

УДК 614.8 : 519.711

Н.Г. Кучук

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ГЛОБАЛЬНОГО ХАРАКТЕРУ

У статті запропонований метод оперативного перерозподілу ресурсів при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій глобального характеру, який базується на відповідній математичній моделі. Метод враховує територіальну розподіленість необхідних людських і матеріально-технічних ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань оперативного управління у найкоротші терміни.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, орган управління, ліквідація наслідків, ресурс.

Вступ

Більшість надзвичайних ситуацій (НС) мають або природне походження (стихійні лиха), або носять техногенний характер (аварії і катастрофи). Кожному стихійному лиху, аварії і катастрофі властиві свої особливості, характер уражень, обсяг і масштаби руйнувань, можлива кількість людських жертв, відбиток, що накладається на навколишнє середовище. Внаслідок НС виникають руйнування будинків, споруд, шляхів сполучення, зараження місцевості радіоактивними та хімічними речовинами, затоплення, пожежі тощо.

Управління при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) полягає в управлінні силами і засобами при проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Головною метою управління є забезпечення ефективного використання сил і засобів різного призначення, внаслідок чого роботи в зонах надзвичайних ситуацій повинні бути виконані в повному об'ємі, в найкоротші терміни, з мінімальними втратами населення і матеріальних засобів. Чим вище рівень НС, тим складніше здійснювати управління при її ліквідації.

Для ліквідації наслідків НС створюється штаб, серед завдань якого згідно з [1] є такі: визначення складу і кількості сил цивільного захисту, необхідних для залучення до ліквідації наслідків НС, термінів їх залучення згідно з планами реагування на НС, планами взаємодії органів управління та сил цивільного захисту у разі виникнення НС, а також планами локалізації і ліквідації наслідків аварії; організація матеріально-технічного забезпечення проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Складність виконання цих завдань для НС регіонального та державного рівня пов'язана з територіальною розподіленістю людських та матеріально-технічних ресурсів, необхідних для ліквідації наслідків НС, тобто актуальною стає проблема опера-

тивного перерозподілу ресурсів, підходи до вирішення якої розглядаються багатьма авторами, наприклад, в [2 – 6].

У [7] запропонована математична модель (ММ) процесу оперативного управління ліквідацією наслідків надзвичайних ситуацій глобального характеру, яка дозволила врахувати жорсткі вимоги до оперативності ухвалення рішень, розподіленість сил і засобів, що привертаються, та неповноту інформації. Модель базується на m -рівневому дереві

$$G_X = (\bar{X}, R), \quad (1)$$

де X^0 – його корінь (штаб); $\bar{X} = (X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1})$ –

кортеж, що складається з множини органів управління (ОУ) різних рангів; X^0 – головний (центральний) орган управління; $\bar{X}^i = (X_1^i, X_2^i, \dots, X_{\ell_i}^i)$ ($0 \leq i \leq m-1$)

1) – множина органів управління i -го рангу;

$R = \{r_{jv}^i\}$ ($0 \leq i \leq m-2$; $1 \leq j \leq \ell_i$; $1 \leq v \leq \ell_{i+1}$) –

множина дуг графа, що є зв'язками підлеглості між органами управління, індекс i указує ранг органу управління j , з якого виходить зв'язок; v – номер вершини $(i+1)$ -го рангу, в яку входить зв'язок.

Це надало можливість запропонувати метод оперативного перерозподілу ресурсів у даних умовах, що і є метою даної статті.

Результати дослідження

Відповідно до ММ, запропонованої в [7], сили та засоби для ліквідації НС знаходяться на нижньому рівні ієрархії (1) – під управлінням ОУ $(m-1)$ -го рангу $\{X^{v_{m-1}}\}$, $1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}$. Множина цілей та завдань, що стоять перед цими ОУ, задається як сукупність відношень h на кортежі множин цілей опера-

тивного управління різних рангів $G_{C_0}^{m-1} = \{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$,

у котрій кожний елемент визначається таким чином:

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = (\bar{C}_0^{v_{m-1}}, h); \quad (2)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1}} = (C_0^{v_{m-1},0}, \bar{C}_0^{v_{m-1},1}, \dots, \bar{C}_0^{v_{m-1},n-1}); \quad (3)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1},f} = (C_0^{v_{m-1},f,1}, \dots, C_0^{v_{m-1},f,\ell_f}); \quad 0 \leq f \leq n-1, \quad (4)$$

$$h = \{h_{jg}^f\}, \quad 0 \leq f \leq n-2; \quad 1 \leq j \leq \ell_f; \quad 1 \leq g \leq \ell_{f+1}, \quad (5)$$

де $C_0^{v_{m-1},0}$ – головна ціль оперативного управління v -го ОУ $(m-1)$ -го рангу; f – ідентифікатор рангу елемента $G_{C_0}^{v_{m-1}}$; ℓ_f – кількість цілей f -го рангу h_{jg}^f – відношення умов досяжності цілей верхнього рівня (відповідно індексам).

Здійснимо декомпозицію кожного елемента множин цілей та завдань кожного елемента на кортежі вкладених підструктур [8]:

$$G_{C_0}^{m-1} : K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle; \quad (6)$$

$$\{G_{C_0}^{v_{m-1}}\} : K^f = \langle K_1^f, \dots, K_{\ell_f}^f \rangle, \quad (7)$$

де $\bigcup_{j=1}^{\ell_f} K_j^f = G_{C_0}^{v_{m-1}}$ $K_j^f \cap K_p^f = \emptyset$; $1 \leq f \leq n-2$,

$j \neq p$, $1 \leq \ell_f \leq \ell_f$

Вкладеність відповідає такій умові: будь-яка підструктура розбиття f -го рівня, тобто елемент множини K_j^f , є об'єднанням декількох підструктур $K_1^{f+1}, \dots, K_{\ell_{f+1}}^{f+1}$ рівня $(f+1)$. Розбиття здійснюється наступним чином. У кореневій підструктурі $G_{C_0,f}^{v_{m-1}}$ виділяють підструктури з вершинами, які безпосередньо пов'язані співвідношеннями h_{jg}^f з $C_0^{v_{m-1}}$. При цьому повинна виконуватися умова, що не існує вершин, котрі належить різним підструктурам, які були б пов'язані відношенням h .

Таким чином, розбиття $K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle$ визначає множину незалежних відношень $\{h_{jg}^f\}$ підструктур на множині $G_{C_0}^{v_{m-1}}$. Представимо їх у вигляді

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0,\beta^v}^{v_{m-1}}. \quad (8)$$

Вплив зовнішнього середовища на об'єкт управління можна задати у вигляді гомоморфного відображення

$$\bar{\alpha} : \{G_{C_0}^{v_{m-1}}\} \rightarrow \{G_{C_0}^{v_{m-1}*}\}, \quad (9)$$

де $\{G_{C_0}^{v_{m-1}*}\}$ – множина підструктур, цілей і завдань

оперативного управління, що індукуються впливом зовнішнього середовища.

Далі, нехай

$$\bar{\beta} : \{G_{C_0}^{v_{m-1}*}\} \xrightarrow{K} \{G_{C_0,\beta^v}^{v_{m-1}*}\} \quad (10)$$

є відображенням множини $\{G_{C_0}^{v_{m-1}*}\}$ у множину підмножин незалежних підструктур, що індукується розбиттям K . Визначимо множину підструктур цілей оперативного управління для v -го органу управління $(m-1)$ -го рангу:

$$\{G_{C_0}^{v_{m-1}**}\} \subset \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0,\beta^v}^{v_{m-1}*} \cup \left(\bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0,\beta^v}^{v_{m-1}} \cap \left\{ \left\{ G_{C_0,\beta^1}^{1,m-1} \right\} \times \dots \times \left\{ G_{C_0\beta^\ell}^{\ell,m-1} \right\} \right\} \right), \quad (11)$$

тобто множина підструктур цілей оперативного управління, що стоять перед кожним з $v \in \overline{1, \ell_{m-1}}$ ОУ $(m-1)$ -го рангу, можна представити як об'єднання двох його кінцевих підмножин: підструктур цілей, визначених в процесі аналізу стану об'єкту, підлеглого v -му ОУ, і підструктур цілей, поставлених органами управління рангу $i \in \overline{0, m-2}$, що входять до структур цілей і завдань ОУ $(m-1)$ -го рангу, відмінних від v . Оскільки ресурси ОУ $(m-1)$ -го рангу обмежені (зокрема, їх кількість залежить від впливу зовнішнього середовища на систему), то перерозподіляючи їх, кожен з ОУ $(m-1)$ -го рангу формує множину варіантів завдання підмножин на множині підструктур цілей оперативного управління, які можуть бути досягнуті, виходячи з наявних ресурсів.

Надалі визначимо структури перерозподілу ресурсів:

$$S_{pr_v} = \left(\begin{array}{c} G_{C_0}^{v_{m-1}} = \{G_{C_0K}^{v_{m-1}}\} \cup \\ \cup \{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\} \cup \{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}, R^S \end{array} \right), \quad (12)$$

що базується на підструктурах цілей оперативного управління, забезпечених ресурсами $\{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\}$, незабезпечених ресурсами $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$, і які не поставлені перед v -м ОУ $(m-1)$ -го рангу $\{G_{C_0K}^{v_{m-1}}\}$. Кожному елементу $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$ визначений у відповідність вектор необхідних ресурсів:

$$e_B = (e_B^1, e_B^2, \dots, e_B^{\ell_B}). \quad (13)$$

R^S є множиною зв'язків з $\{G_{C_0K}^{v_{m-1}}\}$, $\{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\}$ до $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$, а також заданих на елементах множини

ни $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$, причому кожному зв'язку інцидентний вектор перерозподіляємих ресурсів

$$e_D = (e_D^1, e_D^2, \dots, e_D^{\ell_D}), \quad (14)$$

при цьому повинна виконуватися умова

$$\sum_{a \in \ell_a} e_{D_a} = e_{B_C}, \quad (15)$$

тобто сума векторів ресурсів, інцидентних відповідним зв'язкам з вершин $a \in \ell_a$ і що входять у вершину C , дорівнює вектору потрібних ресурсів вершини C .

Таким чином, на множині $\{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$ можна визначити множину структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , задаючи різні R^S . В результаті цього буде отримано множину підмножин $\{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\}$, що включають в загальному випадку різні підструктури цілей оперативного управління, котрі стоять перед ОУ $X^{v_{m-1}}$. Очевидно, що в процесі функціонування системи ОУ $X^{v_{m-1}}$ цікавить не універсальна множина таких структур, а кінцева його підмножина, що задовольняє певним умовам. Тому множиною $\{S_{prv}\}$ структур перерозподілу ресурсів на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ називатимемо сукупність структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , заданих на елементах множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, якщо для кожної з них виконуються умови:

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \cap \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon = \emptyset \right), \quad (16)$$

де ε, ρ – структури перерозподілу; $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – доповнення множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho$, утвореної структурою ε ;

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon, \varepsilon \neq \rho \right). \quad (17)$$

Для вирішення завдання перерозподілу ресурсів визначимо множину підструктур перерозподілу $\{S_{prv}^P\}$ структури S_{prv} , заданої на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ як таку їх сукупність, що для кожної підструктури перерозподілу, замість умови (16) виконується таке:

$$\forall \rho \exists \varepsilon \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P \subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon \right), \quad (18)$$

де $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P$, $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – множини, створені відповідно $S_{prv\rho}^P \in \{S_{prv}^P\}$ та $S_{prv\varepsilon} \in \{S_{prv}\}$.

Тоді, якщо для вирішення завдань із множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ v -му органу управління виділені ресурси в результаті вирішення завдань перерозподілу ресурсів в $G_{C_n} = (\bar{C}_n, S_n)$, то множина структур перерозподілу, визначена на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, до виділення додаткових ресурсів, буде множиною підструктур структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ вже з урахуванням виділених ресурсів. Сказане слідує з наступного твердження.

Твердження. Нехай на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ визначена множина $\{S_{prv}\}$ і v -му ОУ виділена множина додаткових ресурсів. Тоді об'єднання будь-якої із структур, множина R^S яких формується з додаткових ресурсів на елементах множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho$ та структури $S_{prv\rho} \in \{S_{prv}\}$, буде підструктурою принаймні одній із множин структур, заданих на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням всіх ресурсів, включаючи додаткові, які має в своєму розпорядженні v -й ОУ $(m-1)$ -го рангу.

Розширимо структуру перерозподілу ресурсів таким чином. Нехай задані $X^{ij} \in \bar{X}$ графа G_X , причому $0 \leq i \leq m-2$, та $\{X^{i+1,v}\}$, де $1 \leq v \leq \ell_{i+1}$ – множина елементів рангу $(i+1)$, для яких виконується умова

$$\forall X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up} |X^{i+1,v}| = X^{ij} \right), \quad (19)$$

де $R|X_i|$ – зріз відношення $R \subseteq X \times X$ через елемент $X_i \in X$ R^{up} – тільки ті зв'язки, що йдуть до ОУ вищого рангу. Тоді підструктурою перерозподілу ресурсів на множині нащадків ОУ X^{ij} визначимо структуру $S_{pr}^{ij} = (\{X^{i+1,v}\}, R^{ij})$, кожному зв'язку якої $\lambda_{v\eta}^{ij} \in R^{ij}$, направлено з вершини $X^{i+1,v}$ до вершини $X^{i+1,\eta}$ ($1 \leq v, \eta \leq \ell_{i+1}$) інцидентний вектор $e_{v\eta} = (e_{v\eta}^1, e_{v\eta}^2, \dots, e_{v\eta}^{\ell_{v\eta}})$ ресурсів, що перерозподіляються.

Далі, якщо задана множина $\{X^{i+1,v}\}$, то визначимо тоді множину $\{X^{m-1,v_{m-1}}\}$ як максимальну підмножину \bar{X}^{m-1} для кожного елемента якого виконується умова:

$$X^{m-1,v_{m-1}} \in \{X^{m-1,v_{m-1}}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up_{m-1}} |X^{m-1,v_{m-1}}| = X^{i+1,v} \right); \quad (20)$$

$$0 \leq i \leq m-2, 1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}.$$

Множиною структур перерозподілу ресурсів на множині безпосередніх нащадків органу управління

X^{ij} назовемо таку їх сукупність $\{S_{pr}^{ij}\}$, що для кожної виконується така умова:

$$\forall S_{pr}^{ij} \in \{S_{pr}^{ij}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \exists X^{m-1,v_{m-1}} \left[\begin{array}{l} R^{upm-i} | X^{m-1,v_{m-1}} | = X^{i+1,v} \ \& \\ \& \exists \{S_{prD}^{m-1,v_{m-1}}\}_\rho \in \\ \in \{S_{prD}^{m-1,v_{m-1}}\} \forall \{S_{pr}^{m-1,v_{m-1}}\}_\varepsilon \in \\ \in \{S_{pr}^{m-1,v_{m-1}}\} \left(\left\{ G_{C_0BD}^{v_{m-1}^{**}} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\}_\varepsilon \right) \end{array} \right] \quad (21)$$

де $\{S_{prD}^{m-1,v_{m-1}}\}$ – множина структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням частини додаткових ресурсів, виділених в результаті перерозподілу ОУ X^{ij} , яка визначена v_{m-1} -му ОУ $(m-1)$ -го рангу.

Кожна із структур $\{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$ визначає перерозподіл ресурсів між безпосередніми нащадками ОУ v_{m-2} . Кожен з цих нащадків задає на множині власних структур цілей і завдань оперативного управління множину структур перерозподілу ресурсів з урахуванням додатково виділених відповідно до структури $S_{pr\rho}^{v_{m-2}} \in \{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$.

ВИСНОВКИ

Запропонований метод оперативного перерозподілу ресурсів при ліквідації наслідків НС глобального характеру, який базується на відповідній математичній моделі. Метод враховує територіальну розподіленість необхідних людських і матеріально-

технічних ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань оперативного управління у найкоротші терміни.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розвитком моделі процесів функціонування органів управління ліквідацією наслідків НС при вирішенні завдань оперативного перерозподілу ресурсів.

Список літератури

1. Положення про штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (наказ міністра МВД 26.12.2014 № 1406) [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0047-15>.
2. Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1099-98-%D0%BF>.
3. Адаменко М.І. Надзвичайні ситуації регіонального та державного рівня на спеціалізованих об'єктах. Профілактика та локалізація / М.І. Адаменко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 4 (53). – С. 32-34.
4. Adamenko M. The Stochastic Model of Reliability for City Public Transport Operation / M. Adamenko, O. Palant // Молодой учёный. – Чита, 2013. – № 8 (55). – С. 67-69.
5. Ваганов П.А. Катастрофология / П.А. Ваганов. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. – 124 с.
6. Архипова Н.И. Управление в чрезвычайных ситуациях. 3-е изд., перераб. и доп. / Н.И. Архипова, В.В. Кульба. – М.: Рос. гос. гуманитар. ун-т, 2012. – 352 с.
7. Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера / Н.Г. Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 3 (128). – С. 140-143.
8. Fenton B. Fault diagnosis of electronic systems (using artificial intelligence) / B. Fenton, M. McGinnity, L. Maguire // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2002. – № 9. – P. 16-20.

Надійшла до редколегії 2.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГЛОБАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

Н.Г. Кучук

В статье предложен метод оперативного перераспределения ресурсов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера, который базируется на соответствующей математической модели. Метод учитывает территориальную распределенность необходимых человеческих и материально-технических ресурсов, иєрархию органов управления и приоритетность заданий. Перераспределение ресурсов ориентировано на выполнение целей и заданий оперативного управления в кратчайшие сроки.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, орган управления, ликвидация последствий, ресурс.

METHOD OF OPERATIVE RESOURCES REDISTRIBUTION AT CONSEQUENCES LIQUIDATION OF GLOBAL CHARACTER EXTRAORDINARY SITUATIONS

N.G. Kuchuk

In the article the method of operative resources redistribution at consequences liquidation of global character extraordinary situations which is based on the proper mathematical model. A method takes into account territorial state of distribution of necessary human and material and technical capitals, hierarchy of management organs and priority of tasks. The redistribution of resources is oriented to implementation of aims and tasks of operative management in the the earliest possible date.

Keywords: extraordinary situation, management organ, liquidation of consequences, resource.