

*В.М. Попов, д.т.н., доцент, проректор, НУЦЗУ,
І.А. Чуб, д.т.н., професор, зав. каф., НУЦЗУ,
Р.В. Гудак, ад'юнкт, НУЦЗУ*

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Наведено математичну модель задачі оцінки ефективності функціонування територіальних підсистем Єдиної державної системи цивільного захисту у контексті розподілу обмеженого ресурсного забезпечення при ліквідації надзвичайної ситуації.

Ключові слова: математична модель, оптимізація розподілу ресурсів, ліквідація надзвичайної ситуації.

Постановка проблеми. Статистика людських і матеріальних втрат від реалізації надзвичайних ситуацій природного характеру (ПНС) [1] виявляє їх невпинне зростання по всьому світу. Україна не стоїть осторонь цієї сумної тенденції. Існує велика кількість типів ПНС, що характеризуються різноманітними небезпечними факторами (НФ), такими як селеві потоки, природні пожежі, екстремальні опади, повені, землетруси, та які можуть бути реалізованими в умовах України, зокрема гірської місцевості Карпатського регіону. Різноманітність типів екстремальних ситуацій, а також необхідність урахування множини рівнів [2] тяжкості ПНС значно ускладнює визначення комплексу ресурсного забезпечення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, а також висуває підвищенні вимоги до якості їх виконання. Успішне рішення вказаних проблем вимагає достатнього рівня ефективності функціонування територіальних підсистем Єдиної державної системи цивільного захисту (ТС ЄДС ЦЗ), що, у свою чергу, потребує оптимального розподілу наявного обмеженого ресурсного забезпечення. Наявні на теперішній час в Україні методики кількісної оцінки ефективності виконання ТС ЄДС ЦЗ своїх функцій щодо ліквідації ПНС не враховують необхідності оптимізації розподілу обмежених ресурсів та проведення кількісної оцінки ефективності цього процесу. Тому розробка оцінки ефективності розподілу обмеженого ресурсного забезпечення ліквідації ПНС є важливою науковою проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінці ефективності функціонування ТС ЄДС ЦЗ присвячено багато досліджень. У роботі [3] проаналізовано ефективність роботи територіальних підсистем ЄДС ЦЗ та визначено множину показників, що кількісно характеризують ефективність. Дослідження [4] присвячено побудові математичної моделі функціонування ТС ЄДС ЦЗ в умовах нестационарного, високодинамічного

оточення, з динамікою розвитку, що погано прогнозується. Виконання функцій в цих умовах залежить від рівня адаптації територіальних підсистем до умов зовнішнього середовища, що швидко змінюється, та якості управління їх розвитком. У роботах [5–6] розглянуті задачі управління ресурсним забезпеченням операцій з ліквідації наслідків НС. Сукупність операцій з евакуації постраждалих та мінімізації наслідків НС в цілому припускає формулювання в якості специфічного проекту, для якого розглядаються методи управління його обмеженими ресурсами.

Постановка завдання та його вирішення. Метою статті є побудова детермінованої математичної моделі визначення ефективності функціонування ТС ЄДС ЦЗ у контексті розподілу обмеженого ресурсного забезпечення при ліквідації НС.

Під ефективністю ТС ЄДС ЦЗ (абсолютною) будемо розуміти ступінь відповідності її параметрів вимогам внутрішнього і зовнішнього середовища ТСЕС.

Під ефективністю ТС ЄДС ЦЗ (відносною) щодо території будемо розуміти величину

$$\Delta E = E_E - E_0 = \Phi(\mathfrak{Z}_{\text{РСТБ}}),$$

де E_E , E_0 – оптимальний і початковий (або поточний) рівні розвитку регіону відповідно.

Проведений аналіз предметної області дозволив виділити та провести дослідження часткових критеріїв ефективності функціонування ТС ЄДС ЦЗ що, в свою чергу визначаються ієрархічною структурою:

- економічна ефективність $E_p(s, t)$, яка розглянута з позицій ефективності використання бюджетних коштів та коштів підприємстві організацій;
- бюджетна ефективність $E_b(s, t)$ (з точки зору інтересів наповнюваності бюджету регіону);
- соціальна ефективність $E_c(s, t)$ (з позицій впливу на умови життєдіяльності);
- екологічна ефективність $E_e(s, t)$ (з точки зору впливу об'єктів захисту на навколишнє середовище);
- інвестиційна привабливість регіону $E_{in}(s, t)$ (з метою забезпечення конкурентоспроможності регіону та відповідності міжнародним стандартам якості життя населення).

При цьому параметр t визначає час виконання робіт з удосконалення ТС ЄДС ЦЗ.

Виділені часткові критерії в свою чергу визначаються ієрархічною структурою. Так, критерій $E_p(s, t)$ економічної ефективності містить дві множини часткових критеріїв, які використовуються залежно від режиму функціонування ТС ЄДС ЦЗ виду

$$E_p = \{ E_p^{\text{HOPM}}, E_p^{\text{HC}} \},$$

де $E_p^{\text{HOPM}} \in \{ E_{p1}^{\text{HOPM}}, \dots, E_{p5}^{\text{HOPM}} \}$ – множина критеріїв економічної ефективності в повсякденному режимі функціонування ТС ЄДС ЦЗ (за відсутності НС), причому E_{p1}^{HOPM} – частковий критерій питомої витратності, що характеризує витрати на надання одиниці послуги щодо захисту населення і території від можливих НС та запобігання їх появи; E_{p2}^{HOPM} – витрати на забезпечення пожежної та техногенної безпеки та профілактики надзвичайних ситуацій; E_{p3}^{HOPM} – витрати на забезпечення державного нагляду за виконанням вимог законодавства у сфері техногенної (у тому числі пожежної) безпеки на територіальному та об'єктовому рівнях; E_{p4}^{HOPM} – критерій необхідного обсягу ресурсів для забезпечення нормативного рівня захищеності населення і територій. Даний критерій допускає інше формулювання у випадку, якщо розглядаються питомі витрати ресурсів у загальній структурі витрат на виробництво послуги; E_{p5}^{HOPM} – витрати на 1 грн. наданих послуг; E_p^{HC} – множина часткових критеріїв економічної ефективності функціонування ТСТБ в режимі НС, серед яких витрати на ліквідацію НС, витрати на забезпечення діяльності аварійно-рятувальних служб з порятунку населення та його захист від дії небезпечних факторів НС.

Таким чином, сформований векторний критерій ефективності має вигляд

$$E_{\text{РСТБ}}(s,t) = \{ (E_p(s,t), E_0(s,t), E_3(s,t), E_c(s,t), E_{\text{ін}}(s,t)) \}.$$

В умовах гранично обмежених матеріальних, людських, фінансових та інших видів ресурсів, серед яких, безумовно, необхідно виділити часовий параметр, особливого значення набуває оптимальний розподіл наявних ресурсів з метою вчасного всебічного забезпечення аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт, надання населенню, постраждалому в надзвичайних ситуаціях, медичної та інших видів допомоги, створення умов, мінімально необхідних для збереження життя і здоров'я людей, підтримання їх працездатності.

Запорукою оптимального використання ресурсного забезпечення в умовах реальної надзвичайної ситуації є побудова та аналіз низки відповідних оптимізаційних моделей.

При цьому необхідно зважати на ступінь важкості ймовірної надзвичайної ситуації. Так, за ступенем важкості ймовірні надзвичайні ситуації можна розділити на

- локальні (наслідки такої НС можна ліквідувати силами та засобами єдиного територіального підрозділу ДСНС України з малим ступе-

нем переміщення);

- регіональні – для ліквідації наслідків такої НС необхідно задіяти та координувати сили та засоби суміжних відомств та звертатися до республіканського центру;
- катастрофи – ліквідація таких НС потребує міжнародного втручання, мають бути задіяні не тільки державні, але і благодійні організації, тощо.

Очевидно, що у кожному випадку НС рівень втрат і збитків в значній мірі залежить від готовності сил та засобів ТС ЄДС ЦЗ, яке обумовлюється достатнім рівнем ресурсного забезпечення, налагодженими горизонтальними та вертикальними інформаційними потоками між підрозділами ДСНС України і структурами державного управління, гуманітарними та волонтерськими організаціями тощо. При цьому необхідно враховувати випадковий характер виникнення НС та динамічне зовнішнє оточення, що генерує додаткові дестабілізуючі фактори впливу.

Для кожного вищезазначеного типу НС, яка вважається реалізованою у певній географічній локації, необхідно побудувати відповідну оптимізаційну математичну модель розподілу ресурсного забезпечення операцій з ліквідації наслідків НС.

Така модель визначення необхідних обсягів ресурсів щодо локалізації та ліквідації НС являє собою систему (декомпозицію) таких підзадач.

1.1. Задача визначення обсягів ресурсів $R=(r_1, r_2, \dots, r_M)$, необхідних для локалізації та ліквідації НС, тобто відновлення нормального функціонування території.

До ресурсів R належать спецтехніка та засоби ліквідації НС визначеного типу. В рамках даної задачі виходячи з параметрів НС, віддаленості джерел води та других умів визначається кількість та типи потрібної пожежно-рятувальної та допоміжної техніки.

1.2. Задача визначення необхідних обсягів різних видів ресурсів Ω в кількостях $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M)$, $\theta_i = \sum_{i \in I} \theta_{mi}$ для життєзабезпечення району, постраждалого від НС.

Ресурси Ω включають, зокрема, продукти харчування, що не потребують спеціальних умов зберігання (наприклад, консерви), питну воду, теплий одяг, медикаменти і засоби особистої гігієни.

1.3. Задача адаптації структури $G(V,E)$ територіальної підсистеми Єдиної державної системи цивільного захисту до умов НС, яка реалізована: мобільні шпиталі, розгортання польових штабів, таборів для біженців, питання доставки постраждалих до стаціонарних пунктів гуманітарної допомоги тощо.

При цьому ще одним критичним ресурсом є час t , оцінка величини якого складається з часу t_1 доставки ресурсів множини Ω до кінцевого споживача, часу t_2 доставки засобів локалізації НС та часу t_3 ліквідації її наслідків.

Висновки. У статті наведено побудова та аналіз узагальненої детермінованої математичної моделі визначення ефективності функціонування ТС ЄДС ЦЗ у контексті розподілу обмеженого ресурсного забезпечення при ліквідації НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Whybark D.C. Disaster relief supply chain management: New realities, management challenges, emerging opportunities / D. C. Whybark, S. A. Melnyk, J. Day, E. Davis // Decision Line. – 2010. – № 2. – Р. 4-7.
2. Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями. Постанова КМУ від 24 березня 2004 р. № 368.
3. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, І.А.Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
4. Попов В.М. Модель адаптивной системы техногенной безопасности региона / В.М. Попов, І.А. Чуб, М.В. Новожилова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2013. – Вип. 2(26). – С. 120-123.
5. Chub I.A. Optimization problem of allocating limited project resources with separable constraint / I.A. Chub, M.V. Novozhylov, M.N. Murin // Cybernetics and Systems Analysis. – 2013. – Vol. 49. – Issue 4. – P. 632–642.
6. Чуб І.А. Постановка и решение оптимизационной динамической задачи управления ограниченными ресурсами проекта / Чуб І.А., Новожилова М.В., Иванилов А.С. // Проблемы машиностроения. – 2010. – Т.4. – № 2. – стр. 79 – 85.

Отримано редколегією 11.10.2017

В.М. Попов, І.А. Чуб, Р.В. Гудак

Оценка эффективности распределения ресурсного обеспечения ликвидации чрезвычайной ситуации

Приведена математическая модель задачи оценки эффективности функционирования территориальных подсистем Единой государственной системы гражданской защиты в контексте распределения ограниченного ресурсного обеспечения при ликвидации чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: математическая модель, оптимизация распределения ресурсов, ликвидация чрезвычайной ситуации.

V.M. Popov, I.A. Chub, R.V. Gudak

Evaluation of the effectiveness of resource distribution for emergency response

A mathematical model of the task of assessing the effectiveness of the functioning of territorial subsystems of the Unified State Civil Protection System in the context of the distribution of limited resource provision in the liquidation of an emergency situation is given.

Keywords: mathematical model, optimization of resource distribution, liquidation of an emergency situation.