

*А.О. Панчишин, (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),  
І.М.Дідух (ГУ МНС України у Львівській області)*

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ЧАСТИН

На основі вивчення нормативних документів та досвіду зарубіжних держав розглянуто методи визначення необхідної кількості пожежно-рятувальних частин, їх раціонального розміщення та можливість застосування методів для умов Львова

В рамках розвитку проекту "Безпечне місто" поставлена актуальна задача на основі передового наукового досвіду визначити та обґрунтувати основні стратегічні напрями розвитку Львова. Це пов'язано з перетворенням Львова на сучасне європейське місто, здатне на високому рівні підготувати та провести змагання з футболу в рамках чемпіонату "Євро-2012". Одним із важливих завдань, які необхідно вирішити при цьому, є забезпечення належного рівня безпеки. Одним із факторів забезпечення цього рівня є діяльність пожежно-рятувальних підрозділів, які повинні запобігти виникненню надзвичайних ситуацій, а при виникненні – вчасно надати допомогу та ліквідувати їх наслідки. А це залежить, зокрема, від кількості пожежно-рятувальних частин, їх матеріально-технічного забезпечення та раціонального розміщення. Дослідженням методів вирішення цих питань присвячена ця робота.

В Україні порядок визначення кількості пожежних депо в населених пунктах регламентується вимогами ДБН 360-92 "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських населених пунктів" [1] та ДБН Б.2.4-3-95 "Генеральні плани сільськогосподарських підприємств" [2]. В розділі 6 "Установи і підприємства обслуговування" нормативного документу [1] наводяться дані, які рекомендовані для розрахунку кількості пожежних автоцистерн та автонасосів у залежності від кількості населення. Такі дані є середньостатистичними по Україні. Тому у кожному конкретному випадку окрім них слід враховувати демографічний прогноз, величину населеного пункту та його місце в системі розселення, соціального і виробничого потенціалів [1].

Для Львова, населення якого становить понад 753 тис., кількість пожежних автомобілів рекомендується згідно з [1] розраховувати за нормою: 1 автомобіль на 10 тис. населення. Таким чином, у Львові повинно налічуватися 76 пожежних автоцистерн та автонасосів. За цим же документом кількість спеціальних автомобілів для Львова повинна становити з урахуванням 50% резерву: автодрабин і колінчатих автопідйомників – 11-12, автомобілів газодимозахисної служби – 3, автомобілів зв'язку і освітлення – 2. Всього для Львова за цими вимогами повинно налічуватися 93 автомобілі. Така кількість зумовлює необхідність для їх розміщення відповідної кількості депо, яка розраховується з вимог, що радіус обслуговування пожежних депо не повинен перевищувати 3 км. На територіях сільських населених пунктів, які використовуються лише для проживання, згідно з [2] діє така ж норма розрахунку. Тому для території Львова разом з приєднаними населеними пунктами Винники, Брюховичі та Рудно загальною площею 17,1 тис. га можна використовувати однакову норму радіуса обслуговування – 3 км. Проте в [1], [2] не наведено методики здійснення розрахунку кількості пожежних депо. За підрахунками ГУМНСУ у Львівській області з використанням цієї норми кількість депо у Львові повинна бути доведена до 14. Зараз у Львові є 7 пожежно-рятувальних частин, що означає, що їх кількість необхідно подвоїти, а це потребує значних затрат. Тому з метою ефективного розв'язання задачі визначення необхідної кількості пожежних депо для Львова проведено незалежний аналіз досвіду інших держав, зокрема, Росії, США та Китаю з питань розв'язання цієї задачі.

У Росії, пожежно-рятувальна служба якої містить на озброєнні техніку з близькими до українських технічними характеристиками, для визначення кількості депо використовує нормативний документ НПБ 101-95 "Объекты пожарной охраны. Нормы проектирования объектов пожарной охраны" [3], у якому в додатку 7, який є обов'язковим до виконання, для визначення кількості депо наведено таблицю, у якій одночасно враховується площа території населеного пункту і кількість населення. За цією таблицею для Львова необхідно 17 пожежних депо (2 по 9, 6 по 8 та 9 по 6 автомобілів) та 116 автомобілів. На відміну від [1] – [2], російський нормативний документ [3] дає можливість безпосередньо визначити кількість депо та автомобілів. Проте з документа невідомо принцип визначення цієї кількості. Також, як в [1] – [2], так і в [3] явно не враховуються такі параметри діяльності пожежно-рятувальної служби як час слідування до місця пожежі, середня швидкість, саме які впливають на ефективність діяльності підрозділів. Не враховують перелічені документи і особливостей географічного розташування міста, рельєфу місцевості, характеристик вуличного руху та стану доріг, наявності небезпечних об'єктів та об'єктів з масовим перебуванням людей, розміщених на території населеного пункту.

Російським вченим М.Брушлінським проведено низку досліджень цієї проблеми та одержано формулу для визначення необхідної кількості пожежних депо з урахуванням деяких із зазначених вище параметрів діяльності пожежно-рятувальної служби [4]. Методика М.Брушлінського знайшла відображення у багатьох роботах та застосована для багатьох міст світу (наприклад, [7]). Згідно з методикою М.Брушлінського, територію міста розбивають на зони обслуговування, які мають форму правильних шестикутників і найбільш близькі за площею та формою до описаних кругів. Правильні шестикутники однакового розміру, не накладаючись, повністю покривають територію населеного пункту. Площа правильного шестикутника становить

$$S_6 = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2, \quad (1)$$

де  $R$  – радіус описаного кола (сторона шестикутника). Кількість пожежних депо визначається із співвідношення

$$N = \frac{S}{S_{\text{обсл}}}, \quad (2)$$

де  $S_{\text{обсл}}$  – площа, яку обслуговує одне депо. У випадку розбиття на правильні шестикутники  $S_{\text{обсл}} = S_6$ . Тоді з (1) та (2) одержуємо радіус зони обслуговування

$$R = \sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}}} \sqrt{\frac{S}{N}} \quad (3)$$

як радіус описаного кола. Цей радіус М.Брушлінським пропонується обчислювати за формулою

$$R = \frac{v_{\text{сл}} \tau_{\text{сл}}}{K_H}, \quad (4)$$

де  $\tau_{\text{сл}}$  – середній час слідування до місця пожежі,  $v_{\text{сл}}$  – середня швидкість слідування,  $K_H=1,4$  – коефіцієнт непрямолінійності вулиць, який вводиться з причини, що рух здійснюється не по прямій. З урахуванням того, що в кожен момент часу можуть бути зайнятими виконанням гасіння пожежі  $\lambda \bar{\tau}$  частин, де  $\lambda$  – середня кількість викликів за одиницю часу і  $\bar{\tau}$  – середній час ліквідації пожежі, з (3) та (4) одержуємо формулу

$$N = \frac{K_H^2 \frac{2}{3\sqrt{3}} S}{v_{\text{сл}}^2 \tau_{\text{сл}}^2} + \lambda \bar{\tau}. \quad (5)$$

У формулі (5) можемо знехтувати доданком  $\lambda \bar{\tau}$ , оскільки він у більшості випадків [7] набагато менший від одиниці.

Оскільки при обчисленні кількості депо  $N$  згідно з вимогами українських нормативних документів [1], [2] слід керуватися тим, що радіус обслуговування не повинен перевищувати 3 км, врахуємо це, децю видозмінивши формулу (5). Оскільки радіус обслуговування згідно з [1] обчислюється по дорогах загального користування, то у (5) замість добутку  $v_{сл} \tau_{сл}$ , множники якого можуть одержуватися статистичними методами, візьмемо значення радіуса зони обслуговування  $r = 3$  км. З урахуванням цього та знехтувавши доданком  $\lambda \bar{\tau}$ , одержуємо таку формулу

$$N = \frac{K_H^2 \frac{2}{3\sqrt{3}} S}{r^2}. \quad (6)$$

Підставивши у (6) площу Львова, одержимо

$$N = \frac{1,4^2 \cdot \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot 171}{3^2} = 14,33.$$

Таким чином, для Львова за методикою М.Брушлінського потрібно 15 депо. Це число близьке до одержаного згідно з [3] – 17 та свідчить про необхідність, щонайменше, подвоєння кількості пожежно-рятувальних частин у місті.

У США для регламентації діяльності пожежно-рятувальних підрозділів діє вимога Національної асоціації протипожежного захисту, згідно з якою для визначення кількості пожежних станцій слід застосовувати стандарт часу реагування [5]. Тому за основу розрахунків кількостей пожежних станцій у населених пунктах цієї країни використовують умову, що час слідування не повинен перевищувати заданого – 8 хвилин. Для встановлення забезпечення дотримання часових нормативів в умовах конкретного міста та розташування пожежних станцій використовується метод, який базується на теорії графів. За цим методом навколо пожежних станцій будують зони, межі яких містять точки, до яких можна добратися з місця розташування за нормативний час. Якщо ці зони, перекриваючись, покривають територію міста, то місто захищене, якщо ні, то слід будувати нові пожежні станції. Побудова зони здійснюється на основі методу пошуку найкоротшого за часом шляху на графі, в ролі ребер та вершин якого виступають вулиці та перехрестя. Початковою вершиною вибирається пожежна станція. Кінцевими точками стають точки на вулицях, до яких можна добратися з початкової вершини найкоротшим шляхом за час 8 хв. Після послідовного з'єднання всіх кінцевих точок одержується зона, в кожному точку якої можна добратися за час, який не перевищує нормативного. Такий метод реалізований у місті Беллінгемі, у якому внаслідок розбудови території виникла необхідність спорудження нових пожежних станцій [5]. Вихідними даними цього методу є інформація про розташування пожежних станцій та про дороги, з вказуванням максимальної швидкості руху по них. При цьому взяті до уваги як існуючі станції, так і такі, що плануються будувати. При застосуванні цього методу з метою моделювання часу слідування, максимально наближеного до реального, використано дані про обмеження швидкості руху на кожній з вулиць міста. Крім того, якщо на шляху слідування здійснюється поворот та проїзд на знак "STOP", тоді величина швидкості зменшується на 5 миль/год. Такий підхід забезпечує визначення необхідних довжин ребер графа, в ролі яких використовується час проїзду, який визначається зі значень максимальної швидкості на даній вулиці та її довжини. У [5] не вказано, за яким саме методом теорії графів здійснюється визначення найкоротшого шляху. Але таким методом може використовуватися, наприклад метод Дейкстри [8].

Реалізація методу в умовах Беллінгему здійснена з використанням програмного забезпечення Arc View з модулем Network Analyst. Результати моделювання експортовано у kml-файл системи Google Earth [8], у якій можна спостерігати одержані зони покриття.

Аналогічний підхід описано в [6] і рекомендовано для застосування у Китаї. За основу взято, практично, такий же метод і таке ж програмне забезпечення як у Беллінгемі.

Для реалізації такого методу для Львова необхідно мати електронну карту в системі Arc View з шаром вулиць і з даними про швидкість руху на кожній з них та нанесеними пожежно-рятувальними частинами. Після цього дані потрібно проаналізувати за допомогою модуля Network Analyst, згенерувавши зони обслуговування кожної частини. При цьому замість нормативного часу на сьогоднішній день більш доцільно використати діючу в Україні вимогу щодо радіуса обслуговування 3 км. Нанесення на карту майбутніх пожежних депо повинно здійснюватися згідно з Генеральним планом. Якщо місто не покривається повністю, слід шукати інші місця розташування пожежно-рятувальних частин. У цьому випадку також можна створювати окремі пости [2].

При розташуванні пожежно-рятувальних частин також доцільним є врахування оцінки рівня небезпеки окремих об'єктів та територій в цілому, оскільки окремі частини території, наприклад, парки, пустирі, озера та інші типи ландшафту становлять загрозу значно меншу, ніж небезпечні об'єкти та об'єкти з масовим перебуванням людей.

Зауважимо, що розглянуті методи розраховувалися в більшості на діяльність пожежно-рятувальних частин щодо гасіння пожеж. На теперішній час пожежно-рятувальні частини здійснюють виїзди на ліквідацію надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що має певні особливості та вимагає уточнення методів визначення кількості пожежно-рятувальних частин. А це потребує проведення окремих теоретичних та статистичних досліджень. Не зважаючи на наявність багатьох робіт, не до кінця вирішеною є задача визначення найкоротшого шляху слідування підрозділу з пожежно-рятувальної частини до місця виникнення надзвичайної ситуації, яка залежить від багатьох факторів, які впливають на рух.

#### **Висновки.**

1. Обчислення необхідної кількості пожежно-рятувальних частин для Львова можна здійснювати на основі методики М.Брушлінського, адаптованої до вимог національних нормативних документів.
2. Для визначення зон обслуговування пожежно-рятувальних частин Львова як додаток до методу М.Брушлінського доцільно застосувати методи теорії графів з урахуванням вимог українських нормативних документів.
3. З метою визначення відповідності рівня вимог національних нормативних документів щодо радіуса обслуговування сучасним світовим стандартам, які орієнтовані на нормативний час необхідно провести додаткові дослідження в умовах Львова.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. ДБН 360-92 "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських населених пунктів".
2. ДБН Б.2.4-3-95 "Генеральні плани сільськогосподарських підприємств".
3. НПБ 101-95 "Объекты пожарной охраны. Нормы проектирования объектов пожарной охраны".
4. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. – М., 1998.
5. Bellingham Fire Department Travel Time modeling. - [http://deptweb.wvu.edu/huxley/huxweb/gis/EGEO452/06\\_projects/BFD\\_Travel\\_Time\\_Modeling/EGEO\\_452.htm](http://deptweb.wvu.edu/huxley/huxweb/gis/EGEO452/06_projects/BFD_Travel_Time_Modeling/EGEO_452.htm)
6. Yu Yan, Guo Qingsheng, Tang Xinming. Gradual optimization of urban fire station locations based on geographical network model. – <http://isprs-wgii-1.casm.ac.cn/source/GRADUAL%20OPTIMIZATION%20OF%20URBAN%20FIRE%20STATION%20LOCATIONS%20BASED%20ON%20GEOGRAPHICAL%20NETWORK%20MODEL.pdf>

7. До Нок Кан. Обоснование числа пожарных депо для крупнейших городов Вьетнама // *Материалы 13 международной научно-технической конференции "Системы безопасности-2004"* 28-29.10.2004. – М.: Академия ГПС России, 2004. – С. 54-56.
8. А.В.Лежнёв. *Динамическое программирование в экономических задачах.* – М.: Бином, 2006. – 176 с.

УДК 548.736:546.561:614.84

*Н.М.Годованець, Ю.В.Межерлицька, Б.М.Михалічко, д.х.н., проф., О.М.Щербина, к.фарм.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Ю.І.Сливка (Львівський національний університет імені Івана Франка)*

### ПОШУК ІНГІБІТОРІВ ГОРІННЯ ОРГАНІЧНИХ АМІНІВ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНИХ СПОЛУК $\text{Cu(I)}$ : СИНТЕЗ ТА КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{NH}_2\text{C}_5\text{H}_4\text{N})]$

З метою пошуку ефективних інгібіторів горіння органічних амінів вивчено процес комплексоутворення амінопохідних піридину з купрум(I) галогенідами і одержано кристалічний комплекс купрум(I) хлориду з 2-амінопіридином (2-амп) складу  $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{NH}_2\text{C}_5\text{H}_4\text{N})]$ , який синтезовано зміннострумним електрохімічним методом. Комплекс  $[\text{Cu}_2\text{Cl}_2(2\text{-амп})]$  кристалізується в просторовій групі  $P2_1/a$  з такими параметри моноклінної комірки:  $a = 16,9430(8)$ ,  $b = 12,156(6)$ ,  $c = 3,8390(1)\text{\AA}$ ,  $\beta = 87,03(3)$ ,  $Z = 4$

**Вступ і постановка проблеми.** Проблема пошуку шляхів та засобів для зниження горючості хімічних речовин, які використовуються у різноманітних технологічних циклах хімічних виробництв є однією із актуальних завдань пожежної безпеки [1]. Хімічна промисловість [2] часто продукує або використовує небезпечні в пожежному плані органічні речовини, такі як піперазин, акрилонітрил, ацетонітрил, моноетаноламін, гексаметилендіамін, амінопіридини тощо. Нітрогенвмісні органічні речовини – це в переважній більшості горючі речовини, значна частина з яких є легкозаймистими і вибухонебезпечними і під час їхнього горіння часто виділяються токсичні продукти згорання [3]. Серед перспективних підходів, який здатен вирішувати проблему зниження горючості нітрогенвмісних органічних речовин є пошук речовин, які б виконували роль дієвих інгібіторів горіння та розробка на їх основі спеціальних технологій використання. Такими речовинами з ефективними інгібуючими властивостями можуть бути негорючі неорганічні солі перехідних металів (зокрема галогеніди купруму(I)), які завдяки здатності до комплексоутворення з амінами [4], тобто внаслідок утворення додаткових хімічних зв'язків  $d$ -метал–N-вмісний ліганд, спроможні будуть сповільнювати процес горіння нітрогенвмісних органічних речовин.

Серед нітрогенвмісних речовин, що широко використовується у різних галузях хімічної промисловості [5] є 2-амінопіридин, фізичні, хімічні та горючі властивості якого подано в табл. 1.

**Мета роботи.** З огляду на це ми поставили собі за мету вивчити взаємодію 2-амінопіридину з купрум(I) хлоридом, встановити точний хімічний склад та будову продукту цієї взаємодії і на основі одержаної стереохімічної інформації зробити висновок про можливі інгібуючі властивості купрум(I) хлориду. Для досягнення мети нами була здійснена спроба синтезувати у вигляді якісних монокристалів  $\sigma$ -комплекс купрум(I) хлориду з 2-амінопіридином та дослідити його кристалічну структуру методом рентгеноструктурного аналізу (РСА).