

УДК 69.057.7

Р.С. Пиляєв, провідний спеціаліст ТОВ “САПРАН УКРАЇНА”

РОЗРОБКА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ БАШТОВИХ КРАНІВ

Вступ. Постановка задачі. З аналізу загальної структурної схеми будівельного виробництва [1] випливає, що для досягнення об'єктивних результатів дослідження економіко-математична модель повинна відповідати взаємозв'язку ресурсів, оператора і будівельного процесу.

На першому етапі аналізуються варіанти технологій з використанням різних методів досліджень. Отримані варіанти технології порівнюються за критеріями оптимальності - наведеними витратами на обсяг будівництва, економічному ефекту і трудомісткості [2].

Якщо порівнювальні варіанти мають однаковий обсяг робіт, то оптимальний варіант відповідає мінімуму наведених витрат. При порівнянні технологічних процесів з різними обсягами робіт необхідно враховувати отриманий ефект або збиток за вартістю матеріалів, тому в деяких випадках доцільно вибирати оптимальний варіант за величиною економічного ефекту.

Методика та результати досліджень. Оскільки в механізованому процесі бере участь комплект машин змінного складу, кожна з яких не забезпечує кінцевої продукції, капітальні вкладення K_0 визначають по формулі:

$$K_0 = \sum \frac{K_{B.Ki} \cdot T_{Oi}}{T_{Pi}}, \quad (1)$$

де $K_{B.Ki}$ - вартість i -ї машини комплекту, T_{Oi} і T_{Pi} - число годин роботи i -ї машини на об'єкті у році.

Собівартість механізованих робіт визначають на кожному рівні:

$$C_0 = K'_H \sum_{i=1}^n C_{M-i} \mathcal{C}_{M-i} + K''_H P, \quad (2)$$

де K'_H і K''_H - безрозмірні коефіцієнти накладних витрат відповідно на витрати по експлуатації та на заробітну плату робітників; C_{M-i} - вартість машино-годин i -ї машини комплекту, грн.; \mathcal{C}_{M-i} - число машино-годин роботи i -ї машини на об'єкті; P - заробітна плата робітників, що беруть участь у технологічному процесі (за винятком персоналу безпосередньо пов'язаного з експлуатацією машин), грн.

Вартість машино-години визначають за формулою:

$$C_{M-\Gamma} = E_0 / T_0 + \Gamma / T_p + C_{П.Е.}, \quad (3)$$

де E_0 - одноразові витрати, грн.; T_0 - кількість годин роботи машини на об'єкті; Γ - річні витрати, грн.; T_p - число годин роботи машини за рік; $C_{П.Е.}$ - поточні експлуатаційні витрати, грн.:

$$C_{П.Е.} = 1,15 \sum_{k=1}^B C_{1k} + S, \quad (4)$$

де C_{1k} - годинна тарифна вставка k -го робітника бригадира з B членів, зайнятої на основних роботах, грн.; S - витрати на паливо, електроенергію, оливу і мастильні матеріали, грн.

Основні операції технологічного процесу – доставка бетонної суміші, вивантаження суміші в бункер, переміщення, подача краном на необхідну при будівництві висоту (операції технологічного процесу можуть бути змінені при подачі краном інших



матеріалів). Наведені витрати на весь процес дорівнюють сумі наведених витрат на зазначені операції:

$$P_{3.o.} = \mu_1 P_{3.o.}^1 + \mu_2 P_{3.o.}^2 + \mu_3 P_{3.o.}^3 + \mu_4 P_{3.o.}^4, \quad (5)$$

Значення коефіцієнтів $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ приймають залежно від наявності операції в процесі ($\mu = 0$, якщо операція відсутня, і $\mu = 1$, якщо вона виконується).

Після перетворень із урахуванням виразів (1)-(5) одержимо:

$$\begin{aligned} P_{3.o.} = & 1,08 \cdot (\mu_1 E_{O1} + \mu_2 E_{O2} + \mu_3 E_{O3} + \mu_4 E_{O4}) + \\ & + 1,08 \left(\mu_1 k_{Am1} \frac{Q_1 K_{BK1}}{P_{\Gamma 1} T_{P1}} + \mu_2 k_{Am2} \frac{Q_2 K_{BK2}}{P_{\Gamma 2} T_{P2}} + \mu_3 k_{Am3} \frac{Q_3 K_{BK3}}{P_{\Gamma 3} T_{P3}} + \mu_4 k_{Am4} \frac{Q_4 K_{BK4}}{P_{\Gamma 4} T_{P4}} \right) + \\ & + E_H \cdot \left(\mu_1 \frac{Q_1 K_{BK1}}{P_{\Gamma 1} T_{P1}} + \mu_2 \frac{Q_2 K_{BK2}}{P_{\Gamma 2} T_{P2}} + \mu_3 \frac{Q_3 K_{BK3}}{P_{\Gamma 3} T_{P3}} + \mu_4 \frac{Q_4 K_{BK4}}{P_{\Gamma 4} T_{P4}} \right) + \\ & + 1,512 \cdot \left(\mu_1 \frac{Q_1}{P_{\Gamma 1}} \sum_{k=1}^B C_{Tk1} + \mu_2 \frac{Q_2}{P_{\Gamma 2}} \sum_{k=1}^B C_{Tk2} + \mu_3 \frac{Q_3}{P_{\Gamma 3}} \sum_{k=1}^B C_{Tk3} + \mu_4 \frac{Q_4}{P_{\Gamma 4}} \sum_{k=1}^B C_{Tk4} \right) + \\ & + 2,1 \cdot \left(\mu_1 \mu'_1 \frac{Q_1}{P_{\Gamma 1}} \sum_{k=1}^B C_{Tj1} + \mu_2 \mu'_2 \frac{Q_2}{P_{\Gamma 2}} \sum_{k=1}^B C_{Tj2} + \mu_3 \mu'_3 \frac{Q_3}{P_{\Gamma 3}} \sum_{k=1}^B C_{Tj3} + \mu_4 \mu'_4 \frac{Q_4}{P_{\Gamma 4}} \sum_{k=1}^B C_{Tj4} \right) + \\ & + 1,08 \mu_1 S_1 + 1,08 \mu_2 S_2 + 1,08 \mu_3 S_3 + 1,08 \mu_4 S_4; \\ & S_1 = S_{\Pi 1} + S_{E\pi 1} + S_{M.M1}; S_2 = S_{\Pi 2} + S_{E\pi 2} + S_{M.M2}; \\ & S_3 = S_{\Pi 3} + S_{E\pi 3} + S_{M.M3}; S_4 = S_{\Pi 4} + S_{E\pi 4} + S_{M.M4}, \end{aligned} \quad (6)$$

де $E_{O1}, E_{O2}, E_{O3}, E_{O4}$ - одноразові витрати на експлуатацію машин, які беруть участь у технологічному процесі – відповідно вивантаження, переміщення, підйом; k_{Am} - коефіцієнти амортизаційних відрахувань; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - обсяги робіт, що входять у зазначений вище технологічний процес; $P_{\Gamma 1}, P_{\Gamma 2}, P_{\Gamma 3}, P_{\Gamma 4}$ - годинні продуктивності машин, які виконують відповідні технологічні операції; C_{Tk} - тарифна ставка k-го робітника екіпажа машини з Б членів, грн./год.; μ' - коефіцієнт, що дозволяє в математичній моделі враховувати допоміжні операції; C_{Tj} - тарифна ставка j-го робітника бригади з В членів, зайнятих на допоміжних роботах, грн./год.

Останні чотири доданки у виразі (6) являють собою енерговитрати, необхідні для здійснення операцій. Вони враховують витрати на паливо S_{Π} , вартість електроенергії $S_{E\pi}$, вартість мастильних матеріалів $S_{M.M}$.

Енерговитрати для кожної операції визначаються залежно від показників призначених машин і механізмів:

$$\begin{aligned} S = S_{\Pi} + S_{E\pi} + S_{M.M.} = & 1,03 \cdot 10^{-3} N_D q_{\Pi} \cdot \left[k_{д.ч} (k_{д.л} k_N - k_X) + k_X \right] \times \\ & \times \Pi_{\Pi} T_o + 0,001 \Pi_{E\pi} W_{E\pi} T_o + \xi S_{\Pi} + 0,1 v W_{E\pi} T_o \end{aligned} \quad (7)$$

де N_D - потужність двигунів, κBm ; q_{Π} - питома витрата енергії при номінальній потужності, $z / (\kappa Bm \cdot год)$; $k_{д.ч}$ і $k_{д.л}$ - коефіцієнти використання двигунів відповідно за часом і потужністю; k_N - коефіцієнт, що враховує зміну витрати енергії залежно від ступеня використання двигунів за потужністю; k_X - коефіцієнт, що враховує зниження витрати енергії на холостому ходу двигуна; Π_{Π} - ціна енергії, $грн./\kappa г$; $\Pi_{E\pi}$ - питома ціна електроенергії, $грн./10 \kappa Bm$; $W_{E\pi}$ - розрахункова витрата електроенергії за годину, $\kappa Bm \cdot год$; ξ - коефіцієнт переходу від вартості річної витрати енергії до вартості оливи; v -

вартість мастильних і допоміжних матеріалів на одиницю використаної електроенергії, грн./10 кВт·год.

У деяких випадках необхідно в якості критерія оптимальності приймати трудомісткість процесу T_{Π} . Оптимальний варіант при цьому відповідає мінімальній трудомісткості:

$$T_{\Pi} = \sum_{i=1}^4 \frac{Q_i}{P_{Гi}} n_{pi} \rightarrow \min, \quad (8)$$

де Q_i - обсяг робіт, які виконуються в i -й операції, $P_{Гi}$ - годинна продуктивність комплексу машин, що беруть участь в i -й операції; n_{pi} - число робітників, що беруть участь в i -й операції.

Одиниці Q_i і $P_{Гi}$ різні для кожного виду роботи.

У результаті розробки математичної моделі отримані цільові функції (3.7) і (3.8), для яких необхідно визначити граничні умови, звужувати область можливих рішень. Частина граничних умов приймається на стадії формування вихідних даних.

При виборі технологічної схеми (наприклад, укладання бетону в опалубки) необхідно враховувати циклічність або безперервність роботи механізмів комплексу. У проектно-кошторисній документації закладені такі вихідні дані, як обсяг робіт, прийнята технологія конкретного процесу.

Для здійснення технологічного процесу необхідно, щоб тривалість здійснення попередньої операції була трохи меншою тривалості виконання наступної операції (на 2-3%):

$$T_{Oi} \geq (1,02 - 1,03) T_{Oi-1}, \quad (9)$$

де T_{Oi} і T_{Oi-1} - тривалість виконання відповідно наступної і попередньої операцій.

У цьому випадку забезпечується максимальна щільність потоку з урахуванням технологічних перерв. Це – гранична умова по кожній операції, що входить у технологічний процес.

Висновки.

1. Розроблена економіко-математична модель використання баштових кранів.
2. Отримані аналітичні залежності для визначення витрат для застосування комплексу машини, що працюють спільно із баштовим краном.
3. Виявлення умови оптимального варіанту комплексу машини, що відповідає мінімальній трудомісткості технологічного процесу на доставку бетонної суміші, її перевантаження, переміщення та підйом краном при висотному будівництві.

Література

1. Пиляев Р.С. Моделирование процессов комплексной механизации строительства - // Научно-технический журнал "Техника строительства", К.: КНУБА, 2009. №23 С85 – 88.
2. Назаренко І.І, Пиляев Р.С. Дослідження показників технічного рівня баштових кранів. - // Научно-технический журнал "Техника строительства", К.: КНУБА, 2009. №24 С48 – 51.