помещениях; h – высота от уровня пола.

Газообмен помещения в общем виде можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} \varepsilon S_{ij} G_{ij}^2 = P_i - P_j + g (\rho_j - \rho_i) h \\ \sum_{j=1}^n \varepsilon G_{ij} = 0 \end{cases}, \quad (6)$$

где ε – коэффициент, учитывающий направление потоков G_{ij} ; S_{ij} – коэффициент, учитывающий схему газообмена в помещении в зависимости от величины соединительного проема.

Для определения значений давления и величины потока газа по формулам (4) оценивается температура T_i и концентрация C_i . При этом учитывается поток газа, удаляемый из помещения через вентиляционный канал, а давление снаружи здания P_H^z на высоте z определяется как

$$P_H^z = P_H^0 - g \rho_H z, \quad (7)$$

где ρ_H – плотность воздуха снаружи здания.

Для примера конкретного решения задачи газообмена можно принять случай развития пожара в коридоре 20 этажа высотного здания, при котором из граничащего с коридором помещения размерами $12 \times 6 \times 3$ м требуется провести эвакуацию людей с помощью ТСЭ. Если предположить, что известны размеры дверного проема 2.1×0.8 м и объем помещения, плотность и температура газа в коридоре и помещении в начальный момент времени ($\rho_{0\text{кор}} = 1.18 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $T_{0\text{кор}} = 293 \text{ К}$; $\rho_{0\text{пом}} = 1.29 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $T_{0\text{пом}} = 298 \text{ К}$), то расчет, проведенный по методике [1], позволяет определить изменение во времени значений температуры и концентрации угарного газа в коридоре, где происходит пожар, и соседнем помещении, из которого с помощью ТСЭ проводится эвакуация людей. По результатам расчета построены графики, представленные на рис. 1.

Анализ кривых показывает, что критическая температура достигается в коридоре через 3 мин, а в помещении – через 4 мин; критическая концентрация угарного газа достигается в коридоре через 2 мин, а в помещении – через 4 мин.

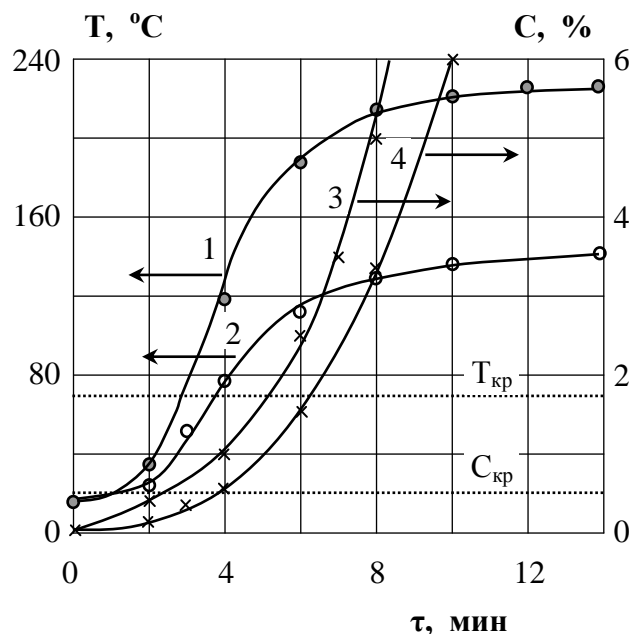


Рисунок 1 – Зависимость температуры и концентрации угарного газа от времени развития пожара в коридоре (1, 3) и смежном с ним помещении (2, 4)

Выводы. Таким образом, необходимое время эвакуации людей с помощью ТСЭ из помещения высотного здания, соседствующего с коридором, в котором развивается пожар составляет 4 мин. Но если принять во внимание (2), реального времени на использование ТСЭ окажется меньше 4 мин. Кроме того, следует учесть, что при использовании тросовых или рукавных ТСЭ даже после покидания помещения человеком на детали крепления приспособления продолжают воздействовать ОФП. Температура в помещении уже через 5 мин превышает 100 °С и продолжает повышаться. Поэтому для деталей крепления ТСЭ не рекомендуется применять полимерные материалы или другие материалы с теплостойкостью менее 300 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Л.И., Махонин А.А., Соснин Б.С. Определение необходимого времени эвакуации людей из многоэтажных зданий // Безопасность людей при пожарах. Сб. науч. трудов. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1981. – С. 78-89.