

*О.М. Соболев, докт. техн. наук, нач. каф., НУЦЗУ,
А.Г. Коссе, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗУ,
В.В. Комяк, ад'юнкт, НУЦЗУ*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ЗАСОБІВ І ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ З БУДИНКІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ

В роботі проведено огляд існуючих технічних засобів евакуації та здійснено загальну постановку задачі оптимізації вибору засобів і шляхів евакуації з будинків підвищеної поверховості під час пожеж. Досліджено особливості даної задачі.

Ключові слова: засоби евакуації, шляхи евакуації, будинки підвищеної поверховості.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку суспільства характеризується прогресуючою урбанізацією, що призводить до концентрації бізнес-центрів, супермаркетів, престижних готелів, житлових будинків і культурних центрів на обмеженій міській території. Вартість одиниці площі цієї території постійно зростає, що призводить до необхідності будівництва будівель підвищеної поверховості, в яких, у більшості випадків, комплексно розміщуються бізнес-центри, супермаркети зі складами продукції, житлові приміщення і стоянки автомобілів. Разом з тим, будинки підвищеної поверховості характеризуються насиченістю вертикальними комунікаціями і енергетичним обладнанням, наявністю великої кількості горючих матеріалів у вигляді конструкцій, оздоблення, меблів, що збільшує ризик виникнення пожеж. Слід зазначити, що пожежі у будівлях підвищеної поверховості відрізняються своєю складністю та супроводжуються, як правило, масовою загибеллю людей. Таким чином, існує актуальна науково-прикладна проблема забезпечення безпеки людей у будинках підвищеної поверховості у випадку виникнення пожежі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно п. 6.24 СНіП 21-01-97, у випадку пожежі для евакуації людей повинні бути використані сходові клітки, а не ліфти. Але при цьому існуючі норми передбачають однакову кількість сходових кліток як для двоповерхових, так і для 102-поверхових будинків. У цьому випадку, при евакуації з будинку підвищеної поверховості потік людей досягає щільності 7-8 чол./м² і більше, що може призвести до летальних випадків. Існують приклади використання ліфтів частиною людей для евакуації до

тих пір, поки вони функціонують [1]. Так, використовуючи ліфти при евакуації з будинків Всесвітнього торгового центру в Нью-Йорку 11 вересня 2001 р., вдалося врятуватися більше ніж 3000 чоловік.

У роботах [2,3] для евакуації населення з будинків підвищеної поверховості пропонується додатково використовувати вертольоти, рятувальні мотузки та механічні пристрої, що створені на основі альпіністського спорядження, рукави, навісні ліфти, парашути. При використанні вертольотів передбачаються, в основному, два варіанти виходу людей на рятувальні площадки, які розміщують на даху, або люди евакуюються з балконів і вікон за допомогою підвісної кабінки, що спускається з вертольота. Використання рятувальних мотузок і механічних пристроїв, створених на основі альпіністського спорядження, як правило, вимагає спеціальної підготовки. Використання рукавів і навісних ліфтів при розвитку надзвичайної ситуації (пожежі) може призвести до того, що люди потраплять під дію високих температур, шкідливих газів і т.д.

У роботі [2] пропонується також використовувати рятувальні вежі, що являють собою спорудження, які будуються поруч із будинками підвищеної поверховості на всю їхню висоту. Рятувальна вежа має власний фундамент, границі вогнестійкості стін і перекриттів, що відповідають REI 150, MO і REI 60, MO. Навколо осі спіралеподібно будується трубопровід-серпантин діаметром 1000 мм і кутом нахилу по горизонталі 30-35 градусів. Вихід у рятувальну вежу передбачається також з кожного поверху. У роботі [4] показано, що при проектуванні будинків підвищеної поверховості необхідно влаштовувати на кожному поверсі протипожежні зони безпеки як єдиний транспортно-комунікаційний вузол, вхід у який здійснюється через тамбуршлюз першого типу з підпором повітря в ньому. До складу такої зони повинні входити незадимлювальна сходові клітка, ліфтовий хол, ліфтова установка, евакуаційний перехід у сусідній будинок, якщо він є. Таке рішення дозволить здійснити евакуацію людей з будь-якої частини будинку підвищеної поверховості.

Державні будівельні норми ДБН В 2.2-24:2009 «Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків» регламентують вимоги, в тому числі протипожежні, до об'ємнопланувальних, конструктивних і інженерних рішень, які повинні закладатися при проектуванні будівель підвищеної поверховості [5].

Норми поширюються на проектування нових житлових і громадських будинків з умовною висотою від 73,5 м до 100 м включно. Проектування громадських будинків з умовною висотою більше 100 м дозволяється виконувати згідно з індивідуальними технічними вимогами, які затверджує Мінрегіонбуд України, оскільки дані об'єкти розглядаються як об'єкти експериментального будівництва.

Об'ємно-планувальні рішення норм [5] включають: розділення

будівлі по вертикалі і горизонталі протипожежними перешкодами на протипожежні відсіки; обмеження висоти розташування приміщень з масовим перебуванням людей, а також виділення вказаних приміщень протипожежними перешкодами; відокремлення між собою протипожежними перешкодами приміщень різного призначення.

Нормами регламентується необхідність проводити розрахунки відповідності рівня пожежної безпеки людей вимогам ГОСТ 12.1.004, і проектувати варіанти систем управління евакуацією.

Таким чином, враховуючи вищевикладене, однією із задач, що сприятиме розв'язанню проблеми забезпечення безпеки людей у будинках підвищеної поверховості у випадку виникнення пожежі, є задача оптимізації вибору засобів та шляхів евакуації людей з будинків підвищеної поверховості.

Постановка задачі та її розв'язання. В даній роботі необхідно розглянути загальну постановку задачі оптимізації вибору засобів та шляхів евакуації людей з будинків підвищеної поверховості.

Нехай кількість засобів евакуації нараховує n видів (типів). Розглянемо будинок підвищеної поверховості у вигляді прямокутного паралелепіпеда S_0 . У даному будинку кількість людей на всіх поверхах, а також у приміщеннях одного поверху є різною. Інакше кажучи, область S_0 є неоднорідною з точки зору розглянутої характеристики.

До розміщення перерахованих вище засобів евакуації висувається низка обмежень, які для кожного із засобів визначають область припустимих розміщень D_k , $k = 1, 2, \dots, n$. Області припустимих розміщень можуть бути як неперервними, так і дискретними. Нехай кількість засобів евакуації k -того типу дорівнює n_k , при цьому їх параметри розміщення повинні бути обрані з відповідних областей припустимих розміщень $(x_{i_k}, y_{i_k}, z_{i_k}) \in D_k$, $i_k = 1, 2, \dots, n_k$, $k = 1, \dots, n$, $N = \sum_{k=1}^n n_k$. Для

кожного з N засобів необхідно визначити шлях евакуації L_{i_k} , виходячи із властивостей засобу евакуації, можливих небезпечних факторів пожеж на шляху евакуації.

Таким чином, загальна постановка задачі оптимізації вибору засобів та шляхів евакуації людей з будинків підвищеної поверховості має наступний вигляд:

$$\min_{W_1} N, \quad (1)$$

де W_1 :

$$\left(x_{i_k}, y_{i_k}, z_{i_k}\right) \in D_k, i_k = 1, 2, \dots, n_k, k = 1, \dots, n, N = \sum_{k=1}^n n_k ; (2)$$

$$S_i \cap D_k \neq \emptyset, i = 1, 2, \dots, N ; (3)$$

$$S_i \cup S_j = S_0, i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, N ; (4)$$

$$S_i \cap S_j = \emptyset ; (5)$$

$$\left(R^3 \setminus S_0\right) \cap S_i = \emptyset ; (6)$$

$$t_i(L_i) \leq t^* . (7)$$

Таким чином, необхідно розбити неоднорідну область S_0 (будинок) на мінімальну кількість N підобластей $S_i, i = 1, 2, \dots, N$, що являють собою області обслуговування i -ми евакуаційними засобами, з урахуванням обмежень на: належність евакуаційних засобів областям припустимих розміщень D_k (2); наявність елементів областей припустимих розміщень D_k у підобластях S_i (3); розбиття всієї неоднорідної області S_0 (4); взаємний неперетин підобластей S_i та S_j (5); належність підобластей S_i області S_0 (6); неперевикнення часу досягнення i -го засобу евакуації $t_i(L_i)$ заданого часу t^* (7).

Особливістю задачі (1)÷(7) є те, що під час виникнення пожежі необхідно визначити оптимальні шляхи евакуації $L_i, i = 1, 2, \dots, N$, з урахуванням часу досягнення критичної температури t_k , часу досягнення втрати видимості t_v , часу досягнення критичної концентрації кисню t_o , часу досягнення граничної концентрації токсичних продуктів горіння t_b .

Таким чином, виникає наступна оптимізаційна задача:

$$\min_{W_2} t_i(t_k(L_i), t_v(L_i), t_o(L_i), t_b(L_i)), i = 1, 2, \dots, N, (8)$$

де W_2 являє собою систему обмежень (2)÷(6).

Висновки. В даній роботі здійснено постановку задачі оптимізації вибору засобів та шляхів евакуації людей з будинків підвищеної поверховості. Формалізація обмежень даної задачі дозволить в подальшому розробити математичну модель та метод визначення раціональної кількості та місць розташування засобів евакуації, а також визначити оптимальні шляхи евакуації у випадку виникнення пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Холщевников В.В. К вопросу безопасности использования лифтов при эвакуации из высотных зданий / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. - М., 2006. - Т. 15, №5. - С.45-47.

2. Бут В.А. Рятувальні вежі висотних будівель / В.А. Бут, І.Б. Федюк // Запобігти, врятувати, допомогти. Матеріали XIV науково-технічної конференції курсантів та студентів. - Харків: НУЦЗУ, 2010. - С.33-35.

3. Кашевник Б.Л. Проблемы спасения людей при чрезвычайных ситуациях в многоэтажных зданиях / Б.Л. Кашевник // Пожаровзрывобезопасность. - М., 2003. - №2. - С.34-38.

4. Ройтман В.М. Нормирование защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях / В.М. Ройтман // Пожаровзрывобезопасность. - М., 2007. - Т.10, №2. - С.6-11.

5. ДБН В 2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
nuczu.edu.ua

А.Н. Соболев, А.Г. Коссе, В.В. Комяк

Постановка задачи оптимизации выбора средств и путей эвакуации из зданий повышенной этажности при пожарах

В работе приведен обзор существующих технических средств эвакуации и предложена общая постановка задачи оптимизации выбора средств и путей эвакуации из зданий повышенной этажности при пожарах. Исследованы особенности данной задачи.

Ключевые слова: средства эвакуации, пути эвакуации, здания повышенной этажности.

O.M. Sobol, A.G. Kosse, V.V. Komyak

A problem statement the optimization of choice devices and ways of evacuation from high-rise buildings in case of fire

In this work the review of technical devices of evacuation is given. A general problem statement the optimization of choice devices and ways of evacuation from high-rise buildings in case of fire is proposed. Features of the problem are investigated.

Key words: devices of evacuation, ways of evacuation, high-rise buildings.