

ПРО ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКТІВ СТІЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕРМІНІВ ВИКОНАННЯ РОБІТ

© Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., 2004

Наведено методику формування ефективного комплекту стрілових кранів, за критерієм наведені витрати на об'єкті із змінним монтажним моментом для встановлення елементів, з виконанням робіт у директивний термін.

The method of forming of effective complete set of arrow faucets is resulted, on a criterion the resulted expenditures on an object with a removable assembling moment for establishment of elements, with implementation of works in a directive term.

Постановка проблеми. В умовах сучасного будівництва постає питання виконання монтажних робіт у директивні терміни, що зумовлено низкою чинників:

- фіксованими термінами виконання подальших процесів;
- необхідністю ув'язки процесів у просторі і часі;
- скороченням термінів уведення в експлуатацію тощо.

Скорочення терміну процесу виконується за рахунок насичення фронту робіт ресурсами і, як правило, формування комплекту з однотипних механізмів, без врахування при виборі комплекту кранів – змінності вантажного моменту для встановлення елементів, віддалі постачання на об'єкт і можливості їхнього використання на суміжних процесах. Виконаний аналіз [1] показав, що під час формування комплекту кранів слід допускати використання кранів різних розмірних груп. Такі задачі розв'язують як задачі комбінаторного типу без обмеження кількості механізмів для формування варіантів, методи розв'язання яких у загальному вигляді ще не розроблені [1].

Тому існує доцільність розробки методики, яка дозволить формувати ефективні комплекти стрілових кранів для об'єктів із змінним монтажним моментом [2] при заданому терміні виконання процесу.

Постановка завдання. Заданий об'єкт будівництва – об'єкт із змінним монтажним моментом для встановлення монтажних елементів. Монтаж конструкцій об'єкта виконується комплектом кранів. Для об'єкта сформований оптимальний комплект стрілових кранів за приведеними витратами, без урахування директивного терміну. Відомі обсяги монтажних робіт, одноразові витрати з постачання кранів на будівельний майданчик і створення умов для їх роботи.

Необхідно розробити методику формування ефективних комплектів кранів, які забезпечують виконання робіт у директивні терміни на неоднорідному об'єкті із змінним монтажним моментом.

Виклад основного матеріалу. Математична модель задачі містить вираз для розрахунку приведених витрат на монтаж конструкцій комплектом кранів [3]:

$$C_{вар} = 1,08(E + \sum_i C_i \cdot \frac{V_i}{\Pi_i}) + 1,5(E_o + P_o),$$

де $C_{вар}$ – приведені витрати варіанта комплекту; E – одноразові витрати для доставки машин на об'єкт, монтаж, демонтаж тощо; E_o – заробітна плата в складі одноразових витрат; C_i – собівартість машино-години i -ї машини комплекту без врахування одноразових витрат; V_i – обсяг робіт для i -го крана; Π_i – продуктивність i -го крана; P_o – заробітна плата всіх робітників, які беруть участь у процесі, за винятком врахованої у собівартості машино-години та в одноразових затратах; 1,08 та 1,5 – коефіцієнти загально-будівельних накладних витрат.

Формування ефективного комплексу стрілових кранів за директивним терміном зведення пропонується виконувати, прийнявши за вихідний оптимальний комплект монтажних кранів, сформований за приведеними витратами [2], визначений без врахування директивного терміну виконання робіт.

Кожен кран у оптимальному комплекті характеризується параметрами:

- розмірною групою (експлуатаційні витрати, технічними параметрами);
- тривалістю перебування крана на об'єкті – T_s .

Термін завершення монтажних робіт комплектом оптимальних кранів, визначається краном з найбільшою тривалістю перебування на об'єкті:

$$T_{\text{мон}} = \max \{ T_{j_n}, \dots, T_s, \dots, T_{j_{\text{max}}} \},$$

де $T_{\text{мон}}$ – термін перебування на об'єкті крана, який визначає термін завершення процесу монтажу; $j_n, \dots, s, \dots, j_{\text{max}}$ – номери розмірних груп, які застосовуються у комплекті відповідно найнижчої, поточної, найвищої; $T_{j_n}, T_s, T_{j_{\text{max}}}$ – термін перебування на об'єкті крана відповідних розмірних груп.

При

$$T_D < T_{\text{мон}}$$

необхідне залучення додаткових кранів. Формування комплексу з додатковими кранами виконується у послідовності:

- 1) формується вибірка ефективних додаткових кранів;
- 2) формування варіантів комплектів з додатковими кранами;
- 3) формування варіантів ефективного комплексу з додатковими кранами за критерієм мінімуму приведених витрат та вибір ефективного комплексу з додатковими кранами.

Етап 1. Формування вибірки ефективних додаткових кранів.

Вихідними даними для виконання етапу є:

- оптимальний комплект стрілових кранів [2];
- обсяги робіт по кранах оптимального комплексу;
- перелік машин, які можуть бути застосовані на даному об'єкті;
- одноразові витрати по кранах наявного парку машин при їх доставці на даний об'єкт.

Формування вибірки виконується за:

- а) експлуатаційними витратами;
- б) одноразовими витратами.

Вибір ефективних кранів за експлуатаційними витратами.

Для кожної розмірної групи, поданої краном у оптимальному комплекті, визначається необхідна кількість кранів для виконання монтажних робіт у директивний термін:

$$S_j = \frac{T_j}{T_D} \geq 0,$$

де S_j – кількість необхідних кранів j -ї розмірної групи для виконання робіт у директивний термін; T_j – термін перебування крана j -ї розмірної групи оптимального комплексу на об'єкті, T_D – директивний термін виконання робіт.

При $S_j > 0$ приймаємо цілу кількість необхідних кранів – n_j , для забезпечення термінів виконання робіт по даній розмірній групі з мінімальними одноразовими витратами. Для j -ї розмірної групи при:

$$n_j > n_j^u$$

приймаються додаткові крани вищих розмірних груп ($j+1, \dots$) у кількості:

$$n_k^e = n_j - \sum_j^{k-1} n_j^e$$

$$n_k^e \leq n_k^u, \text{ при } k > j$$

n_k^e – кількість вибраних кранів k -ї розмірної групи; n_k^h – кількість наявних кранів k -ї розмірної групи; n_j – кількість наявних кранів по j -й розмірній групі.

Крім того для кранів з мінімальними одноразовими, поданими у переліку машин, визначають обсяги робіт, кількість кранів, необхідну для їхнього виконання:

$$S_j^v = \frac{V_{jd} H_c}{T_D},$$

де S_j^v – кількість кранів групи j_d ; V_{jd} – обсяг робіт по розмірній групі j_d , яка в оптимальному комплекті не подана краном відповідної розмірної групи; H_c – норма часу на виконання відповідної одиниці обсягу V_{jd} .

Вибір ефективних кранів за одноразовими витратами.

Крани вищих розмірних груп для виконання процесу монтажу можуть мати менші одноразові витрати і як результат менші приведені витрати. З урахування цього загальна кількість кранів для кожної j -ї розмірної групи (S_j^{zag}) при забезпеченні можливості заміни кранів нижчих розмірних груп вищими, визначається

$$S_j^{zag} = \sum_{j=j_n}^j S_j,$$

де S_j^{zag} – загальна кількість кранів по j -й розмірній групі; j_n – найнижча розмірна група, прийнята до розгляду; S_j – кількість необхідних додаткових кранів j -ї розмірної групи для виконання робіт у директивний термін.

При $S_j^{zag} > 0$ приймаємо цілу кількість кранів – N_j , з мінімальними одноразовими витратами.

Кількість конкурентних додаткових кранів для j -ї розмірної групи

$$m_j = N_j - n_j \geq 0.$$

При

$$m_j > n_j^h - n_j^e$$

конкурентні крани для формування варіантів комплектів по кожній вищій розмірній групі k ($k = j + 1, \dots$) приймаються у кількості

$$m_k^e = N_j - \sum_{i=j+1}^k (n_i^h - n_i^e)$$

$$m_k^e \leq n_k^h - n_k^e$$

де m_k^e – вибрана кількість конкурентних кранів k -ї розмірної групи.

Кран, використання якого є обов'язковим для суміжного процесу, приймається до розгляду з нульовою величиною одноразових витрат.

Вибірка формується по кожній розмірній групі із необхідних та конкурентних кранів з розташуванням їх у групі в порядку зростання одноразових витрат E_{ji} ($E_{j1}, \dots, \leq E_{jm_j}, \dots, \leq E_{jN_j}$).

Серед вибраних конкурентних кранів у вибірці залишаємо лише ті, які увійшли в ефективний комплект за критерієм

$$\sum_{i=1}^{t_j} E_i \rightarrow \min,$$

де t_j – необхідна кількість кранів для виконання обсягів робіт у директивний термін; E_i – одноразові витрати для крана t_j :

$$t_j = \sum_{j=j_n}^j n_j.$$

Порядок визначення кількості ефективних конкурентних кранів у групах показано на рис. 1.

Кожний конкурентний кран i ($i = 1, \dots, N_j$), розмірної групи j розглядається на предмет можливості його включення у вибірку, з умов

$$E_{ji} < E_{tj},$$

де E_{ji} – одноразові витрати i -го крана j -ї розмірної групи; E_{tj} – найбільші одноразові витрати крана tj у комплекті ефективних кранів за одноразовими витратами при розгляді j -ї розмірної групи:

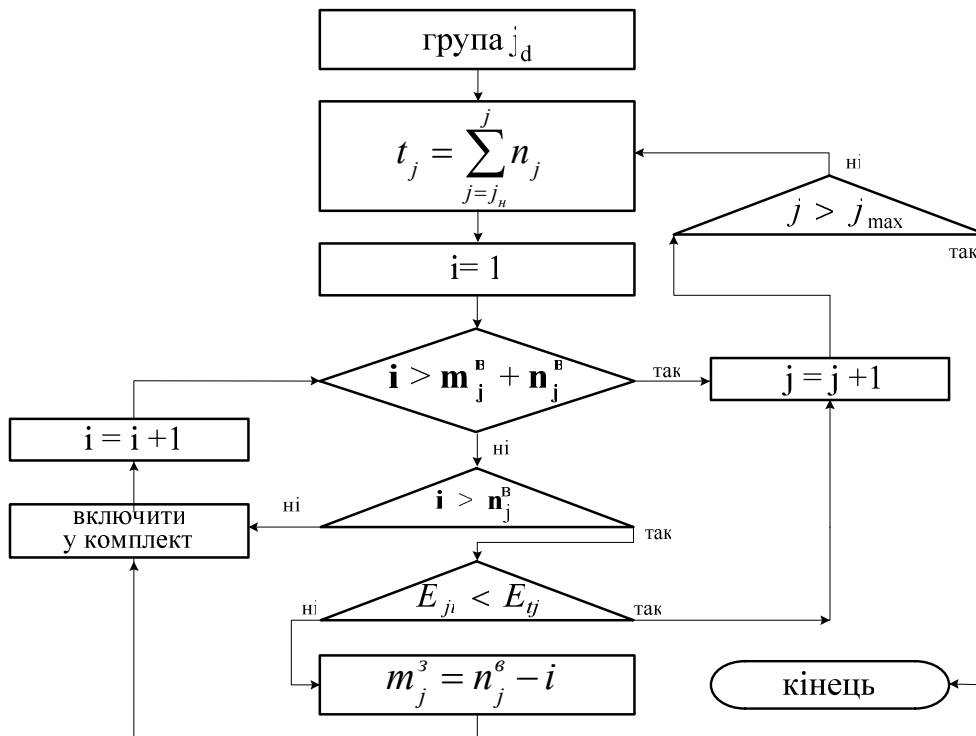


Рис. 1. Послідовність визначення кількості ефективних кранів у розмірних групах

По кожній розмірній групі визначається кількість кранів, що залишаться після скорочення вибірки за одноразовими витратами:

$$n_j^u - n_j^e \leq m_j^3 \leq m_j^e,$$

де n_j^u , n_j^e , – кількість кранів відповідно необхідних та вибраних по j -й розмірній групі; m_j^3 , m_j^e – кількість конкурентних кранів j -ї розмірної групи відповідно залишених та вибраних після скорочення вибірки.

Етап 2. Формування додаткових варіантів комплектів кранів

За перший варіант комплекту кранів приймаємо крани і їх кількість, визначені параметром n_j (етап 1). На основі варіанта 1 виконується формування додаткових варіантів комплектів кранів шляхом перерозподілу обсягів робіт j -ї розмірної групи, з метою зменшення у ньому витрат:

- експлуатаційних;
- одноразових.

Додаткові варіанти комплектів кранів формуються на основі варіанта 1, при виконанні системи умов:

$$A. \begin{cases} S_{j_n} - n_{j_n}^e > 0 \\ j > k > j_n, k < j_n \\ S_k = 0 \\ S_k^v > 0 \\ n_k^e \geq 1 \\ T_D - T_k > 0 \end{cases} \quad B. \begin{cases} \sum_{i=j_n}^{j-1} S_j^v > S_j + 1 - n_j \\ j_n = j_d \end{cases}$$

де S_{j_n} – число необхідної кількості кранів для виконання робіт по розмірній групі j_n ; j_n – перша розмірна група перед j -ю у оптимальному комплекті; $n_{j_n}^e$ – вибрана кількість кранів по розмірній групі j_n ; S_k – число необхідної кількості кранів для виконання робіт по k -й розмірній групі ($k = j_n + 1, \dots, j - 1$) комплекту, сформованому за параметром n_j ; n_k^e – вибрана кількість кранів по k -й розмірній групі; S_k^v – число необхідної кількості кранів у комплекті, сформованому з вибраних механізмів по k -й розмірній групі; S_j^v – число необхідної кількості кранів у комплекті, сформованому з вибраних механізмів по j -й розмірній групі; n_j – необхідна кількість додаткових кранів по j -й розмірній групі; S_j – число необхідної кількості додаткових кранів по j -й розмірній групі; Tkn_k^e – термін перебування крана n_k^e на об'єкті.

Додаткові варіанти, для зменшення одноразових витрат, формуються на основі варіанта 1 при виконанні умови:

$$\sum_{j=j_n}^{j_{max}} n_j > N_{j_{max}},$$

де $N_{j_{max}}$ – загальна кількість кранів по розмірній групі j_{max} .

Кожний сформований комплект кранів буде характеризуватися параметрами:

- j_d – найменша розмірна група серед вибраних кранів;
- j_{max}^k – найвища розмірна група серед вибраних конкурентних кранів;
- n_j^n – кількість прийнятих кранів по j -й розмірній групі ($j = j_d, \dots, j_{max}^k$);
- m_j^n – кількість прийнятих конкурентних кранів по j -й розмірній групі ($j = j_d, \dots, j_{max}^k$).

Кожний кран (K) у сформованих варіантах характеризується:

$$K_{i_1, i_2, i_3, j_3}$$

де i_1 – номер, присвоєний крану у комплекті ($i_1 = 1, \dots, t_1^n$):

$$t_1^n = \sum_{i=j_n}^{j_{max}} n_i^n$$

i_2 – необхідна кількість кранів для виконання обсягу робіт V_{j_2} у директивний термін; j_2 – необхідна група крана для виконання обсягу робіт; i_3 – порядковий номер крана у вибірці; j_3 – група крана, прийнята для виконання обсягу робіт $V_{i_2 j_2}$.

Етап 3. Формування ефективного комплекту кранів за критерієм мінімум приведених витрат та вибір ефективного комплекту з додатковими кранами.

Критерій пошуку для даного етапу по кожному сформованому варіанті

$$C_{вар_i} = \sum_{s=1}^{t_j} C_s \rightarrow \min$$

де C_s – приведені витрати крана групи s ($s = j_n, \dots, j - 1$); $C_{вар}$ – приведені витрати варіанта комплекту.

Основна ідея формування варіанта комплекту за приведеними витратами полягає у тому, що на кожному кроці етапу перевіряється можливість заміни одного з кранів комплекту на конкурентний. Порядок формування ефективного комплекту кранів за критерієм мінімум приведених витрат показаний на рис. 2.

Заміна крана, включеного у комплект, на конкурентний можлива при виконанні умови:

$$\Delta C = \max \begin{cases} C_1, \dots, C_{ij} \\ \dots \\ C_s, \dots, C_{ij} \\ \dots \\ Ct_j^n, \dots, C_{ij} \end{cases} > 0$$

Виконується заміна крана i_1 на конкурентний кран m_j , різниця приведених витрат (ΔC) яких максимальна, шляхом переприсвоєння індексів $i_3 j_3$. За найменшою величиною приведених

витрат вибирається ефективний варіант організації монтажу і відповідний йому комплект монтажних кранів

$$C_{\text{вар}} = \min \begin{cases} C_{\text{вар}_1} \\ \dots \\ C_{\text{вар}_p} \end{cases}$$

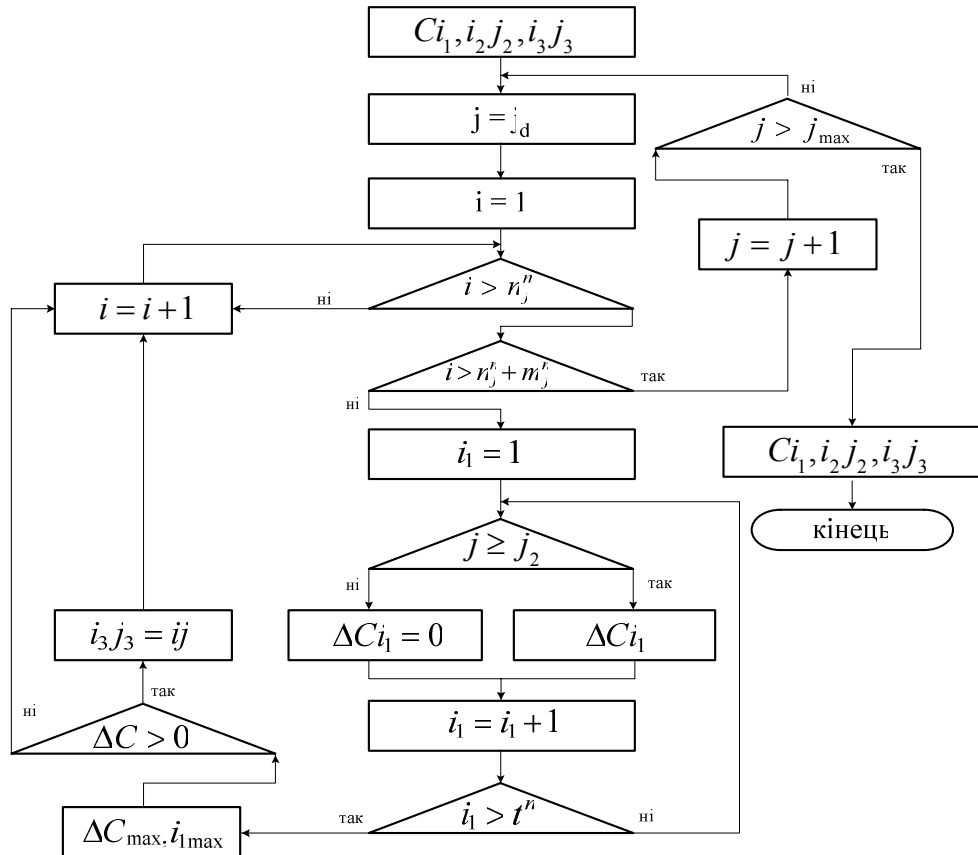


Рис. 2. Порядок формування ефективного комплекту кранів за критерієм мінімум приведених витрат

Висновки. Запропонована методика дозволяє формувати оптимальний комплект з виконання робіт у директивний термін зведення.

1. Спектор М.Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства. – М.: Стройиздат, 1980. – 159 с. 2. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. Про формування ефективних комплектів стрілових кранів при веденні монтажу на неоднорідних об'єктах // Теорія і практика будівництва. – Львів, 2004. – № 495. 3. Расчеты экономической эффективности применения машин в строительстве / Под ред. С.Е. Канторера. – М.: Стройиздат, 1972. – 487 с