

УДК 351.861

В. А. Андронов, д.т.н., професор, проректор (ORCID 0000-0001-7486-482X)

О. А. Бурменко, ад'юнкт (ORCID 0000-0002-5014-2678)

О. І. Сошинський, к.мист., н.с. (ORCID 0000-0002-7921-1294)

Р. І. Шевченко, д.т.н., с.н.с., нач. наук. відділу (ORCID 0000-0001-9634-6943)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ОПЕРАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС

Вирішена актуальна науково-практична задача сфери цивільного захисту, а саме сформована експертно-статистична методика оцінки оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів різного територіального рівня підпорядкування ДСНС. Під час дослідження сформоване коло функціональних припущень до поля практичного застосування розробленої методики та введено до розгляду поняття оперативного потенціалу та оперативної здатності. Останнє дало змогу чітко параметризувати кількість та склад інтегральних коефіцієнтів прямого та не прямого впливу на величину оперативного потенціалу та оперативної здатності основних аварійно-рятувальних підрозділів різного територіального рівня підпорядкування ДСНС за напрямками основної діяльності. Практичне значення експертно-статистичної методики, у складі керуючого алгоритму та його методологічного наповнення, полягає у можливості провести розрахунок необхідної штатної чисельності аварійно-рятувальних підрозділів різного територіального рівня підпорядкування ДСНС, виходячи з наявних та прогнозних рівнів потенційної небезпеки природного, техногенного, соціального та воєнного характеру та врахувати їх взаємовплив. Особливостями такого підходу є можливість у якості математичного апарату для розрахунку прогнозних показників небезпеки використовувати вже відомі та апробовані підходи, що в цілому забезпечить високий рівень достовірності кінцевих результатів застосування експертно-статистичної методики. Аналіз попередніх результатів розрахунків щодо оптимізації чисельності особового складу аварійно-рятувальних підрозділів дозволив, по-перше, обґрунтовано, рекомендувати поетапне збільшення чисельності оперативних підрозділів територіального підпорядкування, з урахуванням регіональних особливостей територіального виникнення небезпеки природного та техногенного характеру; по-друге, визначити подальші напрямки дослідження, а саме в частині визначення послідовності та схеми застосування окремих груп процедур реалізації керуючого алгоритму експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, оперативний потенціал, оперативна здатність, математичне моделювання, експертно-статистична методика

1. Вступ

Постійно зростаючий рівень небезпеки природного, техногенного, соціального та воєнного характеру вимагає проведення постійних комплексних заходів, які направлені на підвищення функціональної ефективності Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій (ДСНС) [1]. Ці заходи класифікуються, як за рівнем організації (об'єктові, місцеві, регіональні, державні), так і за методами їх реалізації (організаційні, оперативні, інженерні, інформаційні).

Всебічне виконання наведених заходів визначається наявним оперативним потенціалом основних підрозділів щодо реалізації функцій за призначенням, та можливостями допоміжних підрозділів забезпечити високий рівень оперативної здатності основних підрозділів. На сьогодні в ДСНС відсутня єдина методика розрахунку потреб оперативного потенціалу та оперативної здатності основних підрозділів, яка б базувалася на сучасній уяві процесів попередження надзвичайних ситуацій та відповідному математичному апараті.

Від так формування аналітичного апарату з визначення потреб та оперативних можливостей територіальних підрозділів з урахуванням існуючих на сьогодні прогнозних методик з оцінки динаміки зміни рівня природної, техногенної, соціальної та воєнної територіальної небезпеки є нагальною на часі, проблемою сфери цивільного захисту.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Завдання дослідження та розрахунку ефективності залучення оперативного потенціалу аварійно-рятувальних підрозділів – одна з найскладніших, що вирішуються менеджерами підприємств та працівниками управління територіальними підрозділами реагування на надзвичайні ситуації [2]. Науковим підґрунтям для розробки окремих рекомендацій з цього напрямку в провідних країнах світу слід вважати низку фундаментальних робіт з моделювання оперативних можливостей аварійно-рятувальних та пожежних підрозділів.

Так в роботі [3] автори пропонують проводити моделювання необхідних потреб на операції з пожежогасіння через моделювання потоків дискретних викликів. Однак такий підхід не дозволяє провести узагальнення та поширити запропоновану методологію на всі види робіт аварійно-рятувального характеру.

В роботі [4], застосовується моделювання розподілу ресурсів для проведення заходів з ліквідації пожеж різного характеру походження та протікання. Однак, при цьому, завдання з оцінки людських ресурсів в роботі не розглядається.

В роботі [5], моделювання процесу прийняття стратегічних управлінських рішень проводиться з використанням методу еволюційних алгоритмів в задачах ліквідації пожеж. Не вирішеним залишається можливість поширення отриманого досвіду на інші функціональні завдання.

Низка робіт стосується безпосередньо питань застосування вже відомих керуючих алгоритмів при вирішенні практичних задач з ліквідації лісових [6] та ландшафтних [7] пожеж. Або як наведено в роботі [8] враховуються специфічні умови виникнення та поширення надзвичайних ситуацій та пожеж. Всі вони базуються на детерміновану числі особового складу, та не дають змоги прогнозувати необхідне збільшення його чисельності у довгостроковому прогнозі в залежності від негативного впливу на стан безпеки території чинників природного, техногенного, воєнного та соціального характеру.

Питанням визначення оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів, в залежності від ризику природного характеру, присвячена робота [9]. Основним недоліком останньої є конкретизації характеру надзвичайної ситуації, як-то цунамі та не можливість узагальненого застосування отриманих рекомендацій.

В роботі [10] техногенний коефіцієнт впливу на кількісні показники необхідного оперативного потенціалу визначається з урахуванням байєсівського підходу до мережі. Це, у свою чергу потребує спеціалізованої обробки початкових даних, що не завжди можливо реалізувати на об'єктовому та міському рівні формування інформаційного потоку.

В роботі [11] при визначенні кількісних характеристик оперативного потенціалу підрозділів пропонується застосувати спеціально розроблену модель, яка враховує деякі аспекти діяльності аварійно-рятувальних підрозділів. Однак кількість змінних параметрів не достатня для комплексного визначення потреби оперативного потенціалу. Як бачимо оперативні завдання аварійно-рятувальних підрозділів розглядаються не системно та без їх взаємовпливу на рівень, як операти-

вного потенціалу, так і оперативної здатності. Питання прогнозування виникнення територіальних небезпек [12] хоч і розглянуті дослідниками у досить повній мірі, з рівнем оперативного потенціалу та оперативної здатності не пов'язувався.

У зв'язку з цим, невирішеною частиною проблеми є відсутність, на цей, комплексної експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів ДСНС в умовах сучасних небезпек та соціальних трансформацій.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є формування експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів ДСНС в умовах сучасних небезпек та соціальних трансформацій.

Для забезпечення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити основні теоретичні положення методологічного апарату експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів.

2. Розробити, на базі отриманих теоретичних положень, комплексну експертно-аналітичну методику оцінки оперативних можливостей структурних підрозділів ДСНС за напрямками їх діяльності.

4. Розробка методологічного апарату з оцінки оперативної можливості територіальних підрозділів

Розробка експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів ДСНС в умовах зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного, техногенного, воєнного характеру та соціальної напруги вимагає чіткого визначення існуючих функціональних припущень та формування нового понятійного апарату, який би у повній мірі відображав сучасні соціальні та правові трансформації у сфері безпеки суспільства.

Так маємо наступні доповнення до існуючого методологічного апарату:

– оперативний потенціал – узагальнена числова характеристика функціональних можливостей основних підрозділів ДСНС у повному обсязі виконувати покладені за напрямком спеціалізації завдання;

– оперативна здатність – узагальнена числова характеристика основних оперативних підрозділів виконувати оперативні завдання за напрямком спеціалізації;

– оперативна можливість – нормований показник розрахований як множина нормованого оперативного потенціалу та нормованої оперативної здатності основних підрозділів ДСНС у повному обсязі виконувати покладені за напрямком спеціалізації завдання.

Сформовані визначення узгоджуються між собою та взаємодіють в рамках сталого нормативно-правового поля в наступних межах:

– по-перше, надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру до регіонального рівня поширення включно, це надзвичайні ситуації, які локалізуються та остаточно ліквідуються функціональними можливостями оперативного потенціалу територіального підрозділу без залучення додаткових сил та засобів;

– по-друге, функціональною основою оперативного потенціалу територіального підрозділу регіонального рівня є наявний особовий склад, рівень якого характеризується наявними професійними знаннями та навичками;

– о-третє, технічне та інфраструктурне забезпечення функціональної основи оперативного потенціалу є відображенням вимог діючих норм щодо забезпечення

ефективності дій особового складу оперативного потенціалу. Наявність останніх, у повній мірі, залежить лише від часу їх поетапного введення в експлуатацію та фінансування;

– у четвертих, оперативна здатність оперативного потенціалу територіального підрозділу регіонального рівня визначається наявним особовим складом підрозділів забезпечення, рівень якого характеризується наявними професійними знаннями та навичками.

5. Розробка комплексної експертно-статистичної методики з оцінки оперативних можливостей структурних підрозділів

Експертно-статистична методика оцінки оперативних можливостей структурних підрозділів ДСНС, що формується складається з трьох етапів, а саме:

I етап – обґрунтування параметрів та формування аналітичної залежності визначення динаміки зміни оперативного потенціалу основних структурних підрозділів за напрямками спеціалізації;

II етап – обґрунтування параметрів та формування аналітичної залежності з визначення динаміки зміни оперативної здатності основних оперативних підрозділів;

III етап – формування керуючого алгоритму комплексної методики оцінки оперативних можливостей структурних підрозділів ДСНС:

З аналізу сталої нормативно-правової та аналітичної бази, до коефіцієнтів прямого впливу на рівень оперативного потенціалу основних підрозділів відносяться: $K_{НС}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт зростання рівня небезпеки; де i – напрямок діяльності оперативних підрозділів; j – номер територіального підрозділу до якого здійснюється процедура розрахунку.

Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (1)

$$K_{НС}^{ij} = K_{НТ}^{ij} \cdot K_{НП}^{ij} \cdot K_{НС}^{ij} \cdot K_{НВ}^{ij}, \quad (1)$$

де $K_{НТ}^{ij}$ – коефіцієнт зростання рівня небезпеки техногенного характеру; $K_{НП}^{ij}$ – коефіцієнт зростання рівня небезпеки природного характеру; $K_{НС}^{ij}$ – коефіцієнт зростання рівня небезпеки соціального характеру; $K_{НВ}^{ij}$ – коефіцієнт зростання рівня небезпеки воєнного характеру за методом експертної оцінки з урахуванням статистичного матеріалу [1].

За відсутності статистичної інформації за окремими напрямками основної діяльності, або неможливості прямої експертної оцінки територіального підрозділу приймається середньозважена оцінка за регіоном.

$K_{ГНС}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт глобалізації рівня небезпеки. Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (2), як максимально середньозважена оцінка небезпеки трансграничного впливу країн, що межують з Україною

$$K_{ГНС}^{ij} = \max \{K_{ТН}^{kj}\} k_1 = \dots m, \quad (2)$$

де $K_{ТН}^{kj}$ – експертна оцінка поширення небезпеки від k_1 – країни, що межує з j – територіальним підрозділом; $K_{УНС}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт ускладнення та збільшення кола задач запобігання НС та пожежам.

Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (3), як множина експертних середньозважених оцінок щодо збільшення та ускладнення завдань за основними $K_{узо}^{ij}$ та додатковими $K_{узд}^{ij}$ функціональними обов'язками:

$$K_{узс}^{ij} = K_{узо}^{ij} \cdot K_{узд}^{ij}, \quad (3)$$

де $K_{урс}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт ускладнення та збільшення кола задач реагування на надзвичайні ситуації та пожежі.

Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (4), як множина експертних середньозважених оцінок щодо збільшення та ускладнення завдань за основними $K_{уро}^{ij}$ та додатковими $K_{урд}^{ij}$ функціональними обов'язками:

$$K_{урс}^{ij} = K_{уро}^{ij} \cdot K_{урд}^{ij}, \quad (4)$$

$K_{нвс}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності існуючої штатної чисельності $Q_{штф}^{ij}$ до штатної чисельності $Q_{штпот}^{ij}$, яка передбачається за нормативним розрахунком.

Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (5), як максимально із середньозважена експертна оцінка нормативної відповідності за існуючими нормативними розрахунками за напрямом діяльності (і):

$$K_{нвс}^{ij} = \max \{ K_{нвq_{n_3}}^{ij} \} \text{ за умов } n_3 = 1 \dots m_1, \quad (5)$$

де

$$K_{нвq_{n_3}}^{ij} = \frac{Q_{штф}^{ij}(q_n)}{Q_{штпот}^{ij}(q_n)}, \quad (6)$$

m_1 – кількість затверджених нормативно-правових актів, що визначають нормативну потребу штатної чисельності за (і) напрямком діяльності оперативних підрозділів.

Визначений коефіцієнт може приймати значення в діапазоні від $(0 - 1]$. Досягнення верхньої межі фактично відповідає цілковитому врахуванню вимог діючих нормативно-правових актів, якими визначається штатна чисельність оперативних підрозділів за (і) напрямком діяльності. В рамках процесу імплементації та гармонізації чинного нормативно-правового та законодавчого поля до вимог законодавчого поля країн ЄС та провідних країн світу, в частині забезпечення дієвої безпеки населення, на кшталт США, Канади, Великобританії тощо, запропонований коефіцієнт слід розглядати у порівнянні зі світовою практикою формування штатної чисельності оперативних підрозділів, що потребує доповнення виразів (5) та (6) виразом щодо прямої експертної оцінки нормативної положеності за нормативно-правовими документами, які проходять імплементацію, а саме:

$$K_{нвс}^{ij} = \max \{ K_{нвс}^{ij}, K_{нвс}^{ip} \dots K_{нвс}^{ipmr} \}, \quad (7)$$

де $K_{нвс}^{ij}$ – гармонізований інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності;
 $K_{нвс}^{ij}, K_{нвс}^{ipmr}$ – інтегральні коефіцієнти нормативної відповідності за (і) напрямком

діяльності оперативних підрозділів країн світу ($p_1 \dots p_m$), чие законодавство імплементується.

$K_{\text{ЯНС}}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт зміни якісного складу населення. Наведений коефіцієнт розраховується, за виразом (8), як множина експертних середньозважених оцінок щодо кількісної зміни населення $K_{\text{КіЛН}}^j$, зростання рівня урбанізації $K_{\text{УрбН}}^j$, збільшення населення з фізичними обмеженнями в екстремальних умовах (люди похилого віку, люди з особливими вадами тощо) $K_{\text{ФОН}}^j$:

$$K_{\text{ЯНС}}^{ij} = K_{\text{КіЛН}}^j \cdot K_{\text{УрбН}}^j \cdot K_{\text{ФОН}}^j, \quad (8)$$

$K_{\text{ЯТС}}^{ij}$ – інтегральний коефіцієнт зміни території обслуговування.

Наведений коефіцієнт розраховується у відповідності до виразу (9), як множина експертних середньозважених оцінок щодо кількісної зміни ПНО та ОПН в зоні обслуговування j – оперативного підрозділу $K_{\text{ПНОТ}}^{ij}$; кількісної зміни об'єктів з масовим перебуванням людей та їх складністю $K_{\text{ОМЛТ}}^{ij}$; кількісної зміни об'єктів підвищеної поверховості $K_{\text{ОППТ}}^{ij}$; кількісної зміни об'єктів за межами нормативного часу прибуття $K_{\text{ОНЧТ}}^{ij}$ (виникає у разі зміни меж територіальних громад):

$$K_{\text{ЯТС}}^{ij} = K_{\text{ПНОТ}}^{ij} \cdot K_{\text{ОМЛТ}}^{ij} \cdot K_{\text{ОППТ}}^{ij} \cdot K_{\text{ОНЧТ}}^{ij}, \quad (9)$$

У підсумку ми отримаємо прогнозовану чисельність особового складу основних оперативних підрозділів виходячи з прогнозної потреби оперативного потенціалу ОП_j^i , який визначається за виразом (10):

$$\text{ОП}_j^i = \text{ОП}_{\text{Ф}j}^i \cdot \frac{K_{\text{НС}}^{ij} \cdot K_{\text{ГНС}} \cdot K_{\text{УЗС}}^{ij} \cdot K_{\text{УРС}}^{ij} \cdot K_{\text{ЯНС}}^{ij}}{K_{\text{НВГС}}^{ij}}, \quad (10)$$

де $\text{ОП}_{\text{Ф}j}^i$ – оцінка фактичного стану оперативного потенціалу з урахуванням наявного некомплекту основних підрозділів, розраховується за виразом (11):

$$\text{ОП}_{\text{Ф}j}^i = \frac{(\text{ШЧ}_j^i - \text{Н}_j^i)}{100}, \quad (11)$$

де ШЧ_j^i – штатна чисельність особового складу (j) оперативного підрозділу за (i) напрямком основної діяльності.

Від так шукана прогнозна чисельність особового складу основних оперативних підрозділів з урахуванням прогнозного зростання оперативного потенціалу основних підрозділів ДСНС визначається за виразом (12):

$$\text{ПШЧ}_j^i(\text{ОП}) = \text{ШЧ}_j^i \cdot \text{ОП}_j^i, \quad (12)$$

Загальна прогнозна штатна чисельність особового складу оперативних підрозділів визначається:

у разі загальної чисельності по (j) територіального підрозділу за виразом (13):

$$\text{ПШЧ(ОП)}_j = \sum_{i=1}^{m_i} \text{ПШЧ(ОП)}_j^i, \quad (13)$$

де m_i – кількість основних напрямків діяльності (j) територіального підрозділу;

у разі загальної чисельності по (i) напрямку основної діяльності за виразом (14):

$$\text{ПШЧ(ОП)}^i = \sum_{j=1}^{m_j} \text{ПШЧ(ОП)}_j^i, \quad (14)$$

де m_j – кількість територіальних підрозділів де функціонально передбачено виконання (i) напрямку основної діяльності;

у разі загальної чисельності потреб ДСНС по особовому складу оперативних підрозділів за виразом (15):

$$\text{ПШЧ(ОП)}^{\text{ДСНС}} = \sum_{i=1}^{m_i} \sum_{j=1}^{m_j} \text{ПШЧ(ОП)}_j^i. \quad (15)$$

Високий рівень оперативної здатності основних підрозділів визначається чітким нормативним співвідношенням чисельності особового складу основних та допоміжних підрозділів. З іншого боку сучасний розвиток інформаційних технологій, як і в частині організації взаємодії так і в частині управління підрозділами, удосконалення системи соціальної та психологічної підтримки, дозволяє застосувати при визначенні ефективності оперативної здатності основних підрозділів саме експертно-статистичний підхід, що був заснований і до обґрунтування оперативного потенціалу.

Тоді до коефіцієнтів прямого впливу на рівень оперативної здатності основних підрозділів відносяться:

$K_{\text{НВЗ}\Sigma}^{i\varphi j}$ – інтегральний коефіцієнт нормативної відповідності існуючої штатної чисельності $Q_{\text{ШТЗПОТ}}^{i\varphi j}$, яка передбачається за $q_{\text{нф}}$ – нормативним розрахунком.

Наведений коефіцієнт розраховується з відповідності до виразу (16), як максимальна із оцінок співвідношення нормативної відповідності за існуючими нормативними розрахунками за (φ) напрямком забезпечення оперативної здатності (i) напрямку основної діяльності:

$$K_{\text{НВЗ}\Sigma}^{i\varphi j} = \max \left\{ K_{\text{НВЗ}\Sigma q_{\text{нф}}}^{i\varphi j} \right\} \text{ за умов } q_{\text{нф}} = 1 \dots m_{\varphi}, \quad (16)$$

$$\text{де } K_{\text{НВЗ}\Sigma}^{i\varphi j} = \frac{Q_{\text{ШТЗ}\Phi}^{i\varphi j}(q_{\text{нф}})}{Q_{\text{ШТЗПОТ}}^{i\varphi j}(q_{\text{нф}})}, \quad (17)$$

(m_{φ}) – кількість затверджених нормативно-правових актів, що методологічно визначають нормативну потребу штатної чисельності за (φ) напрямком забезпечення оперативної здатності (i) напрямку основної діяльності.

Зазначений коефіцієнт теоретично може приймати значення в діапазоні від $(0-1]$. Досягнення верхньої межі фактично відповідає врахуванню вимог діючих нормативно-правових актів. Наступний крок, як і у випадку з вирішенням чисельності оперативного потенціалу стосується процесу імплементації чинного законодавства до вимог законодавства провідних країн світу. Його виконання дозволяє доповнити вирази (16) та (17) виразом щодо експертної оцінки нормативної положеності за нормативно-правовими документами, які проходять імплементацію у вигляді гармонізованого інтегрального коефіцієнту $K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi\gamma}$ нормативної відповідності за оперативним забезпеченням (18):

$$K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi j} = \max \left\{ K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi j}, K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi p_1}, \dots, K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi p_m} \right\} \quad (18)$$

де $K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi p_1}, \dots, K_{\text{НВЗГ}\Sigma}^{\text{i}\varphi p_m}$ – інтегральні коефіцієнти нормативної відповідності за (φ) напрямком забезпечення оперативної здатності (i) напрямку оперативного потенціалу відповідних країн світу.

$K_{\text{УПР}\Sigma}^{\text{i}\varphi j}$ – інтегральний коефіцієнт якості управління оперативним потенціалом.

Наведений коефіцієнт розраховується за виразом (19), як множина експертних середньозважених оцінок щодо зростання людських ресурсів необхідних для забезпечення: $(K_{\text{взаєм}}^{\text{i}\varphi j})$ – взаємодії, $(K_{\text{коорд}}^{\text{i}\varphi j})$ – координації, $(K_{\text{контр}}^{\text{i}\varphi j})$ – контролю:

$$K_{\text{УПР}\Sigma}^{\text{i}\varphi j} = K_{\text{взаєм}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{коорд}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{контр}}^{\text{i}\varphi j}, \quad (19)$$

де $K_{\text{інф}\Sigma}^{\text{i}\varphi j}$ – інтегральний коефіцієнт якості інформаційно-телекомунікаційної підтримки оперативного потенціалу.

Наведений коефіцієнт розраховується за виразом (20), як множина експертних середньозважених оцінок щодо збільшення обсягів інформаційного навантаження $(K_{\text{інфор}}^{\text{i}\varphi j})$ та складності засобів телекомунікації та зв'язку $(K_{\text{зв}}^{\text{i}\varphi j})$:

$$K_{\text{УПР}\Sigma}^{\text{i}\varphi j} = K_{\text{взаєм}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{коорд}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{контр}}^{\text{i}\varphi j}, \quad (20)$$

де $K_{\text{суп}\Sigma}^{\text{i}\varphi j}$ – інтегральний коефіцієнт якості супроводу оперативного потенціалу.

Наведений коефіцієнт розраховується за виразом (21), як множина експертних середньозважених оцінок щодо забезпечення ефективного рівня супроводу: психологічного $(K_{\text{псих.суп.}}^{\text{i}\varphi j})$; медичного та реабілітаційного $(K_{\text{мед.суп.}}^{\text{i}\varphi j})$; соціального $(K_{\text{соц.суп.}}^{\text{i}\varphi j})$; правового $(K_{\text{прав.суп.}}^{\text{i}\varphi j})$; технічно-експлуатаційного $(K_{\text{тех.суп.}}^{\text{i}\varphi j})$:

$$K_{\text{суп}\Sigma}^{\text{i}\varphi j} = K_{\text{псих.суп.}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{мед.суп.}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{соц.суп.}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{прав.суп.}}^{\text{i}\varphi j} \cdot K_{\text{тех.суп.}}^{\text{i}\varphi j}. \quad (21)$$

У підсумку ми отримуємо прогнозу чисельність особового складу допоміжних підрозділів, виходячи з прогнозу чисельності основних підрозділів забезпечення за виразом (22):

$$OZ_j^{i\phi} = OZ_{\phi j}^{i\phi} \frac{K_{\text{упр}\Sigma}^{i\phi j} \cdot K_{\text{инф}}^{i\phi j} \cdot K_{\text{суп}}^{i\phi j}}{K_{\text{НВЗГ}\Sigma}}, \quad (22)$$

де $OZ_j^{i\phi}$ – оцінка фактичного стану оперативної здатності з урахуванням наявного компонента підрозділів забезпечення, який розраховується за виразом (23):

$$OZ_{\phi j}^{i\phi} = \frac{(\text{ШЧ}_j^{i\phi} \cdot H_j^{i\phi})}{100}, \quad (23)$$

де $\text{ШЧ}_j^{i\phi}$ – штатна чисельність особового складу (y) допоміжного підрозділу за (i) напрямком основної діяльності; $H_j^{i\phi}$ – некомплект особового складу (ϕ) допоміжного підрозділу за (i) напрямком основної діяльності.

Від так шукана прогнозна чисельність особового складу допоміжних підрозділів з урахуванням прогнозного зростання оперативного потенціалу та необхідності забезпечення його ефективної оперативної здатності визначається за виразом (24):

$$\text{ПШЧ}(OZ)_j^{i\phi} = \text{ШЧ}_j^{i\phi} \cdot OZ_j^{i\phi}, \quad (24)$$

де $\text{ПШЧ}(OZ)_j^{i\phi}$ – прогнозна штатна чисельність особового складу (y) допоміжного підрозділу за (i) напрямком основної діяльності оперативного потенціалу.

Загальна прогнозна штатна чисельність особового складу допоміжних підрозділів визначається:

у разі загальної чисельності по (j) територіальному підрозділу за виразом (25):

$$\text{ПШЧ}(OZ)_j = \sum_{i=1}^{m_i} \sum_{\phi=1}^{m_{\phi}} \text{ПШЧ}(OZ)_j^{i\phi}, \quad (25)$$

де m_{ϕ} – кількість напрямків забезпечення (i) напрямку основної діяльності (j) територіального підрозділу;

у разі загальної чисельності потреб ДСНС $\text{ПШЧ}^{\text{ДСНС}}$ по особовому складу допоміжних підрозділів за виразом (26):

$$\text{ПШЧ}(OZ)^{\text{ДСНС}} = \sum_{j=1}^{m_j} \sum_{i=1}^{m_i} \sum_{\phi=1}^{m_{\phi}} \text{ПШЧ}(OZ)_j^{i\phi}. \quad (26)$$

Відповідно загальна потреба ДСНС в штатній чисельності буде визначатися за виразом (27):

$$\sum \text{ПШЧ}^{\text{ДСНС}} = \text{ПШЧ}(\text{ОП})^{\text{ДСНС}} + \text{ПШЧ}(OZ)^{\text{ДСНС}}. \quad (27)$$

Як і у вирішенні задачі прогносної оцінки штатної потреби оперативного потенціалу, при вирішенні задачі прогносної оцінки штатної потреби оперативної

здатності розвиток необхідної інфраструктури, технічне дооснащення, підвищення фахової якості кадрів формує часові проміжки досягнення необхідного рівня оперативної здатності, яка відповідає прогнозованому рівню оперативного потенціалу.

Наведену експертно-статистичну методику (1-27) з оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів ДСНС слід доповнити керуючим алгоритмом її застосування, який наведено на рис. 1.



Е - застосування експертно-статистичної методи

Рис. 1. Керуючий алгоритм застосування експертно-статистичної методики оцінки оперативної можливості територіальних підрозділів ДСНС

Керуючий алгоритм експертно-статистичної методики оцінки оперативної можливості територіальних підрозділів ДСНС складається з 19 блоків, які розмі-

щено на 5 ієрархічних рівнях (добір експертів та методу проведення експертизи; визначення показників експертної оцінки та їх діапазонів; безпосереднє застосування експертно-статистичної методики; формування пропозицій щодо забезпечення необхідного рівня ефективності оперативних можливостей територіальних підрозділів; визначення періодичності проведення експертно-статистичної оцінки та розробка відповідного нормативно-правового супроводу) та пов'язані прямими та зворотними аналітичними зв'язками.

6. Обговорення результатів застосування експертно-статистичної методики

Аналізуючи розроблену експертно-статистичну методичку в частині визначення потреб штатної чисельності особового складу основних підрозділів слід зазначити. Остання повинна враховувати наступні умови.

Коефіцієнт інфраструктурного насичення оперативних підрозділів місцями постійної дислокації ($K(ОП)_{ji}^{інф}$) повинен відповідати прогнозній чисельності особового складу оперативних підрозділів та залежати від загального вмісту інфраструктури $\sum Q(ОП)_{ji}^{інф}$ місць постійної дислокації (j) територіального підрозділу у відповідності до існуючої нормативно-правової бази, яка регламентує питання розміщення та функціонування оперативних підрозділів за (i) напрямком основної діяльності.

З метою забезпечення ефективного функціонування основних оперативних підрозділів фактичний коефіцієнт інфраструктурного насичення повинен знаходитися в межах діапазону $[ОП_{фj}^i \div 1]$.

Коефіцієнт технічного насичення оперативних підрозділів основною та спеціалізованою технікою $K(ОП)_{ji}^{тех}$ повинен відповідати прогнозній чисельності особового складу оперативних підрозділів. Останній залежить від загальної кількості особового складу $\sum Q(ОП)_{ji}^{тех}$, яка передбачається у (j) територіальному підрозділі у відповідності до існуючої нормативно-правової бази, яка регламентує питання ефективного оперативного функціонування основних підрозділів.

Фактичний коефіцієнт технічного насичення повинен знаходитися в межах діапазону $[1 \div 1 \cdot K_{рез(i)}^{тех}]$. Верхня границя діапазону визначається коефіцієнтом резервування техніки та обладнання $K_{рез(i)}^{тех}$ за (i) – напрямком основної діяльності у відповідності до існуючої нормативно-правової бази.

Коефіцієнт професійного насичення оперативних підрозділів фахівцями потрібної кваліфікації $K(ОП)_{ji}^{проф}$ повинен відповідати прогнозній чисельності особового складу оперативних підрозділів. Останній залежить від загальної можливості $\sum Q(ОП)_{ji}^{проф}$ спеціалізованих структурних підрозділів системи ДСНС з підготовки фахівців необхідної кваліфікації за (i) напрямком основної діяльності.

З метою забезпечення ефективного функціонування основних оперативних підрозділів фактичний коефіцієнт професійного насичення повинен знаходитися в межах діапазону $[1 \div 1 + (1 - ОП_{фj}^i)]$.

Як бачимо зазначені коефіцієнти $K(ОП)_{ji}^{інф}$, $K(ОП)_{ji}^{тех}$ та $K(ОП)_{ji}^{проф}$ – є коефіцієнтами непрямого впливу. Їх фактичне стале значення та прогнозна динаміка

зміни дозволять визначити фактичні часові проміжки реалізації збільшення оперативного потенціалу ДСНС до необхідного рівня ефективності.

При розробці фактичних програм удосконалення кадрового потенціалу слід орієнтуватися на більш тривалі терміни реалізації відповідного напрямку оперативного потенціалу або оперативної здатності виходячи із загальної умови ефективності оперативних можливостей $OM^{ДСНС}$ ДСНС. Остання полягає у перевищенні рівня оперативних можливостей над рівнем потенційної небезпеки $P_{небез}$, який у свою чергу визначається шляхом множини - відповідно рівнів природної та техногенної $P_{небез}^{пр}$, $P_{небез}^{тех}$ небезпеки території України та $K_{впл}^{воен}$, $K_{впл}^{соц}$ – коефіцієнтів взаємовпливу небезпек воєнного та соціального характеру на стан природної та техногенної безпеки території України.

7. Висновки

1. Отримано основні теоретичні положення методологічного апарату експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів, що дало змогу чітко параметризувати кількість та склад інтегральних коефіцієнтів прямого та не прямого впливу на величину оперативного потенціалу та оперативної здатності основних структурних підрозділів ДСНС за напрямками основної діяльності.

2. Розроблена експертно-статистична методика, у складі керуючого алгоритму та його методологічного наповнення, дозволяє у подальшому провести розрахунок необхідної штатної чисельності оперативного потенціалу та оперативної здатності територіальних підрозділів ДСНС, виходячи з наявних та прогнозних рівнів потенційної небезпеки природного, техногенного, соціального та воєнного характеру та врахувати їх взаємовплив. Особливостями такого підходу є можливість у якості математичного апарату для розрахунку прогнозних показників небезпеки використовувати вже відомі та апробовані підходи, що в цілому забезпечить високий рівень достовірності кінцевих результатів застосування експертно-статистичної методики оцінки оперативних можливостей територіальних підрозділів ДСНС в умовах сучасних небезпек та соціальних трансформацій. Практичне застосування наведеної методики щодо оптимізації кадрового складу аварійно-рятувальних підрозділів дозволило, обґрунтовано, рекомендувати поетапне збільшення чисельності основних оперативних підрозділів на I етапі (виконання нормативних вимог законодавства) – 35%; на другому етапі (за наявності існуючої інфраструктури) – 61 %; на третьому етапі (розбудова відповідної інфраструктури) у 2,3 рази.

Література

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. Київ. 2019. Available at: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehno-gennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2018-rik.html>
2. Шевченко Р. І. Визначення теоретичних основ інформаційно-комунікативного підходу до формування та аналізу систем моніторингу надзвичайних ситуацій // Системи обробки інформації. 2016. 5(142). С. 202–206.
3. Aleisa, Esra, and Mehmet Savsar. Modeling of Firefighting Operations through Discrete Event Simulation // International Journal of Computer Theory and Engineering 5.4. 2014: 678.

4. Lee, Yohan, Byungdoo Lee, and Kyung Ha Kim. Optimal spatial allocation of initial attack resources for firefighting in the republic of Korea using a scenario optimization model // Journal of Mountain Science 11.2. 2014: 323-335.

5. Clarke, Alastair, and John Christopher Miles. Strategic Fire and Rescue Service decision making using evolutionary algorithms // Advances in Engineering Software 50. 2012: 29-36.

6. Castillo E., and Francisco Rodriguez. Determining response times for the deployment of terrestrial resources for fighting forestfires: A case study: Mediterranean-Chile // Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura 42.1. 2015: 97-107.

7. Claridge Ed, and Michael Spearpoint. New Zealand fire service response times to structure fires. // Procedia engineering 62. 2013:1063-1072.

8. Tabirca, Sabin, Laurence T. Yang, and Tatiana Tabirca. Fire Hazard Safety Optimization // Procedia Computer Science 51. 2015: 2759-2763.

9. Wood N. J.; Schmidtlein M. C. Anisotropic path modeling to assess pedestrian evacuation potential from cascadia-related tsunamis in the US Pacific Northwest. Nat. Hazards 2012. 62. 275-300.

10. Musharraf M., Smith J., Khan F., Veitch B., MacKinnon S. Assessing offshore emergency evacuation behavior in a virtual environment using a bayesian network approach. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2016. 152. 28-37.

11. Wei X., Lv W., Song W. Rescue route reselection model and algorithm for the unexpected accident. Procedia Eng. 2013. 62. 532-537.

12. Андронов В. А., Тютюник В. В., Шевченко Р. І. та інші. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек. Навчальний посібник // НУЦЗУ. 2011. 264 с.

V. Andronov, DSc, Professor, Vice Rector

A. Burmenko, Cadet

A. Soshunsky, PhD, Researcher

*R. Shevchenko, DSc, Senior Research, Head of Scientific Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

FORMATION OF EXPERT-STATISTICAL METHODS OF ASSESSMENT OF OPERATIONAL POSSIBILITIES OF TERRITORIAL SUBSIDIARIES

The actual scientific and practical problem of the sphere of civil protection is solved in the work, namely the expert and statistical method of estimation of operational capabilities of the emergency rescue units of different territorial level of subordination of the SES of Ukraine. In the course of the decision of the scientific and practical problem the following tasks are considered, namely, the development of the basic theoretical provisions of the methodological apparatus of the expert-statistical methodology for evaluating the operational capabilities of the territorial units; on the basis of the basic theoretical provisions the basic mathematical dependences of the complex expert-analytical method of estimation of operational capabilities of the emergency-rescue units of different territorial level of subordination of the SES of Ukraine by directions of their activity are determined. The basic methods used in the work are methods - system analysis, statistical analysis, theory of expert assessments. During the research, a set of functional assumptions was formulated into the field of practical application of the developed methodology and introduced to the concept of operational potential and operational capacity. The latter made it possible to accurately parameterize the number and composition of the integral coefficients of direct and non-direct influence on the magnitude of operational potential and operational capacity of the main emergency rescue units of different territorial levels of subordination of the SES of Ukraine in the main activities. The practical significance of the expert-statistical methodology, as part of the control algorithm and its methodological content, is the ability to calculate the required staffing of the emergency rescue units of different territorial levels of

subordination of the SES of Ukraine, based on the existing and forecast levels of potential technogenic potential natural hazards character and take into account their mutual influence. The peculiarities of this approach are the ability to use already known and tested approaches as a mathematical apparatus for calculating the risk indicators, which in general will ensure a high level of reliability of the final results of the application of the expert-statistical methodology.

Keywords: emergency situation, operational potential, operational capacity, mathematical modeling, expert-statistical method

References

1. Analitichnyi ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini za 2018 rik (2019). Kyiv. Available at: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v--Ukrayini-za-2015-rik.html>
2. Shevchenko, R. I. (2016). Vyznachennia teoretychnykh osnov informatsiino-komunikatyvnoho pidkhodu do formuvannia ta analizu system monitorynhu nadzvychainykh sytuatsii. *Systemy obrobky informatsii*, 5(142), 202–206.
3. Aleisa, Esra, and Mehmet Savsar (2014). Modeling of Firefighting Operations through Discrete Event Simulation. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 5, 4, 678.
4. Lee, Yohan, Byungdo Lee, and Kyung Ha Kim (2014). Optimal spatial allocation of initial attack resources for firefighting in the republic of Korea using a scenario optimization model. *Journal of Mountain Science*, 11.2, 323–335.
5. Clarke, Alastair, and John Christopher Miles (2012). Strategic Fire and Rescue Service decision making using evolutionary algorithms. *Advances in Engineering Software* 50, 29–36.
6. Castillo, E., and Francisco Rodriguez (2015). Determining response times for the deployment of terrestrial resources for fighting forest fires: A case study: Mediterranean-Chile. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 42.1, 97–107.
7. Claridge, Ed, and Michael Spearpoint (2013). New Zealand fire service response times to structure fires. *Procedia engineering*, 62, 1063–1072.
8. Tabirca Sabin, Laurence, T. Yang, and Tatiana Tabirca (2015). Fire Hazard Safety Optimization. *Procedia Computer Science*, 51, 2759–2763.
9. Wood, N. J., Schmidlein, M. C. (2012). Anisotropic path modeling to assess pedestrian-evacuation potential from cascadia-related tsunamis in the US Pacific Northwest. *Nat. Hazards*, 62, 275–300.
10. Musharraf, M., Smith, J., Khan, F., Veitch, B., MacKinnon, S. (2016). Assessing offshore emergency evacuation behavior in a virtual environment using a bayesian network approach. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 152, 28–37.
11. Wei, X., Lv, W., Song, W. (2013). Rescue route reselection model and algorithm for the unexpected accident. *Procedia Eng.* 62, 532–537.
12. Andronov, V. A., Tyutyunik, V. V., Shevchenko, R.I. tai`nshi` (2011). Prirodni` tateknogenni` zagrozi, oczi` nyuvannyane bezpek. *Navchal`nij posibnik. NUCZU*, 264.

Надійшла до редколегії: 06.02.2020

Прийнята до друку: 18.02.2020