

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

В.В. Барбашин¹, Г.В. Фесенко¹, Р.Е. Черпаха¹, А.О. Подорожняк²
(¹Академія цивільного захисту України,
²Харківський університет Повітряних Сил)

Пропонується модель оптимального використання силами цивільного захисту наявного парку засобів механізації робіт та визначення потреби в них для виконання всього комплексу заходів з ліквідації надзвичайних ситуацій.

засоби механізації робіт, ліквідація надзвичайних ситуацій

Постановка проблеми. Аварійно-рятувальні роботи (АРР), які спрямовані на пошук, рятування і захист людей під час ліквідації надзвичайних ситуацій [1] і здійснюються відповідними підрозділами цивільного захисту (ЦЗ), включають: розбирання завалів, прокладку колонних шляхів руху, відкопування і відкриття завалених підвалів і сховищ та інші інженерні заходи. Для виконання таких робіт залучаються засоби механізації робіт (ЗМР): бульдозери, екскаватори, траншеєкопачі, мостоукладачі, автокрани та ін. Оскільки залучення ЗМР здійснюється, як правило, в умовах жорстких обмежень щодо витрат на їх експлуатацію, розробка моделей оптимального використання ЗМР за критерієм мінімуму витрат є важливою науковою задачею.

Аналіз літератури. Аналіз робіт за даною тематикою [1 – 4] дозволив виявити ряд недоліків існуючих підходів до оптимізації використання ЗМР. До таких недоліків слід віднести неможливість визначення потреб у додаткових ЗМР, а також не врахування різної кількості ЗМР та їх продуктивності при проведенні різних комплексів та видів АРР.

Мета статті – запропонувати математичну модель оптимального використання підрозділами ЦЗ наявного парку ЗМР та визначення потреби в них для здійснення всіх комплексів АРР у встановлені терміни та з мінімальними витратами.

Викладення основних результатів. Для формування моделі введемо наступні позначення: $i = \overline{1, m}$ – вид роботи (відкопування приямку заданого об'єму в ґрунті у стіні будинку, устрій проїзду по верху завалу для пропуску гусеничної техніки, переміщення завалу заданої висоти з проїжджої частини вулиці тощо); $j = \overline{1, n}$ – вид засобів механізації робіт

(бульдозери різних модифікацій, траншеєкопачі, екскаватори тощо); $k = \overline{1, N}$ – вид комплексу робіт (прокладання проїздів на заваленій території, розбір завалів обвалених будинків, відкопування і відкривання завалених сховищ тощо); $r = \overline{1, R}$ – вид засобів механізації робіт, які можуть бути залучені додатково; a_{ijk} – продуктивність j -го виду засобів механізації робіт при виконанні i -ої роботи k -го комплексу; a_{irk} – продуктивність r -го виду засобів механізації робіт при виконанні i -ої роботи k -го комплексу; A_{ik} – обсяг i -ої роботи k -го комплексу; Q_j – кількість наявних засобів механізації робіт j -го виду; q_{jk} – кількість засобів механізації робіт j -го виду, які не використовуються при виконанні k -го комплексу робіт; p_{rk} – кількість засобів механізації робіт r -го виду, які можна залучити додатково до виконання k -го комплексу робіт; c_{ijk} – витрати на використання j -го виду P при виконанні i -ї роботи k -го комплексу; s_{irk} – витрати на використання r -го виду засобів механізації робіт при виконанні i -ої роботи k -го комплексу; t_{ijk} – тривалість роботи j -го виду засобів механізації робіт при виконанні i -ї роботи k -го комплексу; t_{irk} – тривалість роботи r -го виду засобів механізації робіт при виконанні i -ї роботи k -го комплексу; x_{ijk} – кількість засобів механізації робіт j -го виду, які необхідно залучити при виконанні i -ї роботи k -го комплексу; y_{irk} – кількість засобів механізації робіт r -го виду, які необхідно залучити для виконання i -ї роботи k -го комплексу.

Математична модель полягає в пошуку мінімуму витрат

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^N c_{ijk} t_{ijk} x_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^N s_{irk} t_{irk} y_{irk} \rightarrow \min$$

при наступних обмеженнях:

– на виконання обсягу кожного виду робіт

$$\sum_{j=1}^n a_{ijk} t_{ijk} x_{ijk} + \sum_{r=1}^R a_{irk} t_{irk} y_{irk} \geq A_{ik} \quad (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, N});$$

– на можливості наявного парку засобів механізації робіт

$$\sum_{j=1}^n x_{ijk} \leq A_j - q_{jk} \quad (j = \overline{1, n}; k = \overline{1, N});$$

– на засоби механізації робіт, що залучаються додатково

$$\sum_{i=1}^m y_{irk} \leq p_{rk} \quad (r = \overline{1, R}; k = \overline{1, N});$$

– на знак змінних

$$x_{ijk} \geq 0, y_{irk} \geq 0.$$

Розглянемо можливість застосування запропонованої моделі на наступному прикладі. Нехай задано, що підрозділу ЦЗ необхідно у встановлені терміни і з мінімальними витратами провести комплекс АРР, який полягає в прокладці проїзду на заваленій території і включає два види робіт: розчистку проїжджої частини вулиці від завалу великих залізобетонних елементів (перший вид роботи) та переміщення завалу з цегли з проїжджої частини вулиці (другий вид роботи). У кожному виді робіт беруть участь ЗМР двох видів:

- бульдозер на тракторі С-100 (перший вид);
- бульдозер на тракторі ДЕТ-250 (другий вид).

Крім того, підрозділ ЦЗ може залучити під час проведення першого виду робіт ще один вид ЗМР – бульдозер на тракторі Т-140 (додатковий вид ЗМР). Обсяг виконаних робіт повинен бути не меншим за 660 ум.од. продукції для першого виду робіт та 500 – для другого. Інші параметри моделі задані у табл. 1.

Таблиця 1

Параметри моделі оптимізації

Параметри моделі	Види ЗМР				
	1-й вид ЗМР		2-й вид ЗМР		додатковий вид ЗМР
	1-й вид роботи	2-й вид роботи	1-й вид роботи	2-й вид роботи	1-й вид роботи
Тривалість, г	10	10	10	10	10
Продуктивність, ум. од. продукції в годину	10	16	12	25	80
Витрати, ум. грошових од.	100	50	200	300	800
Наявний парк, шт	6		4		3
Вибуває, шт	2		1		–

Таким чином, модель оптимізації для даного прикладу набуде наступного вигляду:

$$100x_{11} + 200x_{12} + 50x_{21} + 300x_{22} + 800y_{11} \rightarrow \min;$$

$$100x_{11} + 120x_{12} + 800y_{11} \geq 660;$$

$$160x_{21} + 250x_{22} \geq 500;$$

$$x_{11} + x_{21} \leq 4;$$

$$x_{12} + x_{22} \leq 3;$$

$$y_{11} \leq 3;$$

$$x_{11} \geq 0, x_{12} \geq 0, x_{21} \geq 0, x_{22} \geq 0, y_{11} \geq 0.$$

Розв'язуючи цю задачу, як задачу лінійного програмування, було розрахована наступна структура парку ЗМР під час виконання даного комплексу робіт:

$$x_{11} = 4; x_{12} = 1; x_{21} = 0; x_{22} = 2; y_{11} = 1.$$

При цьому мінімальна вартість організації робіт склала 2000 ум. грошових одиниць. Таким чином, оптимальним є:

- проведення 1-го виду робіт чотирма ЗМР 1-го виду, одним ЗМР 2-го виду з залученням одного ЗМР додаткового виду;
- проведення 2-го виду робіт з залученням двох ЗМР другого виду.

Висновки. Таким чином, запропонована модель дозволяє оптимально використати під час АРР наявний парк ЗМР з урахуванням поточних змін у кількості ЗМР під час виконання різних видів робіт та визначити вид та кількість ЗМР, які необхідно залучити додатково.

Результати, отримані з використанням розробленої моделі, доцільно враховувати під час розробки науково обґрунтованих пропозицій начальнику штабу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації стосовно кількості та виду ЗМР, необхідних для виконання АРР.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Цивільна оборона / О.П. Депутат, І.В. Коваленко, І.С. Мужик. За ред. В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2001. – 336 с.*
2. *Довідник з цивільної оборони та з питань захисту населення у надзвичайних ситуаціях мирного часу. – К.: ЗАТ „Укртехногрупа”, 2001. – 328 с.*
3. *Шоботов В.М. Цивільна оборона. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 438 с.*
4. *Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Є. Аварийные работы в очагах поражения. – М: Воениздат, 1980. – 208 с.*

Надійшла 25.02.2005

Рецензент: доктор технічних наук, професор І.Г. Черванев,
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна.