

Р. І. Коваленко, к.т.н., доц. каф. (ORCID 0000-0003-2083-7601)

С. Ю. Назаренко, к.т.н., ст. викл. (ORCID 0000-0003-0891-0335)

Б. І. Кривошей, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-2561-5568)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЧАСУ РЕАГУВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ НА ВИКЛИКИ

Розглядається процес реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики, які виникають на території населеного пункту. Не вирішеною проблемою є відсутність методик та способів оцінки часу реагування підрозділів. В роботі удосконалено математичну модель оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики шляхом врахування середнього часу виконання оперативного розгортання відповідно до категорії виклику та окремого показника середньої швидкості руху оперативних транспортних засобів вулично-дорожньою мережею для кожного адміністративно-територіального району населеного пункту з урахуванням часу доби. Проведено обґрунтування методики оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на виклики, яка полягає у виконанні двох етапів: підготовчого та основного. На підготовчому етапі проводяться статистичні дослідження процесу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань з метою визначення показників часу диспетчеризації і часу оперативного розгортання залежно від категорії виклику та середньої швидкості руху оперативних транспортних засобів вулично-дорожньою мережею населеного пункту з урахуванням часу доби. Основний етап розрахунків полягає у проведенні оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики із застосуванням удосконаленої в цій роботі математичної моделі. Проведено обґрунтування порядку відбору необхідних даних для проведення підготовчого етапу у відповідності до запропонованої у цій роботі методики оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на виклики. Встановлення імовірного часу реагування підрозділу при надходженні виклику до оперативно-диспетчерської служби аварійно-рятувального формування дозволить, у випадку необхідності, приймати альтернативні рішення щодо надсилання інших підрозділів з метою забезпечення мінімального значення вказаного показника.

Ключові слова: аварійно-рятувальне формування, виклик, час реагування, надзвичайна ситуація, небезпечна подія

1. Вступ

Щодня на території нашої держави та інших держав світу трапляються надзвичайні ситуації (НС) і небезпечні події (НП) різних видів та рівнів. З метою запобігання вказаним деструктивним подіям, ліквідації їх наслідків та надання допомоги постраждалому населенню створюються підрозділи аварійно-рятувальних формувань (АРФ). Важливим показником, який впливає на імовірність загибелі і травмування населення при виникненні НС і НП є час реагування АРФ. Забезпечення мінімального часу реагування АРФ на виклики досягається тим, що кожен підрозділ АРФ має закріплений за ним район виїзду, а з особовим складом постійно проводяться заняття з вивчення його оперативно-тактичної характеристики та тренування щодо виконання нормативу «Збір і виїзд за сигналом «Тривога»». Поряд з цим проблемою є забезпечення мінімального часу прибуття підрозділів до місця виклику. У місті ця проблема ускладнюється нерівномірністю руху транспортних потоків в залежності від часу доби, що впливає на швидкість прямування. В сільських населених пунктах час прямування підрозділів до місця виклику зростає за рахунок незадовільного стану дорожнього покриття та значного територіального віддалення. Вирішення вказаної проблеми потребує застосування комплексного підходу.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У [1] було запропоновано системний підхід для оцінки готовності сил та засобів АРФ до проведення оперативних робіт. Під час цього враховувались показник ймовірності безвідмовної роботи технічних засобів, а також рівень професійної підготовки та рівень укомплектованості підрозділу особовим складом. Схожий підхід але з більшою кількістю критеріїв оцінювання пропонується в [2]. В [3] запропонована методика аналізу показників оперативного реагування підрозділів АРФ, яка полягає у оцінці факторів, що характеризують вказаний процес із застосуванням методів теорії графів. Фактори за якими аналізується ефективність оперативного реагування АРФ є даними, які отримані у ході статистичних досліджень. До цих факторів належать: час вільного розвитку пожежі; час гасіння пожежі; кількість загиблих та травмованих на пожежі людей; розмір прямих збитків; кількість оперативних транспортних засобів (ОТЗ), які залучаються до проведення оперативних робіт; відстань до місця пожежі; кількість пожежних стволів, які були подані на гасіння та захист, а також інші. При цьому, імовірний час реагування підрозділу АРФ на виклики в роботах [1–3] до уваги не приймався.

В [4] запропоновано метод вибору оптимального місця дислокації АРФ на території населеного пункту в результаті вимушеного об'єднання декількох підрозділів. Названий метод ґрунтується на проведенні групової експертної оцінки. Загалом розглядається чотири альтернативних варіанти об'єднання підрозділів з відповідними місцями дислокації. Кожен з варіантів оцінюється по шістьдесят одному критерію, які мають різні вагові коефіцієнти. На жаль, в роботі не наведено інформації про порядок формування критеріїв оцінки можливих варіантів, а тому використати її для визначення імовірного часу реагування підрозділів АРФ на виклики не можливо.

У [5] було запропоновано математичну модель переміщення уже існуючих АРФ м. Амстердама з урахуванням обмеження на час прибуття кожного окремого виду ОТЗ до місця виклику та умови покриття всієї території даного населеного пункту районами обслуговування підрозділів. За результатами досліджень було встановлено, що передислокація лише трьох АРФ з 19 на 50 % дозволяє скоротити випадки пізнього прибуття сил та засобів до місця виникнення НС або НП. Територіальне переміщення підрозділів АРФ, які вже побудовані та функціонують потребує значних матеріальних вкладень і в окремих випадках через щільну забудову населеного пункту виконати буде не можливо. Відповідно реалізувати на практиці вказані рішення з метою мінімізації часу прибуття підрозділів до місця виклику вкрай складно.

В [6] встановлено, що на час реагування підрозділів впливає технічне забезпечення, а саме види ОТЗ, які перебувають на їх оснащенні. Для скорочення часу реагування АРФ пропонується проводити передислокацію лише окремих відділень на ОТЗ між підрозділами в межах населеного пункту. Під час вказаного процесу необхідно враховувати середній час реагування кожного АРФ на окремі групи викликів, які виникають в його районі виїзду і з урахуванням цього показника проводити перерозподіл. Недоліком вказаного способу скорочення часу реагування є те, що необхідно приймати певний граничний показник часу реагування при досягненні якого необхідно буде проводити процедуру передислокації. Вказаний процес потребує застосування методу експертних оцінок. Крім цього, якщо підрозділи забезпечені однаковими видами ОТЗ застосування цього способу є неефективним.

Під час відправки підрозділів до місця виклику важливим є проведення попередньої оцінки їх часу реагування, що дозволяє, у випадку необхідності, приймати альтернативні рішення щодо відправки інших підрозділів з метою мінімізації вка-

заного часу. Реалізувати це на практиці дозволяють різні системи з підтримки прийняття рішень, які функціонують в оперативно-диспетчерських службах АРФ.

Робота [7] присвячена розробці системи підтримки прийняття рішень з метою оцінки імовірності відмови у обслуговуванні виклику. Ця ситуація може виникнути у випадку, коли всі підрозділи АРФ задіяні у виконанні оперативних робіт і вільних підрозділів для обслуговування нових викликів немає. Підхід, який запропонований у цій роботі полягає у проведенні двох етапів: підготовка даних у автономному режимі та імовірнісна оцінка відмови в режимі он-лайн. Етап підготовки даних полягає у зборі інформації про виклики та їх аналізі. Другий етап полягає у проведенні імовірнісної оцінки із застосуванням математичних моделей, які враховують оперативну обстановку, що склалася на основі даних попередньо проаналізованих на етапі підготовки. Ця система підтримки прийняття рішень є вузько направленою, а тому дозволяє оцінити лише імовірність відмови у обслуговуванні виклику.

У [8] запропоновано систему для підтримки прийняття рішень підрозділами АРФ. Вказана система створена на основі геоінформаційного програмного продукту ArcGIS. В базі даних цієї системи міститься інформація про місця дислокації та склад АРФ, місця розташування пожежних гідрантів, характеристики вулично-дорожньої мережі (ВДМ) і найкоротші маршрути прямування з підрозділів до імовірних місць викликів. Однією із функцій цієї системи є можливість оцінки масштабів НП або НС до моменту прибуття підрозділів АРФ. На жаль, в даній роботі не наведено відомостей про можливість запропонованої системи прийняття рішень оцінювати імовірний час реагування підрозділів АРФ.

В [9] розроблено алгоритм, який дозволяє оцінити час прямування ОТЗ до місця виклику з урахуванням особливостей поведінки водія при виборі маршруту руху в умовах динамічної зміни дорожньої обстановки. Інформаційною базою для розробки названого алгоритму стали дані про реальні маршрути руху від місця дислокації підрозділу АРФ до місця виклику. Ці дані фіксувалися в процесі досліджень із застосуванням GPS навігатора встановленого в ОТЗ. Враховуючи те, що час реагування є сумою часу диспетчеризації, часу збору та виїзду, часу прямування і часу оперативного розгортання названий алгоритм дозволяє визначити лише один часовий інтервал – час прямування. Крім цього, в роботі оцінювалися дані, які були зібрані в одному із міст Індії. Відповідно при застосуванні цього алгоритму в інших населених пунктах рівень адекватності одержаних результатів викличе сумнів, бо він не враховує регіональні особливості.

У [10] запропоновано математичну модель для визначення часу реагування підрозділів АРФ на НП та НС за умови оснащення їх багатофункціональними мобільними аварійно-рятувальними комплексами контейнерного типу. Названа модель враховує наступні показники: дистанцію і середню швидкість прямування; коефіцієнт, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху по ВДМ на час прямування підрозділів АРФ до місця виклику; час затрачений підрозділами АРФ на подолання перешкод, що спричинені фізико-географічними умовами; час прямування сил та засобів з підрозділу АРФ по ВДМ населеного пункту до найбільш територіально віддаленої точки; час приведення в оперативну готовність підрозділу АРФ. Цю математичну модель можна вважати вузько направленою тому, що вона дозволяє оцінити час реагування АРФ за умови оснащення їх багатофункціональними мобільними аварійно-рятувальними комплексами контейнерного типу. На сьогодні вказаний вид ОТЗ поки ще не перебуває на оснащенні жодного АРФ країни, а натомість підрозділи забезпечені спеціальними автомобілями «класичного компонування».

Таким чином, більшість серед розглянутих методів скорочення часу реагування АРФ мають недоліки, які обмежують, а в окремих випадках навіть унеможливають їх застосування. Шлях вирішення раніше виявленої проблеми вбачається у розробці математичної моделі оцінки часу реагування АРФ на виклики, яка дозволить виконувати імовірну оцінку цього показника та приймати альтернативні рішення щодо надсилання інших підрозділів, що на сьогодні на жаль не враховується.

3. Мета та завдання дослідження

Метою цього дослідження є розробка методики оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на виклики.

З метою досягнення поставленої мети необхідно:

- 1) удосконалити математичну модель оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики;
- 2) провести обґрунтування методики оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики, які виникають на території населеного пункту;
- 3) провести апробацію методики оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на виклики.

4. Удосконалення математичної моделі оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань

Загальний час реагування підрозділів АРФ на НП та НС залежить від тривалості окремих етапів:

$$\Phi_{\text{реагування}} = \Phi_{\text{дисп.}} + \Phi_{\text{зб.в.}} + \Phi_{\text{прямув.}} + \Phi_{\text{о/р}}, \quad (1)$$

де $\Phi_{\text{дисп.}}$ – час диспетчеризації, хвилин; $\Phi_{\text{зб.в.}}$ – час збору та виїзду особового складу, хвилин; $\Phi_{\text{прямув.}}$ – час прямування ОТЗ до місця виклику, хвилин; $\Phi_{\text{о/р}}$ – час виконання оперативного розгортання на місці виклику, хвилин.

Формула (1) визначає загальний час реагування підрозділів АРФ на НП та НС, при цьому час диспетчеризації, час збору та виїзду і час оперативного розгортання, ґрунтуючись на зарубіжному та вітчизняному досвіді проведення оперативних робіт в населених пунктах, можна оцінювати як нормативні або емпіричні (середні) показники. Сумарний час даних періодів – час приведення в оперативну готовність підрозділу АРФ (τ_1) – буде становити:

$$\tau_1 = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{\text{зб.в.}} + \tau_{\text{о/р}}. \quad (2)$$

Числове значення $\Phi_{\text{дисп.}}$ буде залежати від того, чи впроваджена спеціалізована автоматизована система управління в діяльність оперативно-диспетчерської служби. На практиці впровадження цієї системи дозволяє скоротити тривалість $\Phi_{\text{дисп.}}$. В Україні на теперішній час у окремих територіальних органах АРФ вже впроваджені такі системи, тому при оцінці тривалості $\Phi_{\text{дисп.}}$ названу особливість необхідно враховувати.

Час збору та виїзду особового складу є нормативним показником, який на практиці не перевищує 1 хвилини, тому у формулі (2) можна прийняти $\Phi_{\text{зб.в.}} = 1$ хвилину.

Тривалість $\Phi_{o/p}$ на місці виклику буде залежати від обраної схеми розгортання підрозділами АРФ. Відповідно під час оцінки часу реагування АРФ необхідно враховувати специфіку виклику (пожежа, дорожньо-транспортна пригода, допомога населенню та ін.), що буде впливати на середній час розгортання підрозділу. З цією метою доцільно провести категорювання викликів та для кожної категорії встановити середній час оперативного розгортання. Враховуючи це, залежність (2) матиме наступний вигляд:

$$\tau_1 = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{o/p}^K + 1, \quad (3)$$

де $\Phi_{o/p}^K$ – середній час виконання оперативного розгортання з урахуванням категорії виклику, хвилин.

Час прямування підрозділів АРФ до місця виклику в роботі [10] оцінюється за наступною формулою:

$$\Phi_2 = \frac{L}{V_{\text{ср.}}} \cdot K_{\text{мр.}}, \quad (4)$$

де L – дистанція між місцем дислокації підрозділу АРФ та місцем виклику, км; $V_{\text{ср.}}$ – середня швидкість прямування ОТЗ по ВДМ населеного пункту, км/год; $K_{\text{мр.}}$ – коефіцієнт, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху по ВДМ (кількість регульованих і нерегульованих перехресть, кількість поворотів вправо та вліво, ширину проїжджої частини, кількість смуг руху, інтенсивність руху транспортних потоків та ін.) на час прямування підрозділів АРФ до місця виклику.

Характеристика ВДМ в населеному пункті з часом змінюється, що потребує постійного перегляду та коригування коефіцієнта $K_{\text{мр.}}$. У зв'язку з цим названий коефіцієнт з математичної моделі оцінки часу реагування АРФ на виклики необхідно прибрати. Щоб суттєво не знизити при цьому точність оцінки часового інтервалу Φ в математичній моделі пропонується приймати окреме значення показника $V_{\text{ср.}}$ для кожного адміністративно-територіального району населеного пункту залежно від часу доби. Дана необхідність буде пояснена нижче.

Визначити дистанцію між місцем дислокації підрозділу АРФ та місцем виклику по ВДМ населеного пункту можна використавши будь-яку геоінформаційну систему.

У кінцевому вигляді математична модель для оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} \tau_{\text{реагування}} = (\tau_1 + \tau_2) \cdot U_{\text{ОТЗ}}, \\ \tau_1 = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{o/p}^K + 1, \\ \tau_2 = L / V_{\text{ср.}}^P \cdot K_{\text{мр.}}. \end{cases} \quad (5)$$

де $U_{\text{ОТЗ}}$ – коефіцієнт логічного показника, який відображає наявність певних видів ОТЗ у підрозділах АРФ; $V_{\text{ср.}}^P$ – середня швидкість руху ОТЗ ВДМ відповідного адміністративно-територіального району населеного пункту з урахуванням часу доби.

Коефіцієнт U_{OT3} може набувати двох значень:

– 0, якщо у підрозділі АРФ, до якого надійшло повідомлення про виклик, відсутні необхідні види ОТЗ;

– 1, якщо у підрозділі АРФ, до якого надійшло повідомлення про виклик, наявні необхідні види ОТЗ.

Інформацією про наявність необхідних і вільних ОТЗ у відповідному підрозділі володіє оперативно-диспетчерська служба АРФ.

Коефіцієнт U_{OT3} відіграє роль обмеження, бо дозволяє не приймати до уваги підрозділи АРФ у яких на момент надходження виклику відсутні необхідні види ОТЗ.

6. Обґрунтування методики оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань

Порядок проведення розрахунків із використанням запропонованої в роботі методики полягає у виконанні двох послідовних етапів: підготовчого та основного.

На рис. 1 наведено структурно-логічну схему порядку виконання розрахунків у відповідності до розробленої в цій роботі методики.

На підготовчому етапі проводяться статистичні дослідження процесу реагування підрозділів АРФ з метою визначення показників $\Phi_{\text{дисп.}}$, $\Phi_{\text{о/р}}^K$ та $V_{\text{ср.}}^P$.



Рис. 1. Структурно-логічна схема порядку виконання розрахунків

Основний етап розрахунків полягає у проведенні оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики із застосуванням удосконаленої в цій роботі математичної моделі (5).

7. Апробація методики оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань

Не вирішеним залишається питання перевірки адекватності удосконаленої в цій роботі математичної моделі оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики. Проведення перевірки адекватності названої математичної моделі планується виконати на прикладі міста Харкова.

Вибір міста Харкова можна пояснити наступним:

- у місті зосереджено достатньо багато різних підрозділів АРФ;
- адміністративно-територіальні райони міста відрізняються характером забудови та структурою ВДМ;
- на території адміністративно-територіальних районів міста зосереджена значна кількість об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно-небезпечних об'єктів.

Відбір необхідних даних, з урахуванням порядку проведення підготовчого етапу виконання розрахунків, планується здійснити шляхом проведення вибірко-вих статистичних досліджень.

З цією метою попередньо було проведено групування районів виїзду державних пожежно-рятувальних частин (ДПРЧ) міста Харкова за рівнем потенційного ризику від виникнення НП на об'єктах, які дислокуються на відповідній території. У якості основного методу для проведення групування було використано кластерний аналіз. Необхідні для проведення досліджень дані були отримані у Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області.

Вказані дані містили інформацію про місця розміщення та характеристику небезпеки різних об'єктів на території міста Харкова. До цих об'єктів належать: підприємства, хімічно-небезпечні та радіаційно-небезпечні об'єкти, автозаправні станції, гідротехнічні об'єкти, аварійні житлові будинки та ділянки території, яким властиві зсувні процеси.

З використанням інформації про межі районів виїзду дев'ятнадцяти ДПРЧ міста Харкова було проведено вибірку даних з загального масиву з метою встановлення переліку вказаних раніше об'єктів для кожного окремого району виїзду підрозділу. Поділ на кластери районів виїзду ДПРЧ за рівнем потенційного ризику проводилося з використанням ітеративного методу групування *k*-середніх для чого було використано програмний продукт STATISTICA. Як міра відстані для ознак кластеризації використовується евклідова метрика. При розрахунку відстаней між точками, які відображають положення об'єктів у просторі їх характеристик, змінна, яка має велике значення, буде практично повністю домінувати над змінною з малими значеннями. Таким чином, через неоднорідність одиниць вимірювання характеристик стає неможливим коректно розрахувати відстані між точками. Цю проблему було вирішено шляхом попередньої стандартизації змінних. Стандартизація, або нормування, ставить у відповідність значення всіх змінних до єдиного діапазону значень шляхом відношення цих величин до деякого параметра, який відображає певні властивості конкретної ознаки. Порядок стандартизації даних полягав у

нормуванні змінних до одиначної дисперсії й нульового середнього.

За результатами проведення кластеризації методом k-середніх районів виїзду ДПРЧ підрозділів за рівнем потенційного ризику від виникнення НП на об'єктах, які дислокуються на відповідній території були отримані наступні групи:

- перша група: ДПРЧ-7, ДПРЧ-8, ДПРЧ-9, ДПРЧ-27, ДПРЧ-3;
- друга група: ДПРЧ-1, ДПРЧ-32, ДПРЧ-17, ДПРЧ-26, ДПРЧ-18, ДПРЧ-22, ДПРЧ-36, ДПРЧ-2, ДПРЧ-6, ДПРЧ-4, ДПРЧ-25;
- третя група: ДПРЧ-5, ДПРЧ-41, ДПРЧ-11.

Різниця між визначеними кластерами за критерієм евклідової відстані відображена в табл. 1.

Табл. 1. Евклідова відстань між кластерами

Номер клас-теру	1	2	3
1	0	0,648802	0,939373
2	0,805482	0	0,679648
3	0,969213	0,824408	0

Інтерпретувати одержані групи районів виїзду ДПРЧ підрозділів за рівнем потенційного ризику від виникнення НП на об'єктах, які дислокуються на відповідній території можна наступним чином:

- до першої групи ввійшли підрозділи в районах відповідальності, яких зосереджена найбільша кількість цих об'єктів;
- до другої групи ввійшли підрозділи в районах відповідальності, яких зосереджена найменша кількість цих об'єктів;
- до третьої групи ввійшли підрозділи в районах відповідальності, яких зосереджена середня кількість цих об'єктів порівняно з першою та другою групами.

З метою подальшого відбору необхідних статистичних даних будуть обрані адміністративно-територіальні райони міста Харкова, які відносяться до районів виїзду ДПРЧ, котрі ввійшли до першої групи, тобто: ДПРЧ-7, ДПРЧ-8, ДПРЧ-9, ДПРЧ-27, ДПРЧ-3.

8. Обговорення результатів розробки методики оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань

За результатами виконаних теоретичних досліджень було удосконалено математичну модель оцінки часу реагування АРФ на виклики та розроблено відповідну методику. Основним етапом проведення розрахунків із застосуванням запропонованої в цій роботі методики, як було вказано раніше, є оцінка часу реагування підрозділів АРФ на виклики, які виникають на території населеного пункту із застосуванням математичної моделі (5).

В математичній моделі, яка запропонована в роботі [10] при розрахунку часу реагування АРФ враховувався вплив фізико-географічних умов регіону і час затрачений підрозділами на проведення інженерних робіт з метою підготовки шляхів руху та подолання перешкод. Названі показники дозволяють врахувати ситуацію виникнення масштабної НС, яка спричинила руйнування маршрутів руху до місця безпосереднього проведення оперативних робіт. Фактично такі ситуації трапляються вкрай рідко і найчастіше підрозділи АРФ займаються проведенням

оперативних робіт, які направлені на ліквідацію наслідків НП, що підтверджують дані досліджень [11]. Під час оцінювання часу реагування АРФ на виклики у режимі повсякденного функціонування, вплив фізико-географічних умов регіону і час затрачений підрозділами на проведення інженерних робіт з метою підготовки шляхів руху та подолання перешкод враховувати не доцільно. Крім цього, в математичній моделі (5) було запропоновано оцінювати середню швидкість руху ОТЗ ВДМ окремо для кожного адміністративно-територіального району відповідного населеного пункту з урахуванням часу доби. Цю необхідність можна пояснити тим, що достатньо часто різні адміністративно-територіальні райони населеного пункту мають відмінну схему забудови, а це впливає і на характер ВДМ. Крім цього, залежно від часу доби змінюється інтенсивність руху транспортних потоків ВДМ, що також впливає на швидкість руху.

9. Висновки

1. Удосконалено математичну модель оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики шляхом врахування середнього часу виконання оперативного розгортання відповідно до категорії виклику та окремого показника середньої швидкості руху ОТЗ ВДМ для кожного адміністративно-територіального району населеного пункту з урахуванням часу доби.

2. Проведено обґрунтування методики оцінки часу реагування АРФ на виклики, яка полягає у виконанні двох послідовних етапів: підготовчого та основного. На підготовчому етапі проводяться статистичні дослідження процесу реагування підрозділів АРФ з метою визначення показників часу диспетчеризації і часу оперативного розгортання залежно від категорії виклику та середньої швидкості руху ОТЗ ВДМ населеного пункту з урахуванням часу доби. Основний етап розрахунків полягає у проведенні оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики із застосуванням удосконаленої в цій роботі математичної моделі.

3. Апробацію запропонованої в роботі методики оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики було вирішено провести на прикладі м. Харків. Відбір необхідних даних буде проведено в ході вибіркового статистичного дослідження. З цією метою виконано кластерний аналіз для поділу ДПРЧ м. Харків на групи в залежності від показника інтенсивності викликів, які до них надходять. Різниця між визначеними кластерами за критерієм евклідової відстані в середньому склала 0,811. Відбір даних і оцінку часу реагування необхідно буде провести для групи підрозділів, які мають найбільшу інтенсивність викликів, а саме: ДПРЧ-7, ДПРЧ-8, ДПРЧ-9, ДПРЧ-27, ДПРЧ-3.

Проведення процедури апробації запропонованої в роботі методики оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики є складним процесом, що пов'язано з необхідністю опрацювання значного масиву статистичних даних та застосування методів математичного моделювання. Враховуючи вказане планується провести апробацію запропонованої в цій роботі методики оцінки часу реагування підрозділів АРФ на виклики під час подальших досліджень.

Література

1. Tiutiunyk V. V., Ivanets H. V., Tolkunov I. A., Stetsyuk E. I. System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations // Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2018. № 1. P. 99–105.
2. Wu X., Wu L. Evaluation of the Fire Emergency Rescue Capability in Urban

Community // Procedia Engineering. 2011. V. 11. P. 536–540.

3. Власов К. С., Денисов А. Н. Методика анализа показателей оперативного реагирования пожарно-спасательных подразделений // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 3(67). С. 207–213.

4. Aldabbas M., Venteicher F., Gerber L., Widmer M. Finding the Adequate Location Scenario After the Merger of Fire Brigades Thanks to Multiple Criteria Decision Analysis Methods // Foundations of Computing and Decision Sciences. 2018. № 43(2). P. 69–88.

5. Pieter L. van den Berg, Guido A. G. Legemaate, Rob D. van der Mei. Increasing the Responsiveness of Firefighter Services by Relocating Base Stations in Amsterdam // INFORMS PubsOnLine. 2017. V. 47. P. 352–361.

6. Kovalenko R. I. Improvement of the method of determining the number and nomenclature of the park of cars in fire-related surfaces of the city at the example of the city of Kharkov // East European Scientific Journal. 2017. №9(25). Part 1. P. 48–56.

7. Krasuski A., Krenski K. Decision Support System for Blockage Management in Fire Service // Studies in Logic, Grammar and Rhetoric. 2014. № 37(50). P. 107–123.

8. Xing Z., Gao W., Zhao X., Zhu D. Design and Implementation of City Fire Rescue Decision Support System // Procedia Engineering. 2013. V. 52. P. 483–488.

9. Mainak B., Varun S. Development of agent based model for predicting emergency response time // Perspectives in Science. 2016. V. 8. P. 138–141.

10. Калиновський А. Я., Коваленко Р. І. Удосконалення математичної моделі оцінки часу реагування підрозділів на надзвичайні ситуації // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2018. № 27. С. 31–38.

11. Калиновський А. Я., Коваленко Р. І. Статистичне дослідження характеру небезпечних подій, які виникають в місті Харкові // Комунальне господарство міст. 2017. № 135. С. 159–166.

R. Kovalenko, PhD, Associate Professor of the Department

S. Nazarenko, PhD, Senior Lecturer of the Department

*B. Kryvoshei, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RESPONSE TIME OF EMERGENCY TEAMS TO CALLS

The process of response of rescue units to calls that occur on the territory of a settlement is considered. An unresolved problem is the lack of methods and methods for assessing the response time of units. The mathematical model for assessing the response time of emergency response units to calls by taking into account the average time of operational deployment in accordance with the call category and a separate indicator of the average speed of operational vehicles by the road network for each administrative-territorial district of a settlement is improved in the work time of day. A methodology has been developed for assessing the response time of emergency teams to calls, which consists in performing two successive stages: preparatory and main. At the preparatory stage, statistical studies of the response process of rescue units are carried out with the aim of determining indicators of dispatch time and operational deployment time, depending on the category of call and the average speed of operational vehicles by the settlement's road network taking into account the time of day. The main stage of the calculations is to evaluate the response time of the emergency response units to calls using the advanced mathematical model in this work. The substantiation of the procedure for selecting the necessary data for the preparatory phase is carried out in accordance with the methodology for assessing the response time of emergency response teams to calls proposed in this work. Determining the possible response time of the unit upon receipt of a call to the operational dispatch service of the emergency civil security. DOI: 10.5281/zenodo.3901975

rescue team will, if necessary, make alternative decisions to send other units in order to ensure the minimum value of this indicator. In the future, it is planned to check the adequacy of the mathematical model improved in this work.

Keywords: emergency rescue team, call, response time, emergency, dangerous event

References

1. Tiutiunyk, V. V., Ivanets, H. V., Tolkunov, I. A., Stetsyuk, E. I. (2018). System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 99–105.
2. Wu, X., Wu, L. (2011). Evaluation of the Fire Emergency Rescue Capability in Urban Community. *Procedia Engineering*, 11, 536–540.
3. Vlasov, K. S., Denisov, A. N. (2016). Metodika analiza pokazatelya operativnogo reagirovaniya pozharno-spatatelnykh podrazdeleniy. *Tehnologii tehnosfernoy bezopasnosti*, 3(67), 207–213.
4. Aldabbas, M., Venteicher, F., Gerber, L., Widmer, M. (2018). Finding the Adequate Location Scenario After the Merger of Fire Brigades Thanks to Multiple Criteria Decision Analysis Methods. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 43(2), 69–88.
5. Pieter, L. van den Berg, Guido, A. G. Legemaate, Rob D. van der Mei. (2017). Increasing the Responsiveness of Firefighter Services by Relocating Base Stations in Amsterdam. *INFORMS PubsOnLine*, 47, 352–361.
6. Kovalenko, R. I. (2017). Improvement of the method of determining the number and nomenclature of the park of cars in fire-related surfaces of the city at the example of the city of Kharkov. *East European Scientific Journal*, (25), 48–56.
7. Krasuski, A., Krenski, K. (2014). Decision Support System for Blockage Management in Fire Service. *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric*, 37(50), 107–123.
8. Xing, Z., Gao, W., Zhao, X., Zhu, D. (2013). Design and Implementation of City Fire Rescue Decision Support System. *Procedia Engineering*, 52, 483–488.
9. Mainak, B., Varun, S. (2016). Development of agent based model for predicting emergency response time. *Perspectives in Science*, 8, 138–141.
10. Kalinovskiy, A., Kovalenko, R. (2018). Udoskonalennia matematychnoi modeli otsinky chasu reahuvannia pidrozdiliv na nadzvychaini sytuatsii. *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*, 27, 31–38.
11. Kalinovskiy, A., Kovalenko, R. (2017). Statystychnе doslidzhennia kharakteru nebezpechnykh podii, yaki vynykaiut v misti Kharkovi. *Komunalne hospodarstvo mist*, 135, 159–166.

Надійшла до редколегії: 12.02.2020

Прийнята до друку: 20.02.2020