

РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОБІЛЬНИХ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПУ ДЛЯ КОМПЛЕКТУВАННЯ АВАРІЙНО- РЯТУВАЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ

В роботі виконано розробку способу визначення загальної чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу на основі методів теорії ймовірності, теорії множин та математичної статистики. Умовою використання запропонованого способу є пуассонівський характер потоку викликів та можливість опису часових інтервалів між надходженням викликів до аварійно-рятувальних формувань експоненціальним законом розподілу. Була пояснена необхідність у врахуванні показника приведеної чисельності автомобілів на виклик при проведенні оцінки зайнятості певної кількості автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів на місці ліквідації надзвичайних ситуацій, а також врахування деяких обмежень, які стосуються комплектування даним видом оперативних транспортних засобів аварійно-рятувальних формувань населеного пункту.

Ключові слова: багатофункціональний мобільний аварійно-рятувальний комплекс контейнерного типу, потік викликів, аварійно-рятувальне формування, показник приведеної чисельності автомобілів на виклик.

DEVELOPMENT OF A METHOD OF DETERMINING THE NECESSARY NUMBER OF MULTIFUNCTIONAL MOBILE EMERGENCY-RELATED COMPONENTS OF THE CONTAINER TYPE FOR COMPLETING EMERGENCY-RELATED FORMATIONS

The article deals with the development of a method for determining the total number of multipurpose mobile emergency rescue complexes of container type based on the theory of probability theory, set theory and mathematical statistics. The condition of using the proposed method is the Poisson character of the flow of calls and the possibility of describing the time intervals between the arrival of calls to emergency rescue units with the exponential distribution law. It was explained by the need to take into account the reduced number of cars on the challenge when carrying out an assessment of the employment of a certain number of carriers and removable container bodies at the place of emergency eradication, as well as taking into account certain restrictions related to the acquisition of this type of operational vehicles of emergency rescue units of the population item.

Keywords: multifunctional mobile emergency-rescue complex of container type, call stream, emergency rescue formation, indicator of reduced number of cars on a call.

Постановка проблеми. Згідно офіційних даних [1], із штатної потреби у 10288 одиниць транспортних засобів (ТЗ) для Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), у наявності є 9709 одиниць. До того ж понад 80 % техніки вже є фізично застарілою та потребує списання [1, 2]. Крім цього, перелік цільових завдань, які повинен виконувати особовий склад аварійно-рятувальних формувань (АРФ), що визначено Кодексом цивільного захисту України [3] є достатньо широким, тому вони повинні мати належне технічне забезпечення.

З огляду на це, постає необхідність у проведенні технічного переоснащення АРФ. В багатьох провідних країнах Євросоюзу в останні роки спостерігається тенденція до оснащення АРФ багатофункціональними мобільними аварійно-рятувальними комплексами (БМАРК) зі знімними кузовами-контейнерами [4], які складаються з автомобіля-носія, який має навантажувально-розвантажувальний механізм та набору спеціалізованих знімних кузовів-контейнерів різного цільового призначення. Даний вид ТЗ дозволяє при обмеженій їх кількості в підрозділах за рахунок різної номенклатури спеціалізованих кузовів-контейнерів виконувати широке коло цільових завдань та скоротити кількість залучень спеціальних автомобілів з територіально віддалених підрозділів, що у свою чергу дозволяє скоротити час доставки засобів та оснащення до місць проведення оперативних робіт. На жаль, існуюче

нормативне та методичне забезпечення ДСНС України не дозволяє виконати належним чином завдання визначення номенклатури і чисельності знімних кузовів-контейнерів і автомобілів-носіїв для оснащення ними АРФ населених пунктів, а тому проведення досліджень в даному напрямку мають актуальність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [5] запропоновано визначати необхідну номенклатуру та чисельність ТЗ на основі імітаційних моделей, які відображають процес оперативної діяльності АРФ. В основі даних імітаційних моделей лежать припущення про пуассонівський характер потоку викликів та про можливість опису часових інтервалів між етапами проведення оперативних робіт законом розподілу Ерланга. На основі підходів відображених в роботі [5] та дослідженнях [6, 7] були розроблені комп'ютерні імітаційні системи моделювання АРФ в населених пунктах. До недоліків даних систем, які пов'язані з їх практичним використанням слід віднести те, що:

- а) вони є комерційними;
- б) для використання систем необхідно проводити їх адаптацію для конкретного регіону, що може займати від 4 до 6 місяців та потребує значного об'єму інформаційних даних;
- в) користуватися даними системами через їх складність можуть тільки кваліфіковані працівники, які пройшли попереднє навчання та мають необхідні навички роботи з ними, що ускладнює їх використання відділами матеріально-технічного забезпечення ДСНС України при вирішенні задач визначення необхідної кількості БМАРК зі знімними кузовами-контейнерами при проведенні технічного переоснащення АРФ;
- г) відповідні імітаційні експерименти у середовищі даних програмних продуктів проводяться за попередньо розробленими сценаріями, а тому для врахування всіх можливих станів системи масового обслуговування необхідно проводити достатньо велику серію дослідів і навіть це не зможе забезпечити високої надійності отриманих результатів.

У дослідженнях [8, 9] проведення ймовірнісної оцінки зайнятості оперативних ТЗ на місці виклику проводилося шляхом побудови системного графу можливих станів системи масового обслуговування та формування і розв'язку рівнянь Ерланга.

Значною складністю при використанні методик наведених в роботах [5-9] є те, що при проведенні ймовірнісної оцінки зайнятості оперативних ТЗ на місці виклику та отриманні числових значень параметру ймовірності, необхідно приймати суб'єктивне рішення про необхідність оснащення підрозділу певною кількістю автомобілів. Згідно рекомендацій, які наведені в роботі [5] для встановлення кінцевої чисельності оперативних ТЗ в певному населеному пункті з економічних міркувань можуть встановлюватись певні допустимі граничні значення ймовірностей або оціненого часу зайнятості. Таким чином можна прийти до висновку, що при визначенні необхідної чисельності оперативних ТЗ за методиками, які наведені в роботах [5-9] необхідним є введення певних поправочних коефіцієнтів, які б враховували реальну приведену кількість залучень спеціальних автомобілів певного виду на окремі групи небезпечних подій. Ще однією складністю при використанні даних методик є необхідність мати всі ймовірні значення показника емпіричної ймовірності використання оперативних ТЗ на викликах, що на практиці є не завжди можливим. Наприклад, на практиці може бути так, що показник емпіричної ймовірності (частоти) використання оперативних ТЗ є для одного, двох, трьох і п'яти автомобілів, а для чотирьох немає. При цьому даний показник для п'яти автомобілів може бути значно більшим ніж для трьох і розраховавши ймовірність за методиками, які наведені в роботах [8, 9] виявиться, що ймовірність зайнятості і ймовірний час зайнятості п'яти оперативних ТЗ на викликах у порівнянні з трьома буде більшим. Ця обставина значно ускладнює і обмежує можливість використання методик [8, 9] на практиці.

В роботі [10] були запропоновані нормативи оснащення АРФ муніципалітетів Російської Федерації оперативними ТЗ та особовим складом, чисельність яких визначається в залежності від чисельності жителів населеного пункту та його площі. Згідно [10] дані нормативи розроблялися з урахуванням припущень, що потік викликів, які надходять до

АРФ підкоряється закону розподілу Пуассона, а часові інтервали між надходженням викликів закону розподілу Ерланга та використовувався методичний підхід, який розроблявся в Академії Державної протипожежної служби Міністерства Російської Федерації у справах цивільної оборони, надзвичайним ситуаціям і ліквідації наслідків стихійних лих. Конкретного опису використаного методичного підходу в даній роботі наведено не було, але можна припустити, що він є подібним до того, який описаний в роботі [8].

В документі [11] визначення необхідної кількості оперативних ТЗ та їх видів проводиться на основі показника чисельності населення у відповідному адміністративно-територіальному утворенні. В даному документі не наведено жодних вимог стосовно порядку оснащення АРФ автомобілями-носіями зі знімними кузовами-контейнерами, що не дозволяє його використання при визначенні номенклатури і чисельності цих видів оперативних ТЗ.

В роботі [12] була розроблена методика визначення номенклатури і чисельності знімних кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв для АРФ. Процедура визначення номенклатури ґрунтувалася на підходах теорії управління запасами, а саме проведенні АВС-аналізу та виділенні характерних груп ТЗ за частотою використання на викликах і визначенні на їх основі, із застосуванням методу одноосібної експертної оцінки або колективної експертної оцінки, загальної номенклатури знімних кузовів-контейнерів для АРФ населеного пункту. З метою визначення загальної чисельності кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв в роботі [12] рекомендувалося використовувати підходи, які наведені в роботах [5-8] але, як було визначено раніше, вони не пристосовані до визначення кількості багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу для АРФ.

Постановка задачі та її розв'язання. У зв'язку зі складнощами, які виникають в процесі практичного використання методик наведених в роботах [5-9] та їх не пристосованості до визначення необхідної чисельності знімних кузовів-контейнерів і автомобілів-носіїв, з'являється необхідність у розробці способу визначення даного виду оперативних ТЗ для АРФ населеного пункту, що являється метою даного дослідження. У якості методів для розв'язання поставленої задачі дослідження були використані методи теорії ймовірностей, теорії множин та математичної статистики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим етапом даного дослідження є встановлення переліку необхідних цільових завдань знімних кузовів-контейнерів у порядку пріоритетності, від чого власне і буде залежати їх номенклатура.

Використовуючи апарат теорії множин можна представити модель вибору номенклатури і чисельності кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв, як сукупність наступних складових:

$$M_B = \{\{X_B\}, \{Z_B\}, K_B\}, \quad (1)$$

де $\{X_B\}$ – впливи зовнішнього середовища, які не можуть бути змінені в процесі прийняття управлінського рішення, але мають бути при цьому враховані (частота надходження викликів; показник приведеної чисельності оперативних ТЗ на виклик; доля викликів від їх загальної кількості, які надходять до АРФ населеного пункту, специфіка яких потребує саме залучення кузовів-контейнерів з відповідним i -им цільовим призначенням);

$\{Z_B\}$ – вхідні впливи, які можуть бути змінені в процесі прийняття управлінського рішення щодо вибору номенклатури і чисельності знімних кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв для АРФ;

K_B – критерій ефективності.

До керованих вхідних впливів моделі вибору номенклатури і чисельності знімних кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв для АРФ відносяться:

- номенклатура контейнерів та перелік (кількість) виконуваних ними цільових завдань;
- чисельність рухомого складу автомобільного транспорту (автомобілів-носіїв).

Результати моделювання будуть мати функціональні залежності критерію ефективності від сукупності факторів, що характеризують вхідні впливи:

$$K_A = f(N_{oT3}; D_Z), \quad (2)$$

де N_{oT3} – загальна чисельність оперативних ТЗ (рухомого складу автомобільного транспорту) в АРФ;

D_Z – чисельні характеристики номенклатури знімних кузовів-контейнерів (чисельність виконуваних ними цільових задач).

Показник ефективності при визначеній чисельності оперативних ТЗ (рухомого складу автомобільного транспорту) можна буде визначити наступним чином:

$$\Delta_{oT3} = N_{oT3}^{ДО} - N_{oT3}^{ПІСЛЯ}, \quad (3)$$

де $N_{oT3}^{ДО}$ - показник загальної чисельності оперативних ТЗ (рухомого складу автомобільного транспорту) в АРФ до проведення розрахунків;

$N_{oT3}^{ПІСЛЯ}$ - показник загальної чисельності оперативних ТЗ (рухомого складу автомобільного транспорту) в АРФ після проведення розрахунків.

При додатному («+») числовому значенні показника Δ_{oT3} можна робити висновок про досягнення позитивного ефекту, а при від'ємному значенні («-») можна стверджувати, що отримано негативний ефект.

Показником ефективності по визначеній номенклатурі знімних кузовів-контейнерів є:

$$\Delta_{цільзавд} = I_{цільзавд}^{ДО} - I_{цільзавд}^{ПІСЛЯ}, \quad (4)$$

де $I_{цільзавд}^{ДО}$ - кількість можливих виконуваних цільових завдань особовим складом АРФ до оснащення їх автомобілями-носіями зі знімними кузовами-контейнерами;

$I_{цільзавд}^{ПІСЛЯ}$ - кількість можливих виконуваних цільових завдань особовим складом АРФ після оснащення їх автомобілями-носіями зі знімними кузовами-контейнерами.

З метою визначення необхідної номенклатури спеціалізованих знімних кузовів-контейнерів необхідно провести аналіз чисельності, особливостей комплектування та розміщення АРФ на території населеного пункту, а також статистики виникнення небезпечних подій в населеному пункті.

Загальний порядок визначення номенклатури знімних кузовів-контейнерів описаний в роботі [12].

Для визначення необхідної чисельності автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів необхідно враховувати наступні показники: частоту надходження потоку викликів до АРФ; структуру викликів (специфіку надзвичайних ситуацій (НС)); середню тривалість процесу обслуговування викликів та інтервали часу між надходженням викликів до АРФ; показник емпіричної ймовірності (частоти) використання автомобілів на викликах, який визначається як відношення кількості викликів на які одночасно було залучалася певна кількість оперативних ТЗ до їх загальної кількості.

При проведенні оцінки зайнятості певної чисельності автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів на місці ліквідації НС складнощі виникають саме при оцінці останнього показника, бо не завжди його можна визначити по статистичним даним. На практиці трапляються випадки, коли по статистичним даним, наприклад, для чотирьох одночасних викликів його визначити можна, для п'яти не можна (бо таких випадків в процесі функціонування окремих підрозділів не виникало) і для шести можна (за аналізований період по статистичним даним могло виникати 1-2 ... таких випадки), а при оцінці ймовірності зайнятості певної чисельності ТЗ таким чином, можна отримати числові значення ймовірностей по яким адекватно встановити мінімально необхідну кількість пожежно-

рятувальних автомобілів для АРФ не можливо. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку альтернативного показника, який повинно бути просто визначати по наявним статистичним даним і що враховував би реальну чисельність оперативних ТЗ, які виїждять на ліквідацію НС (обслуговування викликів).

У якості такого показника можна використати показник приведеної чисельності автомобілів на виклик, який розраховується за наступною формулою:

$$k_i = \frac{N_{oT3.i}}{j_i}, \quad (5)$$

де $N_{oT3.i}$ – загальна кількість оперативних ТЗ, яка була зайнята обслуговуванням загального потоку викликів або специфічних потоків викликів, які можна розділити на окремі групи залежно від особливостей проведення оперативних робіт;

j_i – загальна кількість викликів, що виникали в населеному пункті за певний період часу або кількість викликів, які були віднесені до окремої групи в залежності від їх специфіки.

В чисельнику та знаменнику у формулі (5) використовуються показники, які можна отримати за статистичними даними, які відображають процес функціонування АРФ.

У випадках, коли необхідно визначити необхідну загальну чисельність автомобілів-носіїв для населеного пункту числові значення показників формули (5) необхідно визначати при аналізі загального потоку викликів, а при визначенні кузовів-контейнерів до них при аналізі окремих потоків викликів, процес обслуговування яких має певну специфіку (коли до місця виклику необхідно направляти автомобіль-носіїв з кузовом-контейнером відповідного цільового призначення (пожежогасіння, ліквідація аварій з розливом та/або викидом небезпечних хімічних речовин, проведення аварійно-рятувальних робіт на місці дорожньо-транспортних пригод або аварійно-рятувальних робіт при раптовому обвалі будівельних конструкцій та ін.).

Найбільш простим і в той же час зручним способом визначення ймовірності залучення певної чисельності автомобілів-носіїв та відповідної номенклатури кузовів-контейнерів до ліквідації НС в населеному пункті є використання математичних моделей, які ґрунтуються на пуассонівському законі розподілу:

$$P_t(w) = (\lambda \cdot t_{з.сп.})^w \cdot e^{-\lambda \cdot t_{з.сп.}} / w!, \quad (6)$$

де $P_t(w)$ – ймовірність виникнення w викликів за час t ;

λ – частота надходження викликів до АРФ, викликів/год;

w – кількість можливих одночасних викликів (1, 2, 3 ...).

За математичною моделлю (6) можна проводити оцінку ймовірності виникнення певної кількості одночасних викликів у відповідному населеному пункті. Якщо показник середньої кількості викликів за певний період часу (λ) помножити на показник приведеної чисельності автомобілів на виклик (k_i), можна отримати показник частоти залучення автомобілів на обслуговування викликів з АРФ:

$$\lambda_{oT3.i} = \lambda \cdot k_i, \text{ автомобілів/годину.} \quad (7)$$

При підстановці параметру $\lambda_{oT3.i}$ у математичну модель (6) замість показника λ можна отримати математичну модель, яка дозволяє визначати ймовірність залучення певної чисельності оперативних ТЗ до обслуговування викликів в населеному пункті:

$$P_t(r) = (\lambda_{oT3.i} \cdot t_{з.сп.})^r \cdot e^{-\lambda_{oT3.i} \cdot t_{з.сп.}} / r!, \quad (8)$$

де r – чисельність одночасно залучених оперативних ТЗ на виклик (1, 2, 3 ...).

Розрахунок даних ймовірностей необхідно проводити до моменту утворення так званої «повної групи подій», тобто коли сума всіх можливих ймовірностей станів системи масового обслуговування не буде дорівнювати одиниці.

У відповідності до рекомендацій, які наведені в роботах [5, 8, 9] необхідну чисельність оперативних ТЗ для АРФ населеного пункту необхідно приймати саме за показником r при умові, що $P_i(r) = 0$. У відповідності до рекомендацій, які наведені в роботі [5] з економічних міркувань допускається приймати певні граничні значення показника $P_i(r)$ і враховуючи їх, обирати необхідну чисельність оперативних ТЗ для АРФ.

З метою виконання умови мінімізації часу доставки засобів та оснащення до місць ліквідації НС необхідно ввести обмеження, які полягають у тому, що у кожному окремому підрозділі АРФ повинен бути як мінімум один автомобіль-носіє та один кузов-контейнер з цільовим завданням пожежогасіння. Вид цільового призначення кузова-контейнера можна пояснити значною частістю виникнення НС, які пов'язані з пожежами у порівнянні з іншими видами НС на території нашої держави [13] при ліквідації яких залучаються сили та засоби ДСНС України. Розміщення мінімум одного автомобіля-носія по АРФ населеного пункту дозволяє забезпечити максимальну щільність оперативних ТЗ на території населеного пункту, тобто при цьому довжина маршруту прямування автомобілів при доставці засобів та оснащення до місць проведення оперативних робіт буде мінімальною. Прийняті обмеження можна представити у наступному вигляді:

$$N_{AP\Phi_i}^{a-n} \geq 1, \quad (9)$$

$$\sum N_{AP\Phi_i}^{a-n} \geq Q_{AP\Phi}, \quad (10)$$

$$N_{AP\Phi_i}^{kk.n} \geq 1, \quad (11)$$

$$\sum N_{AP\Phi_i}^{kk.n} \geq Q_{AP\Phi}, \quad (12)$$

де $N_{AP\Phi_i}^{a-n}$ - чисельність автомобілів-носіїв у i -му АРФ;

$N_{AP\Phi_i}^{kk.n}$ - чисельність кузовів-контейнерів з цільовим призначенням пожежогасіння у i -му АРФ;

$Q_{AP\Phi}$ – загальна чисельність АРФ у відповідному населеному пункті.

З метою визначення загальної чисельності автомобілів-носіїв і знімних кузовів-контейнерів цільове завдання яких пов'язане з проведенням пожежогасіння для АРФ населеного пункту та з метою виконання умови (10) і (12) можна використати наступну розрахункову формулу:

$$N_{AP\Phi.заг}^{a-n} = r_{a-n} + Q_{AP\Phi}, \quad (13)$$

$$N_{AP\Phi.заг}^{kk.n} = r_{kk.n} + Q_{AP\Phi}, \quad (14)$$

де $N_{AP\Phi.заг}^{a-n}$ - загальна чисельність автомобілів-носіїв для оснащення АРФ населеного пункту;

r_{a-n} – ймовірна чисельність одночасно залучених автомобілів-носіїв на виклик, що визначається з використанням математичної моделі (8);

$N_{AP\Phi.заг}^{kk.n}$ - загальна чисельність кузовів-контейнерів з цільовим призначенням пожежогасіння для оснащення АРФ населеного пункту;

$r_{kk.n}$ – ймовірна чисельність одночасно залучених кузовів-контейнерів з цільовим призначенням пожежогасіння на виклик, що визначається з використанням математичної моделі (8).

Наявність у розрахункових формулах (13) і (14) у якості перших доданків параметрів ймовірної чисельності одночасно залучених автомобілів-носіїв і кузовів-контейнерів з

цільовим завданням пожежогасіння на викликах дозволяє врахувати стохастичний характер процесу функціонування АРФ. Другий доданок - загальна чисельність АРФ у відповідному населеному пункті у розрахункових формулах (13) і (14) забезпечує виконання умов (10) і (12). Крім цього, на практиці трапляються випадки, коли одночасно на ліквідацію НС може залучатися понад 50 % наявних сил та засобів з АРФ, а тому другий доданок формул (13) і (14) ще дозволяє максимізувати ймовірність того, що на наступні виклики, які будуть виникати на території населеного пункту будуть негайно відправлені автомобілі-носії з кузовами-контейнерами, тобто затримки або відмови у обслуговуванні викликів не відбудеться.

З метою визначення загальної чисельності кузовів-контейнерів, які мають цільові завдання відмінні від пожежогасіння при розрахунках необхідно врахувати долю специфічних викликів від загальної чисельності, процес обслуговування яких потребує саме спеціалізованих кузовів-контейнерів (наприклад, кузовів-контейнерів для ліквідації НС, які пов'язані з розливами та/або викидами небезпечних хімічних речовин і радіаційно-небезпечних речовин). Розрахувати це можна за наступною формулою:

$$N_{АРФ.заг}^{kk.i} = r_{kk.i} + \lceil \zeta_i \cdot Q_{АРФ} \rceil, \quad (15)$$

де $N_{АРФ.заг}^{kk.i}$ - загальна чисельність кузовів-контейнерів з i -им цільовим призначенням, яке відмінне від пожежогасіння для оснащення АРФ населеного пункту;

$r_{kk.i}$ - ймовірна чисельність одночасно залучених кузовів-контейнерів з i -им цільовим призначенням, яке відмінне від пожежогасіння на виклик, що визначається з використанням математичної моделі (8);

ζ_i - доля викликів від їх загальної кількості, які надходять до АРФ населеного пункту специфіка яких потребує саме залучення кузовів-контейнерів з відповідним i -им цільовим призначенням.

У розрахунковій формулі (15) добуток $\zeta_i \cdot Q_{АРФ}$ необхідно округлювати у більшу сторону до цілого числа.

Висновки. Таким чином, було запропоновано спосіб, який призначений для визначення номенклатури і чисельності автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів до них, що ґрунтується на ймовірнісно-статистичних підходах та припущенні про пуассонівський характер надходження потоку викликів до АРФ. Поряд з цим, була пояснена необхідність у врахуванні показника приведеної чисельності автомобілів на виклик при проведенні оцінки зайнятості певної кількості автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів на місці ліквідації НС, а також врахування деяких обмежень, які стосуються комплектування даним видом оперативних ТЗ АРФ населеного пункту. У подальшому планується розробити порядок визначення необхідної номенклатури та чисельності кузовів-контейнерів і автомобілів-носіїв на основі запропонованого в даній роботі способу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Розпорядження КМУ № 368-р від 27 квітня 2011 року «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012-2016 роки» [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/368-2011-%D1%80>

2. Розпорядження КМУ №61-р від 25 січня 2017 року «Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-%D1%80>

3. Кодекс цивільного захисту України (зі змінами та доповненнями). – К. : Основа, 2016. – 144 с.

4. Ренкас А. Г. До концепції створення багатофункціонального пожежно-рятувального автомобіля контейнерного типу [Електронний ресурс] / А. Г. Ренкас, М. І. Сичевський //

Науковий репозитарій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2015. – Режим доступу : <http://ubgd.lviv.ua:8080/handle/123456789/831>

5. Брушлинский, Н. Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы [Текст]: учебник / Н.Н. Брушлинский – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

6. Алехин Е. М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов : автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : 05.13.10, 05.13.06 / Алехин Евгений Михайлович. – М., 1998. – 24 с.

7. Соколов С. В. Методологические основы разработки и использования компьютерных имитационных систем для исследования деятельности и проектирования аварийно-спасательных служб в городах: дис. на соискания уч. степени доктора тех. наук: 05.13.10 / Соколов Сергей Викторович – М., 1999. – 298 с.

8. Красавин А. В. Нормирование основных ресурсов подразделений муниципальной пожарно-спасательной службы: дис. на соискания уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Красавин Александр Вадимович. – М., 2005. – 220 с.

9. Сычев Я. В. Модель управления комплексной безопасностью промышленных парков / дис. на соискания уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Сычев Ян Валерьевич. – М., 2016. – 206 с.

10. Коробко В. Б. Нормирование минимального количества технических и кадровых ресурсов пожарно-спасательных служб городов [Электронный ресурс] / В. Б. Коробко, А. В. Красавин. – Режим доступа : <http://www.agps-2006.narod.ru/konf/2005/sb-2005/sec-1-05/25.1.05.pdf>

11. ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116

12. Ларін О. М. Розробка методики визначення чисельності парку автомобілів в пожежно-рятувальних підрозділах [Електронний ресурс] / Ларін О. М., Калиновський А. Я., Коваленко Р. І. // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. - №130. – С. 92-100. – Режим доступу : <http://repositsc.nuczu.edu.ua/?locale=uk>

13. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v--Ukrayini-za-2015-rik.html>