

*А.В. Васильченко, кандидат технических наук, доцент, АГЗУ
Н.Н. Стец, адъюнкт АГЗУ*

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭВАКУАЦИЮ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Предложены формулы расчета времени эвакуации и определены группы факторов, влияющих на время эвакуации людей при пожаре с произвольного этажа высотного здания с помощью технических средств. Для оценки воздействия факторов предложено использовать пожарные риски.

Постановка проблемы. При возникновении пожара в высотном здании аварийно-спасательные подразделения сталкиваются с многими трудностями во время проведения спасательных работ. Особое внимание привлекают ситуации, когда основные эвакуационные пути (лестницы, коридоры) заблокированы, и люди не могут ими воспользоваться. В подобных случаях предлагаются для использования специальные технические средства эвакуации (ТСЭ).

Анализ последних достижений и публикаций. В данное время разработаны различные виды ТСЭ: веревочные устройства, эластичные рукава, спасательные парашюты, специальные навесные лифты и т.п. [1]. В работе [2] сделана попытка классификации ТСЭ в зависимости от способа действия, конструкции, степени массовости и др. Применение этой классификации может оказаться весьма полезным для быстрого принятия управленческих решений по разработке и внедрению ТСЭ практическими работниками пожарной охраны для высотных зданий. Однако, при значительном количестве описаний конструкций и общих характеристик ТСЭ в литературе крайне мало попыток обобщения этих сведений и создания комплексного подхода к использованию ТСЭ в высотных зданиях.

Постановка задачи. Для успешной эвакуации людей в экстремальных условиях из высотных зданий при недоступности основных эвакуационных путей необходимо определить типовые наборы и необходимое количество ТСЭ в зависимости от их характеристик и особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений высотных зданий.

Основное условие спасения людей с помощью ТСЭ описано в работе [3]:

$$[\tau_{эв} = f(y_1, y_2, y_3, \dots, y_i)] \leq [\tau_{ф} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i)] \quad (1)$$

где $\tau_{эв}$ – фактическое время, необходимое для эвакуации людей из здания в безопасное место с помощью ТСЭ;

$\tau_{ф}$ – время безопасного функционирования ТСЭ.

y_i, x_i – факторы, влияющие на продолжительность эвакуации людей и безопасную эксплуатацию ТСЭ, соответственно.

Фактическое время эвакуации одного человека с помощью индивидуального ТСЭ можно представить в виде суммы:

$$\tau_{эв} = (t_{сооб} + t_{п/вых} + t_{реш} + t_{п/тсэ}) + (t_{р/пол} + t_{тсэ}) = \Sigma t_{ноиск1} + \Sigma t_{исн1} , \quad (2)$$

где $t_{сооб}$ - время от начала пожара до получения сообщения (информации) человеком об опасности;

$t_{п/вых}$ - время, затраченное на поиск выходов с этажа (из помещения);

$t_{реш}$ - время, необходимое для принятия решения об использовании ТСЭ (анализ информации, оценка ситуации, выбор варианта действий);

$t_{п/тсэ}$ - время, необходимое на поиск ТСЭ;

$t_{р/пол}$ - время приведения ТСЭ в рабочее положение, включая загрузку людьми коллективных ТСЭ дискретного действия;

$t_{тсэ}$ - время эвакуации с помощью ТСЭ (транспортирование человека в безопасное место);

Каждое из перечисленных выше слагаемых зависит от большого числа факторов. Перечисление этих факторов и учет их влияния могут быть предметом дополнительных исследований, постоянно дополняться и уточняться.

Для определения фактического времени эвакуации всех людей с этажа с помощью индивидуальных одноступенчатых ТСЭ однократного применения (например, веревочных устройств или парашютов) при условии их достаточности необходимо применить коэффициент очередности ($k_{оч}$), который в данном случае будет зависеть от количества людей на этаже (n), суммы ширины свободных для эвакуации внешних проемов ($l_{своб}$) и эффективной ширины используемого ТСЭ ($l_{эф}$). Формула при этом будет иметь вид:

$$\tau_{эв} = \Sigma t_{ноиск1} + \Sigma t_{исн1} \cdot k_{оч} = \Sigma t_{ноиск1} + \Sigma t_{исн1} \cdot \frac{n \cdot l_{эф}}{l_{своб}} , \quad (3)$$

Для определения фактического времени эвакуации всех людей с этажа с помощью индивидуальных однотипных ТСЭ многократного применения (например, веревочных устройств) формула запишется в следующем виде:

$$\tau_{эв} = \sum t_{поиск1} + \sum t_{исн1} \cdot k_{оч} + k_{оч} \cdot t_{повт} = \sum t_{поиск1} + \sum t_{исн1} \cdot \frac{n}{N_m} + (t_{повт} \cdot \frac{n}{N_m} - 1), \quad (4)$$

где $t_{повт}$ - время повторного приведения ТСЭ в рабочее положение (определяется в зависимости от вида средства).

N_T - количество задействованных ТСЭ.

Для определения фактического времени эвакуации всех людей с этажа с помощью коллективных однотипных ТСЭ дискретного действия многократного применения (например, навесного лифта) формула будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \tau_{эв} &= \sum t_{поиск1} \cdot k_{кол} + \sum t_{исн1} \cdot k_{оч} + t_{повт} \cdot k_{оч} = \\ &= \sum t_{поиск1} \cdot k_{кол} + \sum t_{исн1} \cdot \frac{n}{n_{мсэ} \cdot N_m} + (t_{повт} \cdot \frac{n}{n_{мсэ} \cdot N_m} - 1), \quad (5) \end{aligned}$$

где $n_{ТСЭ}$ - вместимость дискретного ТСЭ;

$k_{кол}$ - коэффициент коллективности, учитывающий групповое перемещение людей к ТСЭ

Для определения фактического времени эвакуации всех людей с этажа с помощью коллективных однотипных ТСЭ непрерывного действия многократного применения (например, эластичного рукава) формула будет иметь вид:

$$\tau_{эв} = \sum t_{поиск1} \cdot k_{кол} + \sum t_{исн1} \cdot k_{оч} = \sum t_{поиск1} \cdot k_{кол} + \sum t_{исн1} \cdot \frac{n}{N_m}, \quad (6)$$

В формулах (2)-(6) специально никак не учитываются многие факторы, оказывающие влияние на фактическое время эвакуации в реальных условиях, например, проявления паники, давка при попытке воспользоваться ТСЭ и др. Также, здесь не рассматриваются случаи эвакуации одновременно при помощи ТСЭ различных типов и с нескольких этажей.

Анализ группы факторов, от которых зависит продолжительность эвакуации людей (y_i), позволяет выделить несколько наиболее важных из них.

y_1 – факторы, характеризующие общее физическое и психологическое состояние, социальные и родственные связи людей, оказавшихся в опасной зоне. Они влияют на время принятия решения к действиям при пожаре ($t_{п/вых}$, $t_{реш}$).

y_2 – факторы, характеризующие свойства систем противопожарной защиты, установок пожаротушения, систем оповещения и дымоудаления (время срабатывания, качество работы установок), которые в значительной мере влияют на перемещения людей ($t_{сооб}$, $t_{п/вых}$, $t_{реш}$, $t_{п/тсэ}$, $t_{р/пол}$, $k_{кол}$).

y_3 – факторы, учитывающие использование ТСЭ в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных особенностей здания: этажности, размещения и устройства противопожарных отсеков и зон безопасности, количества и размещения людей на этажах, особенностей расположения несущих и ограждающих конструкций, внутренних и внешних проемов. Перечисленные факторы влияют на $t_{п/вых}$, $t_{п/тсэ}$, $t_{тсэ}$, $t_{повт}$.

y_4 – факторы, характеризующие осведомленность людей касательно порядка использования основных путей эвакуации и поведения с ТСЭ, влияющие на $t_{п/вых}$, $t_{реш}$, $t_{п/тсэ}$, $t_{р/пол}$, $k_{кол}$.

y_5 – факторы, характеризующие действия обслуживающего персонала, принимающего первоочередные меры для эвакуации людей, влияющие на $t_{п/вых}$, $t_{п/тсэ}$, $t_{р/пол}$, $k_{кол}$.

Также, возможно существование и других факторов, от которых будет зависеть время эвакуации людей с верхних этажей высотного здания. Влияние этих факторов различно само по себе, а также для зданий разного типа и обусловлено множеством причин. Для выявления наиболее значимых факторов можно попробовать оценить связанные с ними риски.

Под понятием риск понимают количественную характеристику возможности реализации конкретной опасности (или ее последствий), измеряемой в соответствующих единицах [4]. В общем виде формула для вычисления риска (R) выглядит:

$$R = P \cdot U \quad , \quad (7)$$

где P – вероятность наступления деструктивного события;

U – математическое ожидание ущерба от события.

Из перечисленных выше групп факторов можно выделить некоторые для определения количественной оценки рисков:

- возникновение из-за стресса неадекватного поведения у человека;
- получение травм человеком от опасных факторов пожара;
- ошибки в действиях обслуживающего персонала;
- неумелое использование основных путей эвакуации при поиске ТСЭ;
- несрабатывание систем противопожарной защиты (полное, частичное, ошибочное, неэффективное).
- неспособность обнаружения и приведения в рабочее положение ТСЭ;
- психологическая неспособность воспользоваться ТСЭ;
- отказ работы ТСЭ (полный, частичный).

Для прогноза индивидуального риска (вероятность гибели человека в течение года от определенных причин (или их совокупности) в определенной точке пространства) используется формула, приведенная в работе [5]:

$$R_u(x, y) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} P_{Q(x,y)} F(A_m) \quad , \quad (8)$$

где $P_{Q(x,y)}$ – вероятность воздействия на человека в точке с координатами (x, y) Q -го поражающего фактора с интенсивностью, соответствующей гибели (поражению) человека при условии реализации A_m -го события (аварии, пожара, стихийного или иного бедствия);

$F(A_m)$ - частота возникновения A_m -го события в год;

M – множество индексов, которое соответствует рассматриваемым событиям;

L - множество индексов, которые соответствуют перечню всех поражающих факторов, возникающих при рассматриваемых событиях.

Значение индивидуального пожарного риска, учитывая условия рассматриваемой ситуации, примет вид:

$$R_u = Q_{пр.л} \cdot Q_{офп} = Q_{пр.л} \cdot (1 - P_{э.л}) \cdot (1 - P_{ппз}) \quad , \quad (9)$$

где, $Q_{пр.л}$ – вероятность присутствия людей;

$Q_{офп}$ – вероятность воздействия опасных факторов пожара;

$P_{э.л}$ – вероятность успешной эвакуации людей;

$P_{ппз}$ – вероятность эффективной работы противопожарных систем защиты. Под эффективной работой противопожарных систем защиты подразумевается эффективность работы автоматической пожарной сигнализации ($T_{пс}$), систем

оповещения ($T_{оп}$), установок пожаротушения ($T_{пт}$), вентиляции и дымоудаления ($T_{вд}$) а также технических средств эвакуации ($T_{тсэ}$).

При невозможности использования основных путей эвакуации второй множитель не учитывается и формула примет вид:

$$R_u = Q_{пр.л} \cdot (1 - P_{пнз}) \quad . \quad (10)$$

Риски можно оценивать статистическими или вероятностными методами, но не исключено, что в ряде случаев потребуются и иные методы. Выявление и количественная оценка различных рисков дают основания для управления рисками, т.е. для разработки и реализации комплекса мероприятий, позволяющих снизить значение рисков до приемлемого уровня.

Выводы. Предложены формулы расчета фактического времени эвакуации людей с произвольного верхнего этажа высотного здания с помощью одноступенчатых ТСЭ. Расчет фактического времени эвакуации для разных ТСЭ по предложенным формулам (2)-(6) требует уточнения не только составляющих слагаемых времени, но и учета весомости этих слагаемых, которые предлагается оценивать по величине соответствующих им рисков.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кашевник Б.Л. Условия для возможности использования на зданиях аварийно-спасательного снаряжения. Проблемы и решения.// Пожаровзрывобезопасность. 2005 №5, С. 37-39.
2. 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.
3. Васильченко О.В., Стець М.М. Визначення основної вимоги застосування технічних засобів евакуації людей з висотних будинків.// Зб. наук. праць "Проблеми пожежної безпеки". Вип.18. - Харків: АЦЗУ, 2005.- С. 23-26.
4. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 57 с.
5. Шахраманьян М.А., Ларионов В.И., Нигметов Г.М. и др. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Безопасность жизнедеятельности. 2001. №12. С. 8-14.