

УДК 614.8

Г.В. Іванець

*Національний університет цивільного захисту України, Харків*

## МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО РІВНЯ ГОТОВНОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

*У статті запропоновано методику оптимального розподілу обмежених ресурсів для забезпечення максимального рівня готовності підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій до виконання завдань за призначенням на основі методу множників Лагранжа.*

**Ключові слова:** державна служба з надзвичайних ситуацій, рівень готовності підрозділів до виконання завдань за призначенням, функція Лагранжа, ресурси.

### Вступ

**Загальна постановка проблеми.** Для успішної боротьби з природними і техногенними катастрофами потрібна цілеспрямована державна політика та створення основного інструменту її реалізації – системи з протидії надзвичайним ситуаціям (НС). Це набуває особливої актуальності в сучасних умовах з огляду на тенденції значного збільшення кількості НС як у світі загалом, так і нашої державі. Реалізація державної політики у сфері захисту населення і територій шляхом системного здійснення першочергових заходів щодо захисту населення і територій від НС з використанням ресурсів держави та інших джерел, не заборонених законом, є оптимальним варіантом розв'язання проблеми захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру.

Аналіз факторів [11], які впливають на стан небезпеки в адміністративно-територіальних одиницях України, доводить, що в силу ряду соціальних, економічних, демографічних чинників, а також природних і техногенних загроз, ймовірність виникнення НС різного характеру залишається досить високою.

Зміни, що відбуваються, в суспільстві й умовах застосування підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) пред'являють високі вимоги до якості вирішення поставлених завдань [1]. У той же час обсяг і складність цих завдань зростає.

Ефективність виконання завдань за призначенням підрозділами ДСНС України в першу чергу залежать від рівня їх готовності до дій при ліквідації НС.

Рівень готовності підрозділів ДСНС залежить від належного фінансового, матеріально-технічного та інших видів забезпечення (ресурсів).

Для здійснення непередбачених витратків ре-

сурсів, що не мають постійного характеру і не можуть бути передбачені при складанні проекту державного бюджету, бюджетне законодавство передбачає обов'язкове формування у Державному бюджеті України резервного фонду. До непередбачуваних витратків, які можуть використовуватися з резервного фонду бюджету, належать і заходи з ліквідації наслідків НС техногенного та природного характеру.

Економіка України переживає складні часи. Урядом України з метою стабілізації економічної ситуації в країні, економічного та раціонального використання державних коштів приймаються непопулярні рішення, спрямовані на економію державних коштів та недопущення втрат бюджету.

Зазначене набуває особливої актуальності в нинішніх складних умовах функціонування економіки України. В умовах складного економічного становища, яке склалося сьогодні в країні, вкрай необхідним є забезпечення оптимального розподілу обмежених ресурсів для забезпечення належного функціонування системи захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру, для забезпечення мінімізації збитків від них для економіки.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз літературних джерел з означеної проблематики показує, що для вирішення задач оптимального розподілу ресурсів досить широко застосовуються симплекс методи, методи лінійного та динамічного програмування [2–4]. В останній час все більшу зацікавленість викликає можливість використання функції Лагранжа для вирішення специфічних задач розподілу обмежених ресурсів підрозділів ДСНС з метою забезпечення їх готовності до виконання завдань за призначенням.

**Метою статті** є розробка методики оптимального розподілу обмежених ресурсів для забезпечен-

ня максимального рівня готовності підрозділів ДСНС України до виконання завдань за призначенням.

### Викладення матеріалів досліджень

Усі підрозділи ДСНС мають свою спеціалізацію для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, дислокуються на території України з урахуванням можливих ризиків виникнення НС. Підрозділи в межах областей входять в гарнізони Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Пожежно-рятувальні підрозділи, спеціальні загони центрального підпорядкування здійснюють гасіння пожеж, виконують завдання щодо захисту населення і території у разі виникнення НС техногенного, природного і військового (воєнного) характеру, ліквідації їх наслідків, проведення невідкладних аварійно-рятувальних та спеціальних робіт, в тому числі на хімічно небезпечних об'єктах, аварій на виробництві та транспорті; евакуації населення з районів (місць), зон можливого впливу наслідків НС і розміщення його у безпечних районах (місцях) у разі виникнення загрози життю та заподіяння шкоди здоров'ю, надання їм допомоги; проведення робіт (в тому числі великомасштабних та довготривалих) з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів, що залишилися на території України (крім вибухових пристроїв, що використовуються у терористичних цілях), виконання спеціальних вибухових робіт, проведення розмінування територій інших держав; участь у заходах щодо антитерористичної діяльності, а також у міжнародних рятувальних та гуманітарних операціях.

На сьогоднішній день до складу ДСНС України входять пожежно-рятувальні підрозділи, аварійно-рятувальні загони спеціального призначення, формування ОРС ЦЗ центрального підпорядкування, основною задачею яких є проведення комплексу аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт із запобігання НС державного і регіонального рівнів у взаємодії із формуваннями територіальних органів ДСНС України.

Рівень готовності підрозділів ДСНС України до ефективного виконання завдань, пов'язаних із ліквідацією наслідків НС техногенного та природного характеру, захистом населення і територій від їх негативного впливу, визначається належною технічною оснащеністю та професійною здатністю підрозділів ДСНС до виконання поставлених завдань. Ефективність виконання завдань за призначенням підрозділами ДСНС в першу чергу залежить від рівня їх готовності до дій при ліквідації НС.

В якості показника рівня готовності підрозділу до виконання завдань за призначенням доцільно використовувати ймовірність того, що підрозділ ДСНС технічно і професійно здатний виконува-

ти завдання щодо ліквідації НС у встановлені терміни [5]:

$$P = P(AB) = P(C) = P(A) \cdot P_A(B), \quad (1)$$

де  $P(A)$  – ймовірність того, що підрозділи ДСНС технічно спроможні перейти до дій у встановлені терміни;

$P_A(B)$  – ймовірність того, що підрозділи ДСНС професійно здатні виконати поставлені задачі при умові, що вони технічно спроможні перейти до дій у встановлені терміни.

Рівень готовності підрозділу до виконання завдань за призначенням залежить від фінансових ресурсів ( $\tilde{N}_1$ ), матеріально-технічних ресурсів ( $\tilde{N}_2$ ) та ресурсів для проведення необхідних заходів щодо створення матеріальних резервів ( $\tilde{N}_3$ ). Фінансові ресурси витрачаються на всебічне забезпечення діяльності підрозділів ДСНС, підготовки кадрів, придбання пожежної та іншої техніки і т.п. Матеріально-технічні ресурси витрачаються на переоснащення підрозділів, забезпечення необхідними технічними засобами, речовим майном, засобами першої медичної допомоги, майном зв'язку, необхідним спорядженням, паливно-мастильними матеріалами, забезпечення комунальних послуг і т.п. Ресурси для проведення заходів щодо створення матеріальних резервів витрачаються на поповнення їх для реагування на НС та надання термінової невідкладної допомоги постраждалому населенню.

В подальшому під ресурсами будемо розуміти кошти, які виділені для відповідних цілей.

Запишемо загальний вираз для готовності підрозділу як функції ресурсів  $\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_3$ :

$$P = f(C_1, C_2, \tilde{N}_3). \quad (1)$$

Додаткова умова полягає в тому, що сума ресурсів (витрат коштів) повинна дорівнювати заданій величині  $\tilde{N}_0$ :

$$\hat{O}(C_1, C_2, C_3) = \tilde{N}_1 + \tilde{N}_2 + \tilde{N}_3 = \tilde{N}_0. \quad (2)$$

Запишемо функцію Лагранжа [6 – 8]:

$$L(\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_3, \lambda) = P(C_1, C_2, C_3) + \lambda(\hat{O}(C_1, C_2, C_3) - C_0), \quad (3)$$

де  $\lambda$  – множник Лагранжа.

Для знаходження екстремальних значення функції готовності підрозділу (1) при наявності обмежень (2) необхідно знайти рішення системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial C_1} = \frac{\partial P}{\partial C_1} + \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial C_1} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial C_2} = \frac{\partial P}{\partial C_2} + \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial C_2} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial C_3} = \frac{\partial P}{\partial C_3} + \lambda \frac{\partial \Phi}{\partial C_3} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \Phi - C_0. \end{cases} \quad (4)$$

Перше і друге співвідношення у виразі (4) можна об'єднати наступним чином:

$$\frac{\partial P / \partial C_1}{\partial P / \partial \tilde{N}_2} = \frac{-\lambda \frac{\partial \hat{O}}{\partial C_1}}{-\lambda \frac{\partial \hat{O}}{\partial C_2}} = \frac{\partial C_2}{\partial C_1}. \quad (5)$$

З виразу (2) слідує, що:

$$\frac{\partial C_2}{\partial C_1} = 1.$$

Тоді вираз (5) можна переписати у вигляді:

$$\frac{\partial P / \partial C_1}{\partial P / \partial \tilde{N}_2} = 1. \quad (6)$$

Аналогічним чином одержимо:

$$\frac{\partial P / \partial C_1}{\partial P / \partial \tilde{N}_3} = 1. \quad (7)$$

$$\frac{\partial P / \partial C_2}{\partial P / \partial \tilde{N}_3} = 1. \quad (8)$$

Рівняння (6) – (8) є необхідною і достатньою умовою оптимального розподілу ресурсів з метою одержання максимального значення готовності підрозділу до виконання завдань за призначенням.

Якщо розглядати тільки ці три види ресурсів, то готовність підрозділу до виконання завдань за призначенням можна записати наступним чином:

$$P = \prod_{i=1}^3 P_i, \quad (9)$$

де  $P_i$  – складові готовності підрозділу, які визначаються кількістю відповідного ресурсу  $C_i$ .

В цьому випадку

$$\frac{\partial P}{\partial C_i} = \frac{\partial P_i}{\partial C_i} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^3 P_j. \quad (10)$$

Іноді для спрощення розрахунків можна прологарифмувати функцію готовності підрозділу (9):

$$\ln P = \sum_{i=1}^3 \ln P_i. \quad (11)$$

Тоді необхідна умова оптимуму записується наступним чином:

$$\frac{(\partial P_i / \partial C_i) / P_i}{(\partial P_j / \partial C_j) / P_j} = \frac{\partial (\ln P_i) / \partial C_i}{\partial (\ln P_j) / \partial C_j} = 1. \quad (12)$$

Оптимальне значення ресурсів  $\tilde{N}_i$  визначається в залежності від величини складової готовності підрозділу  $P_i$ .

В ряді випадків готовність підрозділів виражається більш складними формулами, чим (9), тоді знаходження оптимальних рішень можливе лише за допомогою послідовних наближень [9; 10].

До цього ми не брали до уваги морально-психологічний аспект стану особового складу підрозділу, який в першу чергу визначається стабіль-

ним і своєчасним грошовим забезпеченням особового складу, що суттєво впливає на рівень готовності підрозділу до виконання завдань за призначенням, тобто при визначенні готовності підрозділу кошти на ці потреби не враховувалися.

Скористаємося, як і раніше, методом множників Лагранжа. Тоді маємо:

$$P = f(C_1, C_2, \tilde{N}_3); \quad (13)$$

$$\hat{O}_1(C_1, C_2, C_3) = \tilde{N}_1 + \tilde{N}_2 + \tilde{N}_3 = \tilde{N}_0; \quad (14)$$

$$\hat{O}_2(C_1, C_2, C_3) = W = \text{const}, \quad (15)$$

де  $W$  – повні витрати коштів для стабільного і своєчасного грошового забезпечення особового складу.

В цьому випадку функція Лагранжа запишеться наступним чином:

$$L(\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_3, \lambda) = P(C_1, C_2, C_3) + \lambda_1(\hat{O}_1(C_1, C_2, C_3) - \tilde{N}_0) - C_0 + \lambda_2(\hat{O}_2(\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_3) - W). \quad (16)$$

Прирівнюючи до нуля часткові похідні за кожною змінною  $\tilde{N}_i$ , одержимо:

$$\frac{\partial L}{\partial C_i} = \left( \frac{\partial P}{\partial C_i} \right) + \lambda_1 \left( \frac{\partial \hat{O}_1}{\partial C_i} \right) + \lambda_2 \left( \frac{\partial \hat{O}_2}{\partial C_i} \right) = 0. \quad (17)$$

Оскільки

$$\frac{\partial \hat{O}_1}{\partial C_i} = 1 \quad \text{і} \quad \frac{\partial \hat{O}_2}{\partial C_i} = \frac{\partial W}{\partial C_i},$$

можна записати наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial C_1} = \frac{\partial P}{\partial C_1} + \lambda_1 + \lambda_2 \frac{\partial W}{\partial C_1} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial C_2} = \frac{\partial P}{\partial C_2} + \lambda_1 + \lambda_2 \frac{\partial W}{\partial C_2} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial C_3} = \frac{\partial P}{\partial C_3} + \lambda_1 + \lambda_2 \frac{\partial W}{\partial C_3} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = \Phi_1 - C_0; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = \Phi_2 - W. \end{cases}$$

Система рівнянь складається з п'яти рівнянь і має п'ять невідомих  $\tilde{N}_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_3, \lambda_1, \lambda_2$ , а це означає, що вона може бути вирішена відносно  $\tilde{N}_i$ .

Якщо кожен часткову похідну не можна виразити через одну змінну  $\tilde{N}_i$ , то необхідно скористатися методом послідовних наближень.

Такий підхід розповсюджується і на випадок оптимального розподілу в загальному випадку п обмежених ресурсів для забезпечення максимального рівня готовності підрозділів ДСНС України до виконання завдань за призначенням.

## Висновки

Рівень готовності підрозділів ДСНС України до ефективного виконання завдань, пов'язаних із лікві-

дацією наслідків НС техногенного та природного характеру, захистом населення і територій від їх негативного впливу, залежить від фінансових, матеріально-технічних ресурсів та ресурсів для проведення необхідних заходів щодо створення матеріальних резервів.

Для оптимального розподілу ресурсів для забезпечення максимального рівня готовності підрозділів ДСНС України до виконання завдань за призначення можна скористатися методом множників Лагранжа, якщо відомі обмеження на їх загальну кількість.

Розроблена методика дозволить в умовах складного економічного становища, яке склалося сьогодні в країні, забезпечити оптимальний розподіл обмежених ресурсів для забезпечення належного функціонування системи захисту населення і територій від НС.

### Список літератури

1. Кодекс цивільного захисту України: за станом на 02 листопада 2012 р. // Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2012 р. - №5403-VI, №34-35, ст. 458. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1988. – 550 с.
3. Беллман Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 400 с.
4. Іванець Г.В. Математична модель раціонального використання сил і засобів підрозділів ДСНС України для виконання завдань за призначенням / Г.В. Іванець, І.О. Толкунов, Є.І. Стецюк // Проблеми надзвичайних си-

туацій: зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – Вип. 20. – С. 66-75.

5. Пічугін М.Ф. Оцінювання впливу системи підготовки військовослужбовців у навчальних центрах на стан бойової готовності Збройних Сил України / М.Ф. Пічугін, Д.В. Карлов, А.С. Воловодюк, О.О. Клімішен // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 2(47). – С. 226-229

6. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория: Пер. с англ. / М. Интрилигатор. – М.: Прогресс, 1975. – 670 с.

7. Исследование операций в экономике / Под ред. Н.Ш. Кремера. – М.: Банки и биржа, ЮНИТИ, 1997. – 450 с.

8. Барлоу Р. Математическая теория надежности: Пер. с англ. / Р. Барлоу, Ф. Процан. – М.: Сов. радио, 1969. – 488 с.

9. Барлоу Р. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность: Пер. с англ. / Р. Барлоу, Ф. Процан. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

10. Оптимальные задачи надежности / Под ред. Н.А. Ушакова. – М.: Издательство Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1968. – 292 с.

11. Тютюник В.В. Методика оцінювання рівня техногенно-природно-соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України / В.В. Тютюник, Г.В. Іванець, С.А. Горєлишев // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків, 2016. – Вип. 1 (27). – С. 30-37.

Надійшла до редколегії 18.10.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук старший науковий співробітник В.В. Тютюник, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

### МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ПО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЮ

Г.В. Иванец

В статье предложена методика оптимального распределения ограниченных ресурсов для обеспечения максимального уровня готовности подразделений Государственной службы по чрезвычайным ситуациям к выполнению заданий по предназначению на основе метода множителей Лагранжа.

**Ключевые слова:** Государственная служба по чрезвычайным ситуациям, уровень готовности подразделений к выполнению заданий по предназначению, функция Лагранжа, ресурсы.

### METHODS OF OPTIMAL ALLOCATION LIMITED RESOURCES TO PROVIDE THE MAXIMUM LEVEL OF READINESS UNITS OF THE STATE SERVICE FOR EMERGENCY SITUATIONS TO PERFORM TASKS ON THE DESTINATION

G.V. Ivanets

In the article the technique of optimal allocation limited resources to provide the maximum level of readiness units of the State Service for Emergency Situations to perform tasks on the destination based on the method of Lagrange multipliers.

**Keywords:** The State Service for Emergency Situations, the level of readiness units to perform tasks on the destination, the Lagrange function, resources.