

4. Доукомплектувати протипожежним обладнанням лісництва, в першу чергу, спеціальними автомобілями, обладнанням та захисним одягом з урахуванням не лише кількостей людей, які залучаються до гасіння пожеж, а і площ територій, на яких розташовані лісництва та особливостей цих лісництв, що впливають на пожежну безпеку.

5. Перейти до поетапного створення лісових пожежних станцій [4] на території парку.

6. При проведенні профілактичних заходів враховувати особливості поширення пожежі в гірській місцевості та класи пожежної небезпеки.

#### **Висновки:**

1. Забезпечення пожежної безпеки лісів заповідних територій Карпат здійснюється, в основному, силами лісових господарств, діяльність останніх може бути удосконалена запропонованими вище заходами.

2. Розглянута методика аналізу пожежної безпеки КНПП може бути застосована і для інших заповідників та природних парків.

3. Особлива увага питанням підвищення пожежної безпеки повинна приділятися з урахуванням пори року, часу доби та розташування місць масового відпочинку населення.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. *Правила пожежної безпеки в лісах України (Наказ Держкомлісгоспу України від 27.12.2004 № 278).* – <http://zakon.rada.gov.ua>.

2. *Українські Карпати.* – <http://carpathians.org.ua>.

3. *Рекомендації Рослесхоза от 17 декабря 1997 г. по обнаружению и тушению лесных пожаров.* – <http://www.garant.ru>.

4. *Положення про лісові пожежні станції.* (Наказ Держкомлісгоспу України від 28.12.2004, № 526). – <http://zakon.rada.gov.ua>.

5. *Про методи гасіння лісових пожеж//Зб. наук. праць “Пожежна безпека”. – № 3, 2003. – С. 118-120.*

УДК 614.84

*А.Д.Кузик, к.ф.-м.н., доц., О.М.Трусевиц, к.ф.-м.н., доц., Т.Є.Рак, к.т.н.  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### **МЕТОДИ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

Розглядаються підходи до вирішення задачі визначення оптимального місця розташування пожежно-рятувальних підрозділів. Запропоновано методи вирішення цієї задачі з врахуванням мережі доріг та рівнів небезпеки об'єктів (територій).

При розгляді проблем, пов'язаних із розміщенням оперативно-рятувальних сил та засобів (пожежно-рятувальних частин, окремих постів, мобільних підрозділів, лісових пожежних станцій тощо) відповідно до району обслуговування виникає потреба у раціональному виборі місця їх розташування. Така задача виникає у випадках створення нових пожежно-рятувальних частин [7], зміни адміністративних меж районів, об'єднання районів тощо.

Основним критерієм при розв'язуванні задачі вибору місця розташування пожежно-рятувальної частини є час прибуття підрозділу до місця виникнення надзвичайної ситуації

(НС) в межах району обслуговування з метою зменшення її масштабів, людських жертв та матеріальних збитків.

Задачі раціонального розміщення можуть бути умовно поділені на дві основні групи.

Перша – це вдосконалення розкладу виїзду оперативно-рятувальних підрозділів на основі вже існуючого їх розміщення. В [1, 3 - 6] описані алгоритми оптимізації часу прибуття до місця НС для вирішення цієї групи задач. Зокрема, в [5] пропонується мінімізувати час прибуття шляхом визначення оптимального району виїзду. Район виїзду визначається шляхом обчислення середнього радіуса виїзду підрозділів на НС. Цю величину пропонується оцінювати через середнє квадратичне довжини шляху пройденого спеціальними автомобілями від місця їх дислокації до місць НС за період часу тривалістю один рік. При цьому враховуються виїзди в райони, закріплені за іншими підрозділами. Такий підхід має істотні недоліки, які зумовлені значною похибкою визначення величини середнього радіуса виїзду, і, крім того, величина середнього радіуса виїзду не завжди має прямо пропорційну залежність від часу слідування.

В [3, 4] запропоновано підхід, при якому територія міста на основі статистичних даних про кількість НС розбивається на небезпечні зони, після чого аналізується можливість застосування кожного підрозділу в кожній зоні. На основі цього аналізу для кожної зони вибираються підрозділи, які можуть прибути на виклик з найменшими затратами часу. Наприклад, в [3] територія міста розбивається на пожежні зони, причому, в загальному випадку кількість зон може не співпадати з кількістю пожежних частин. Результатом аналізу є матриця числових еквівалентів можливих додаткових витрат на висилання пожежних підрозділів від кожної пожежної частини на виклик до кожної пожежної зони. В конкретну зону першими висилаються підрозділи тієї пожежної частини, якій відповідає мінімальне число цих витрат. Даний підхід досить складний у практичній реалізації і є нечутливим щодо ситуації з пожежами, які можуть одночасно виникати, завантаженості вулиць міста та не враховує неоднорідність пожежних зон. Окрім того, в зв'язку з розширенням функцій оперативно-рятувальних підрозділів, необхідно модифікувати цей підхід.

В роботі [6] пропонується підхід, який полягає в оптимізації визначення границь району виїзду на основі наявної мережі доріг та з урахуванням параметрів, що впливають на швидкість руху, таких як завантаженість доріг, стан покриття, освітленість, погодні умови. Територія навколо кожної пожежної частини розбивається на вкладені зони, в кожену з яких підрозділи можуть прибути за час  $i\Delta t$ , де  $i$  – номер зони ( $1 \leq i \leq n$ ),  $\Delta t$  - прийнятий період дискретизації. Зони формуються динамічно у відповідності до зовнішніх умов, ситуації на дорогах тощо. У місці виникнення НС здійснюється аналіз зон суміжних пожежних частин, після чого виклик обслуговується підрозділами тієї частини, якій відповідає зона з меншим номером.

Такий підхід орієнтований на мінімізацію часу прибуття перших підрозділів на місце НС і не враховує неоднорідність пожежних зон та типи техніки, яка є в пожежних частинах.

Інша група задач – планування розміщення нових підрозділів на етапі проектування або реконструкції населених пунктів, об'єктів тощо. Це складні багатофакторні задачі [7], тому для спрощення їх розв'язання можуть бути використані такі основні підходи.

Перший – територія розбивається на райони виїзду підрозділів, кількість яких та місце розташування визначаються з урахуванням відповідних нормативів та економічних затрат. Такий підхід застосовувався у [7], проте, без урахувань ймовірності виникнення НС, рівнів безпеки (пожежної, вибухонебезпечної, техногенної тощо) та інших особливостей об'єктів, а також параметрів руху автомобілів.

Другий – вибір місця розташування підрозділів здійснюється з урахуванням мережі доріг та факторів, які впливають на рух спеціальних автомобілів. При цьому не враховуються рівні безпеки об'єктів (пожежної, вибухонебезпечної, техногенної тощо) та економічні затрати на створення пожежно-рятувальних частин.

Третій – територія району виїзду розбивається на зони за рівнями небезпеки, а місце розташування підрозділів визначається з урахуванням цих рівнів. При цьому не враховуються умови та фактори, які використовувалися в першому та другому підходах.

На нашу думку, найбільш доцільним є застосування другого та третього підходів, оскільки мінімізувати час прибуття та наслідки НС необхідно не лише для одного окремо взятого об'єкта, а для всіх об'єктів району обслуговування в сукупності. Розглянемо ці підходи детальніше.

Нехай район виїзду вже визначений як однозв'язна область  $G$ , яка містить об'єкти  $F_1, F_2, \dots, F_n$  з різними рівнями небезпеки (рис. 1).

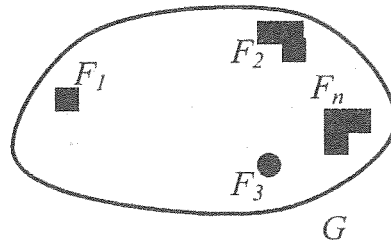


Рис. 1.

Тоді знаходження місця розташування підрозділу, з якого можна прибути до точки виникнення НС, будемо шукати з умови мінімізації часу слідування  $t \rightarrow \min$  таким чином:

- на межі району  $\partial G$  вибираємо  $n$  точок  $A_1, \dots, A_n$ , кожна з яких розташована на однаковій віддалі, що вимірюється по межі  $\partial G$  від двох сусідніх (рис. 2);
- для часу слідування спеціального автомобіля  $t, t_0 \leq t$ , де  $t_0$  – мінімальний час слідування, будемо в області  $G$   $n$  підобластей  $U_j(t), 1 \leq j \leq n$ , які задають райони, до кожної точки з яких можна добратися за час, менший за  $t$ , з початком руху в відповідній точці  $A_j$ ;
- знаходимо мінімальне значення параметра  $t = t_{\min}$ , при якому область  $G$  буде повністю міститися в об'єднанні цих підобластей, тобто

$$\bigcup_j U_j(t) \supset G;$$

- за теоремою про скінченне покриття вибираємо з одержаного покриття  $U_j(t)$  замкнутої області  $\bar{G} = G \cup \partial G$  скінченне підпокриття  $U_{j_k}(t), 1 \leq k \leq m$ , для якого

$$U_0 = \bigcap_{k=1}^m U_{j_k}(t) \neq \emptyset;$$

- будь-яка точка  $M_0(x_0, y_0)$  з множини  $U_0$  може визначати місце розташування підрозділу, який прибуде до місця виникнення НС у межах району, визначеного областю  $G$  за час  $t_{\min}$ .

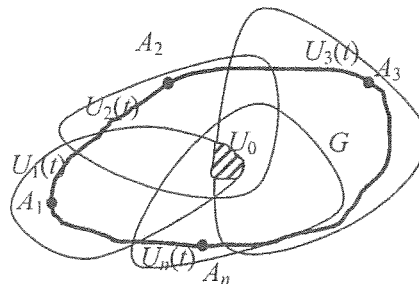


Рис. 2.

Проте цей алгоритм не враховує того, що територія  $G$  може охоплювати ділянки та об'єкти, які мають різні рівні небезпеки. Такі рівні можуть визначатись з урахуванням низки небезпечних факторів, серед яких найбільш істотними є: масове перебування людей, категорії приміщень та будівель, кількість та вид пожежо-, вибухонебезпечних речовин, стан будівель та споруд тощо. Відповідно, при реагуванні на НС необхідно враховувати ці рівні небезпеки. Описати рівні небезпеки об'єктів можна за допомогою інтегрованого показника небезпеки. Прикладом такого показника може бути номер виклику [8], який використовується для характеристики об'єкта пожежно-рятувальною службою.

Третій підхід до вирішення задачі знаходження місця розташування підрозділу пропонується для оптимізації часу прибуття підрозділів на місце виникнення НС з урахуванням рівнів небезпеки об'єктів. В цьому підході застосовуємо поняття показника небезпеки об'єкта (території)  $K_{об}$ . Враховуючи вказане вище, в ролі  $K_{об}$  можемо використати номер виклику. Тоді знаходження місця розташування підрозділу в межах району, визначеного областю  $G$ , буде здійснюватись за алгоритмом: для кожної точки  $M(x,y)$  області  $G$ , з урахуванням рівня небезпеки об'єкта, якому належить ця точка, визначаємо рівень питомої небезпеки  $k(x,y)$  за формулою

$$k(x,y) = \frac{K_{об}}{S_{об}}, \quad (1)$$

де  $K_{об}$  – рівень небезпеки об'єкта,  $S_{об}$  – його площа; за формулами [2]

$$x_0 = \frac{\iint_G xk(x,y)dxdy}{\iint_G k(x,y)dxdy}, \quad y_0 = \frac{\iint_G yk(x,y)dxdy}{\iint_G k(x,y)dxdy}, \quad (2)$$

знаходимо точку  $M_0(x_0,y_0)$ , яка буде «центром небезпеки» для області  $G$  і тому може бути використана для розташування підрозділу.

Вибір першого чи другого алгоритмів для розв'язання задачі розміщення підрозділу залежить від рівномірності розподілу рівнів небезпеки в межах району, визначеного областю  $G$ . На таку нерівномірність може вказувати, зокрема, ширина області значень функції  $k(x,y)$ , а також, відхилення точки  $M_0(x_0,y_0)$ , координати якої знайдені за формулами (2) від геометричного центра цього району, координати якого можна знайти за формулами:

$$x_c = \frac{\iint_G x dxdy}{\iint_G dxdy}, \quad y_c = \frac{\iint_G y dxdy}{\iint_G dxdy}, \quad (3)$$

**Висновок.** Проаналізувавши основні типи задач, пов'язаних з раціональним розміщенням підрозділів, та, врахувавши позитивні сторони і недоліки основних підходів до розв'язання цих задач, пропонуємо таке:

1. При виборі місця розташування підрозділу оперативно-рятувальної служби в межах заданого району з рівномірним розподілом рівнів небезпеки доцільно застосовувати алгоритм, у якому критерієм оптимальності є час слідування до місця НС.

2. Для районів з об'єктами, які мають різні рівні небезпеки, при виборі місця розташування підрозділу необхідно враховувати ці рівні, використовуючи алгоритм, який базується на знаходженні «центра небезпеки».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Г.К. Брушлинская, Н.Н. Брушлинский. Математика в пожаром деле. - М.: Науч. иссл. и ред.-издат. отдел. - В.1. - 1970. -27 с.

2. В.П.Дубовик, І.І.Юрик. Вища математика: Підручник. - К.: А.С.К. - 2001. - 648 с.
3. Белан С.В. Составление рационального расписания выезда пожарных автомобилей на пожар./ Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. труд. Выпуск 4. - Харьков: ХИПБ, 1998. - 236 с.
4. Мамон В.П. Розроблення методу визначення маршрутів прямування пожежних автомобілів до вогнищ пожеж: Автореферат дисертації. - Харків: ХІПБ МВС України, 1998 р.- 18 с.
5. Соболев Н.Н. Модель для оценки эффективности организации гарнизонной службы пожарной охраны в городе./ Пожарная безопасность - 95: Материалы XIII Всероссийской научно-практич. конференции.- М.: ВНИИПО МВД России, 1995. - 419 с
6. Рак Т.Є. Метод оптимізації часу прибуття пожежних автомобілів на місця викликів. // Вісник Національного університету „Львівська політехніка”. Комп’ютерна інженерія та інформаційні технології. - 2001. - № 433 - С.207-211.
7. Комяк В.М., Коссе А.Г., Говаленков С.В., Соболев О.М. Рациональное покрытие міста пожежними депо з круговими нормованими зонами захисту. // Зб. наук. праць. Пожежна безпека - 2001. - Львів: Сполом, 2001.- С.416-419.
8. Боевой устав пожарной охраны Украины. - МВД Украины, 1995 г.

УДК 666.944.017

Т.Б. Юзьків к.т.н., доцент, М.З. Лоза, к.т.н.

(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

## СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Стаття присвячена питанням розробки жаростійких композиційних в'язучих одержаних шляхом механо-хімічної активації у вібраційному млині портландцементу з мінеральними і хімічними добавками та закономірностям їх структуроутворення.

В багатьох галузях промисловості використовуються технологічні операції пов'язані з нагріванням, випалом і термообробкою матеріалів, виробів і конструкцій. При оцінці спеціалістів в Україні експлуатується близько 15 тис. промислових печей, біля 3 тис. різних теплових агрегатів, на які витрачається більше 3 млн. дорогих вогнетривів і 2 млн. людиноднів висококваліфікованої праці [1]. Тому важливим завданням промислового виробництва, що пов'язане з високотемпературними тепловими агрегатами, є економна витрата вогнетривів. Вирішенню даного завдання сприяє використання замість штучних вогнетривів жаростійких бетонів, що прискорює темпи будівництва теплових агрегатів в 3-4 рази.

Для одержання жаростійкого бетону використовують різні типи цементів, серед яких особливе місце займають алюмінатні. Вони широко використовуються завдяки високій міцності в початковий період тверднення, підвищеній хімічній стійкості, можливості їх поєднання з різними добавками для одержання спеціальних бетонів.

Однак, в останні роки у зв'язку із зменшенням ресурсів високосортних бокситів якість алюмінатного (глиноземистого) цементу знижується. Підвищений вміст кремнезему в більш низьких сортах бокситу приводить до утворення в цементі геленіту - гідратаційно інертного матеріалу, відповідно знижується міцність цементного каменю. Тому розробка фізико-механічних основ синтезу жаростійких композиційних матеріалів з використанням багатокомпонентних цементів, які відзначаються здатністю до формування структури