

М. І. МАЛЬКОВ, О. М. ГАВРИШ, М. Ф. ФЕСЕНКО, В. В. СИТИК (В/Ч Т 0100),
С. О. ЯКОВЛЄВ (ДІПТ)

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ ПАРКУ БУДІВЕЛЬНО-ДОРОЖНІХ МАШИН

Розглянуто напрямки технічного розвитку і оснащення Державної спеціальної служби транспорту сучасними технічними засобами, а також напрямки розв'язання задачі формування парку будівельних машин шляхом використання середніх значень параметрів, які характеризують роботу цих машин.

Рассмотрены направления технического развития и оснащения Государственной специальной службы транспорта современными техническими средствами, а также направления решения задачи формирования парка строительных машин путем использования средних значений параметров, которые характеризуют работу этих машин.

The article considers directions of technical development and provision of the State Special Transport Service with the new, modern technical equipment and also the directions of solving the task of formation of building machinery stock by the use of the mean values of parameters, which characterize the operation of these machines.

Технічні засоби структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту, середній вік яких перевищив 15-річний рубіж, становлять 70 % їх загальної кількості, але цей показник не повинен бути більшим за 10...15 %.

Адміністрація Держспецтрансслужби закінчила розроблення проекту Програми формування та розвитку Державної спеціальної служби транспорту до 2015 року, складовою частиною якої є розвиток озброєння служби. Необхідність розвитку озброєння Держспецтрансслужби зумовлюється тим, що в даний час її об'єднані та окремі загони не повністю забезпечені сучасною технікою.

Розглянути напрямки технічного розвитку, оснащення Держспецтрансслужби новими сучасними землерийними, ланкозбиральними, укладальними та баластувальними засобами, копровими агрегатами та мобільними ремонтними комплексами; напрямки розв'язання задачі формування парку будівельних машин шляхом використання середніх значень параметрів, які характеризують роботу будівельних машин, виявити застарілі та рівноцінні машини.

Задача керування складом парку машин полягає у визначенні оптимального поповнення з урахуванням зміни програми робіт, списання старих машин і можливостей придбання нових протягом планованого відрізка часу. Задачу формування нового парку можна розглядати як окремий випадок задачі знаходження його оптимального поповнення,

коли кількість машин кожного типорозміру, що знаходяться в парку, дорівнює нулю.

Для порівняння двох або декількох конкуруючих варіантів механізації і вибору найкращого пропонується використовувати функцію зведених витрат

$$П_{3,0} = И + ЛХ, \quad (1)$$

де $П_{3,0}$ – розмір зведених витрат, розрахований на одиницю обсягу робіт на об'єкті; $И$ – частина зведених витрат (питомих або об'єктних), що припадає на весь обсяг робіт на об'єкті, не залежить від $Х$ і визначається тільки способом механізації (типорозміром застосовуваних машин, складом комплексу машин тощо); $Х$ – значення відповідного перемінного фактора; $Л$ – частина зведених витрат (питомих або об'єктних), що залежить від способу механізації і припадає на одиницю величини перемінного фактора $Х$.

Витрати j -ї будівельної машини при виконанні роботи обсягом W можна визначити, використовуючи функцію зведених витрат

$$П_{3,y} = R_{c,j} + R_{w,j}W. \quad (2)$$

Постійні витрати на одне перебазування $R_{c,j}$ і постійні витрати на одиницю виміру виконуваних робіт $R_{w,j}$ є основними характеристиками будівельної машини, що визначають основні показники її роботи.

Порівняльну оцінку j -ї машини з іншими машинами робимо в такий спосіб. Через точку m_j проведемо прямі, перпендикулярні осям R_w і R_c (рис. 1). Ці прямі розбивають простір критеріїв S на чотири взаємно непересічні простори.

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \{m: R_c \geq R_{c,j} \wedge R_w \geq R_{w,j}\}, \\ S_2 &= \{m: R_c \geq R_{c,j} \wedge R_w < R_{w,j}\}, \\ S_4 &= \{m: R_c < R_{c,j} \wedge R_w > R_{w,j}\}, \\ S_3 &= S / (S_1 \cup S_2 \cup S_4). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

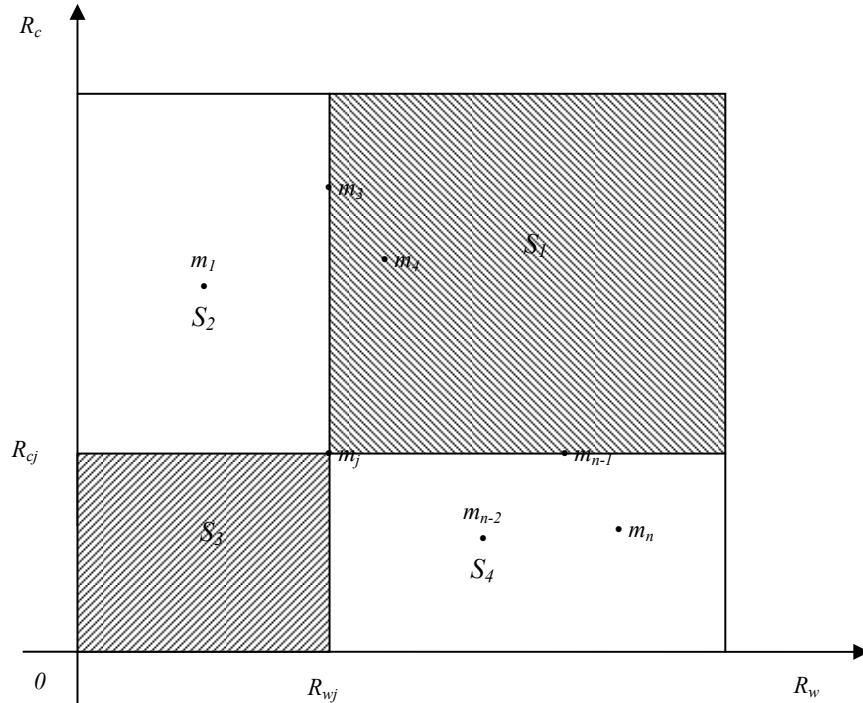


Рис. 1. Простір характеристик будівельних машин

Кожна точка простору критеріїв для порівняної машини лежить в одному з чотирьох зазначених підпросторів. Якщо вона лежить у просторі S_1 , то можливі два випадки:

1. Її координати збігаються з координатами R_{wj} , R_{cj} , тобто машини є рівноцінними. Виконання ними будь-яких обсягів робіт приводить до рівних витрат, тому надалі передбачається, що зазначені машини поєднуються в один клас.

2. Хоча б одна з координат не збігається з координатами m_j точки. У цьому випадку розглянута машина є гіршою в порівнянні з j -ю. Виконання нею будь-якого обсягу робіт призводить до великих витрат (наприклад, точки m_3 , m_4 , m_{n-1}).

Якщо точка простору критеріїв для порівняної машини належить підпросторові S_3 , то j -та машина є застарілою.

Машини, точка яких у просторі критеріїв належить відкритим просторам S_2 або S_4 , не підлягають порівнянню в силу особливостей багатокритерійної задачі. Використовуючи дану процедуру порівняння, у просторі критеріїв

можна виділити безліч точок, кожна з яких характеризується тим, що не має стосовно себе точок, що належать підпросторові S_3 . Вони утворюють множину Парето.

Таким чином, парк доцільно комплектувати машинами, показники яких у просторі критеріїв утворюють множину Парето. Однак не всі машини цієї безлічі підходять для комплектації парку в сенсі існування інтервалів робіт, у межах яких кожна з машин має найкращі показники функціонування. Покажемо це.

На початку виберемо машину з мінімальним значенням показника R_w . Значення параметрів R_c і R_w для цієї машини позначимо через R_{c1} і R_{w1} .

Відповідно до властивостей точок множини Парето, точки, що відповідають іншим машинам, будуть лежати в підпросторі S_4 по відношенню до обраної, тобто для будь-якої машини j справедлива система нерівностей

$$\left\{ \begin{aligned} R_{c1} &> R_{cj}, \\ R_{w1} &< R_{wj}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

З машин, що залишилися, виберемо машину з найменшим значенням параметра R_w , позначивши координати її точки в просторі критеріїв через R_{c2} і R_{w2} . Відповідно до системи (4) запишемо

$$\begin{cases} R_{c1} > R_{c2}, \\ R_{w1} < R_{w2}. \end{cases} \quad (5)$$

Знайдемо обсяг робіт, за яких зведені витрати на їхнє виконання для першої і другої машини будуть однакові. Для цього необхідно вирішити систему рівнянь

$$\begin{cases} \Pi_{zy} = R_{c1} + R_{w1}W, \\ \Pi_{zy} = R_{c2} + R_{w2}W, \end{cases} \quad (6)$$

щодо параметра W . З огляду на систему нерівностей (4), дійдемо висновку, що визначник системи лінійних рівнянь (6)

$$\begin{vmatrix} 1 - R_{w1} \\ 1 - R_{w2} \end{vmatrix} \quad (7)$$

відмінний від нуля. Отже, ця система має єдине рішення.

Оскільки

$$R_{c1} > 0, R_{c2} > 0, R_{w1} > 0, R_{w2} > 0,$$

з огляду на систему (4) дійдемо висновку, що геометрична інтерпретація розв'язання задачі про перебування оптимальних меж виконуваних робіт для кожного типорозміру машин буде мати вигляд, показаний на рис. 2.

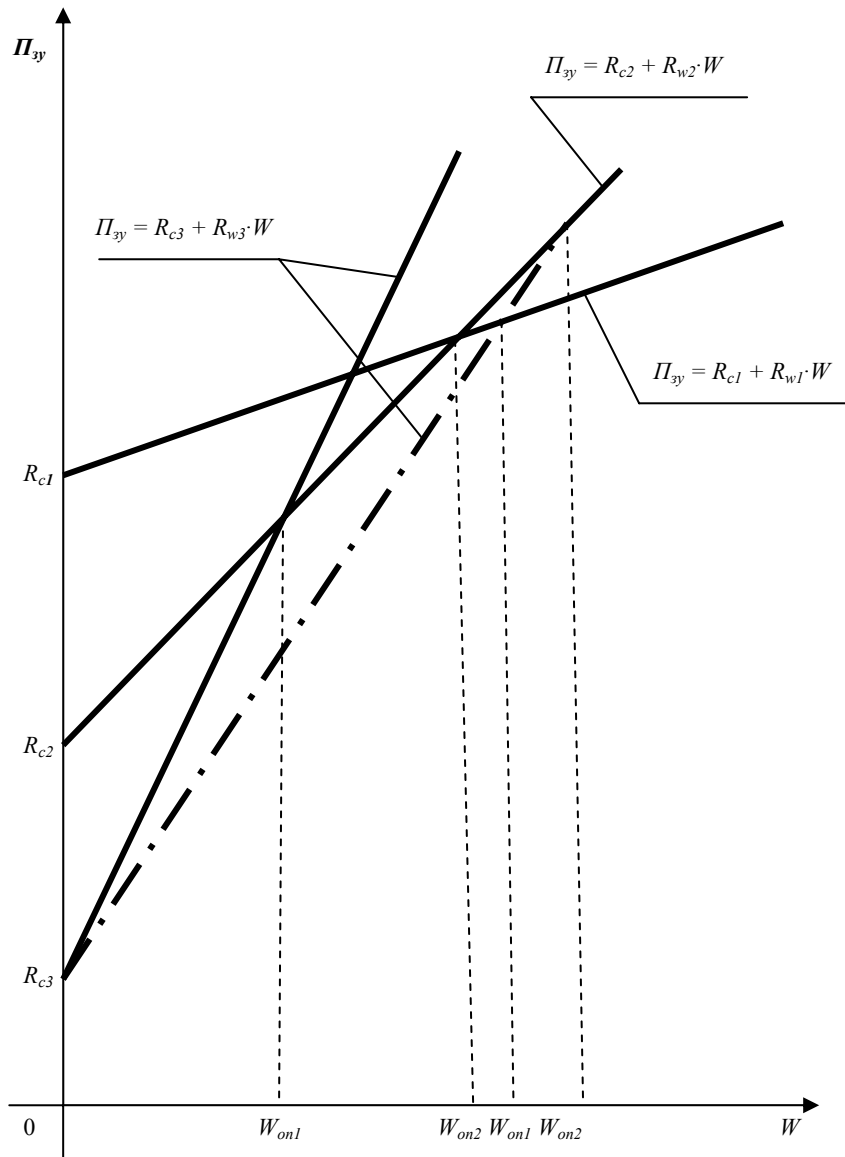


Рис. 2. Геометрична інтерпретація рішень задачі визначення оптимальних обсягів робіт для кожного типорозміру машин

В інтервалі (W_{on1}, ∞) зведені витрати на виконання робіт для першої машини будуть менше, ніж для другої. Отже, її доцільно використовувати, коли дійсний обсяг робіт буде знаходитися в цьому інтервалі.

У точці $W = W_{on1}$ питомі витрати для обох машин будуть рівні. Тому для виконання роботи можна використовувати кожну з них.

В інтервалі $(0, W_{on1})$ доцільно використовувати другу машину, тому що питомі витрати для неї менше.

Розв'язуючи систему рівнянь (6), одержуємо

$$W_{on1} = \frac{R_{c1} - R_{c2}}{R_{w2} - R_{w1}}. \quad (8)$$

Якби кількість типорозмірів машин була б обмежена двома, то на цьому розв'язання задачі визначення оптимальних обсягів робіт для кожної з машин було б закінчене. Цікаві особливості з'являються, коли конкуруючих машин більше двох, у загальному випадку n .

З машин, що залишилися, виберемо таку, значення параметрів R_w якої є мінімальним, позначивши коефіцієнти її точки в просторі критеріїв R_{c3} , R_{w3} . Оскільки ця точка лежить в області S_4 відносно до точки з координатами R_{c2} , R_{w2} , виконуються умови

$$\begin{cases} R_{c2} > R_{c3}, \\ R_{w2} < R_{w3}. \end{cases} \quad (9)$$

Отже, система

$$\begin{cases} \Pi_{3y} = R_{c2} + R_{w2}W, \\ \Pi_{3y} = R_{c3} + R_{w3}W. \end{cases} \quad (10)$$

має єдиний розв'язок і, аналогічно раніше розглянутому випадку, цей розв'язок визначає граничну точку W_{on2} , що розділяє область можливих робіт на двох підобласті, у кожній з яких більш краще застосування однієї з розглянутих машин.

Якщо прями, описувані рівняннями системи (10) перетинаються, як показано на рис. 2, то це означає, що застосування другої машини більш переважно при виконанні обсягів робіт, що належать інтервалові (W_{on2}, W_{on1}) , а третьої – $(0, W_{on2})$.

Однак можливий і більш складний випадок, коли абсциса точки перетину цих прямих W'_{on2} лежить праворуч стосовно W_{on1} (пунктир на рис. 2). У цьому випадку має місце цікава особливість. Хоча кожна з трьох розглянутих машин

стосовно іншої має свою область доцільного використання, при їхньому спільному застосуванні друга машина області доцільного значення не має (системний ефект). При цьому, як видно на рис. 2, змінюється область доцільного використання першої машини, що належить інтервалові (W'_{on1}, ∞) . Значення лівої границі може бути визначене шляхом розв'язання системи рівнянь

$$\begin{cases} \Pi_{3y} = R_{c1} + R_{w1}W, \\ \Pi_{3y} = R_{c3} + R_{w3}W, \end{cases} \quad (11)$$

причому

$$W'_{on1} = \frac{R_{c3} - R_{c1}}{R_{w1} - R_{w3}}. \quad (12)$$

Виконуючи аналогічні міркування для четвертої, п'ятої машин тощо, можна знайти області їхнього припустимого використання. При цьому варто врахувати, що в результаті системного ефекту зі списку комплектації парку, при обліку технічних характеристик чергової машини, може виключатися не одна, а декілька попередніх.

Блок-схема алгоритму визначення машин, якими доцільно комплектувати парк, наведена на рис. 3.

Варто звернути увагу, що в результаті застосування цього алгоритму визначаються тільки типорозміри машин, з яких доцільно комплектувати парк. Їхній кількісний склад повинний бути визначений на підставі розгляду структури потоку вимог.

Слід зазначити, що розглянутий метод порівняння конкуруючих варіантів використання будівельних машин не новий. Різні його аспекти розглянуті в роботах професора С. Е. Канторера і його учнів.

Новою є форма викладу матеріалу, що покладена в основу алгоритму і програми визначення типорозмірів машин і їхньої кількості для комплектації парку, запропоновані у цій статті.

Висновок

Цифри, які характеризують виробничі можливості загонів Держспецтрансслужби, не є сталими; вони можуть змінюватися залежно від штату загонів та можливостей відновлювальної техніки. Реформування та розвиток Держспецтрансслужби передбачає створення таких мобільних формувань, які здатні швидко переміщатися у визначені регіони всіма видами транспорту для виконання завдань в інтересах транспортного забезпечення, а також для участі в ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійних лих та терористичних актів на транспорті.

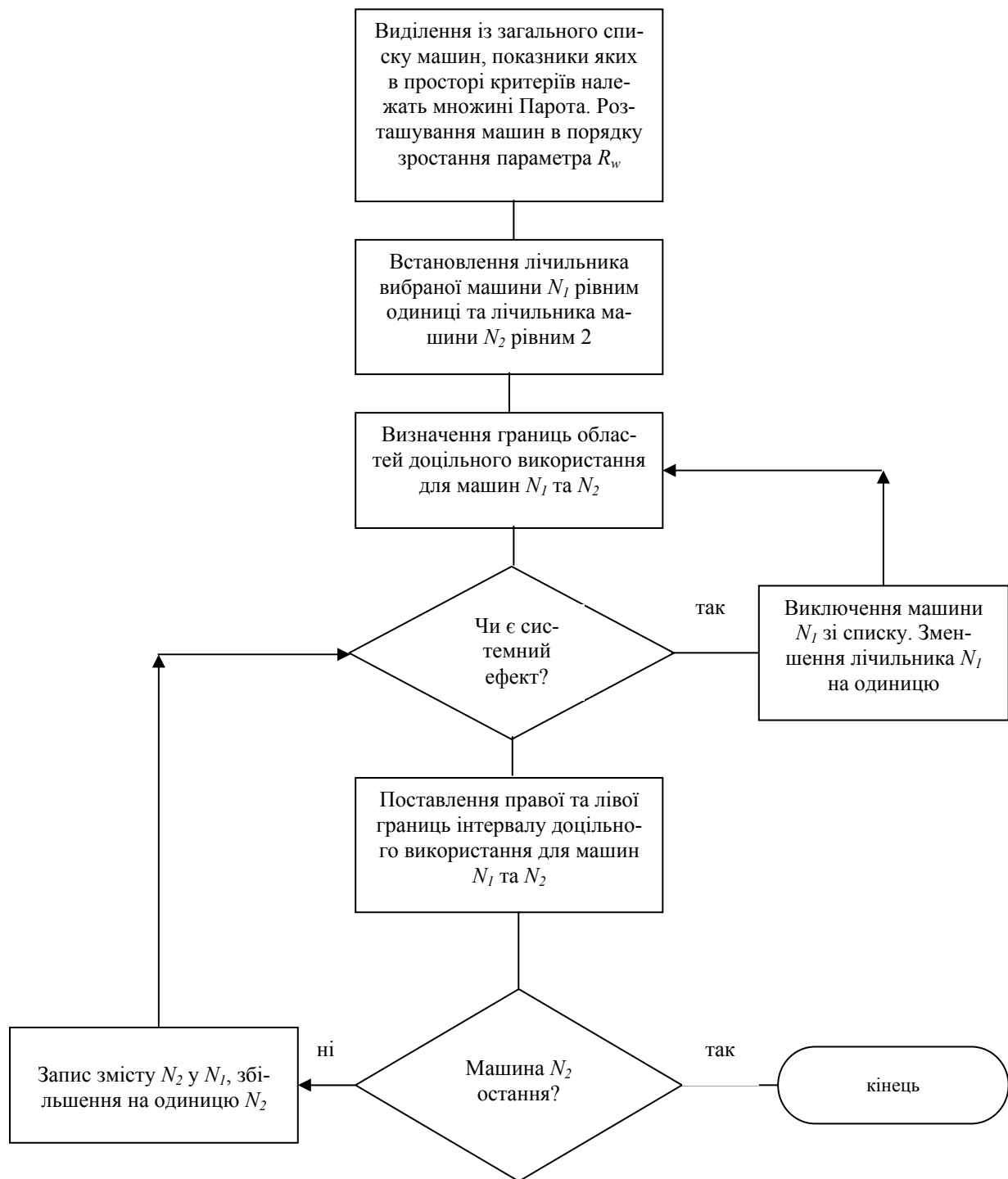


Рис. 3. Блок-схема алгоритму визначення будівельних машин для комплектації парку

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Беленький П. Е. Управление техническим и организационным развитием предприятия / П. Е. Беленький, Ю. Л. Гиттик, Т. В. Ландина. – К.: Техніка, 1992. – 126 с.
2. Герасимов Е. Н. Многокритериальная оптимизация конструкций / Е. Н. Герасимов, Ю. М. Почтман, В. В. Скалозуб. – К.–Донецк: Вища шк., 1985. – 134 с.
3. Кудрявцев Е. М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства. – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.
4. Тимошенко В. К. Землеройные и землеройно-транспортные машины / В. К. Тимошенко, Л. А. Хмара. – Д.: ДИСИ, 1990. – 238 с.

Надійшла до редколегії 14.03.2005.