

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ СТРІЛОВИХ КРАНІВ І МОНТАЖНОЇ МАСИ ЕЛЕМЕНТІВ З УРАХУВАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОСТОРУ

© Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., 2007

Запропоновано залежність для визначення необхідної вантажопідйомності стрілових кранів з урахуванням обсягів робіт та взаємозв'язку з параметрами функціонального простору (глибини подавання елементів, дальності транспортування машин на об'єкт, довжини та ширини тимчасових доріг).

Dependence for definition of necessary carrying capacity cranes in view of amounts of works that is offered to interrelation with parameters of functional space (depth of submission of elements, to range of transportation of machines on object, lengths and width of time roads).

Постановка завдання. Вибір технологічних рішень спорудження (монтажу) будівлі та окремих елементів передбачає визначення:

- раціональних конструктивних рішень;
- засобів механізації для монтажних робіт.

Прийняття засобів для механізованого виконання робіт звичайно виконується на основі методів, розроблених проф. С.Є. Кантором та його учнями, за мінімальною собівартістю виконання робіт. В результаті роздільного призначення конструктивних рішень та засобів механізації використання кранів за вантажопідйомністю на об'єктах становить 0,18–0,34 [1], що свідчить про невідповідність вантажопідйомності крана та монтажної маси елемента. На нашу думку, пошук конструктивних параметрів елементів та типорозмірів кранів, за визначеного обсягу робіт, повинен виконуватися у взаємозв'язку з параметрами функціонального простору (дальності транспортування, глибини подавання, довжини тимчасових доріг тощо).

Аналіз досліджень. В існуючих методиках вибір кранів виконується за:

- а) ступенем використання “вантажної площі” кранами [2];
- б) розташуванням всіх монтажних елементів відносно крана, максимальною масою монтажних елементів та вантажним моментом [3];
- в) “критичними” елементами з найбільшою монтажною масою і/або з максимальною глибиною подачі та розміром [4];
- г) монтажними характеристиками об'єкта з використанням графоаналітичного методу залежно від вантажопідйомності, вильоту і висоти підйому гака [5].

Аналіз вищенаведених методик показав, що вони не враховують взаємозв'язку технічних параметрів крана з ваговими параметрами монтажних елементів за визначеного обсягу робіт.

Мета роботи. Мета роботи полягає у визначенні необхідної вантажопідйомності стрілових кранів та монтажної маси елементів з урахуванням функціонального простору (дальності транспортування машин на об'єкт, геометричних параметрів тимчасових доріг) за фіксованого обсягу робіт.

Виклад основного матеріалу. Розрахункова собівартість механізованих робіт на весь обсяг з врахуванням одноразових витрат, необхідних для забезпечення роботи однієї машини, згідно з [6] запишеться як:

$$C = K'_H(E_O + C_{eK} \cdot T) + K''_H P_o, \quad (1)$$

де C – собівартість комплексу механізації, грн; E_0 – одноразові витрати для доставки машин цієї розмірної групи на об’єкт, монтаж, демонтаж, влаштування тимчасових доріг тощо, грн.; $C_{ек}$ – собівартість машино-години роботи крана без врахування одноразових витрат, грн.; T – число годин роботи на об’єкті машини, маш-год; P_0 – заробітна плата всіх робітників, які беруть участь у технологічному процесі, за винятком врахованої у собівартості машино-години та у одноразових затратах, грн.; $K'_н$ – коефіцієнт накладних витрат на затрати з експлуатації машини, дорівнює 1,08; $K''_н$ – коефіцієнт накладних витрат дорівнює 1,5 на заробітну плату робітників, які беруть участь у технологічному процесі, за винятком персоналу безпосередньо пов’язаного з експлуатацією машини, заробітна плата яких врахована у собівартості маш-год.

Залежність (1) можна записати у вигляді математичної моделі функції мети собівартості виконання механізованих робіт за укрупненими показниками можна записати:

$$C = f(Q_{кр}, T) + f(Q_{кр}, L_{тр}) + f(G_{кр}, L_0) + f(T_p, n) \rightarrow \min, \quad (2)$$

$Q_{кр}$ – вантажопідйомність крана, т; T – тривалість перебування крана на об’єкті, маш-год.; $L_{тр}$ – дальність перебазування крана, км; $G_{кр}$ – маса крана, т; T_p – трудомісткість технологічного процесу, люд-год; n – кількість робітників, зайнятих у технологічному процесі, ос.; L_0 – довжина тимчасової дороги, м; $f(Q_{кр}, T)$ – функція затрат з перебування крана на об’єкті, грн.; $f(Q_{кр}, L_{тр})$ – функція затрат з переміщення крана на об’єкт, грн.; $f(G_{кр}, L_0)$ – функція затрат на влаштування тимчасових доріг, грн.; $f(T, n)$ – функція затрат на заробітну плату робітників, які беруть участь у технологічному процесі, грн.

Згідно з [7], витрати на переміщення та експлуатації крана на об’єкті, залежать від типорозмірної групи крана, відповідно їх можна записати як:

$$\begin{aligned} C_{тр} &= f(Q_{кр}); \\ C_{ек} &= f(Q_{кр}). \end{aligned} \quad (3)$$

де $C_{тр}$ – витрати при транспортуванні крана певного типу (автомобільний, пневмоколісний, гусеничний) на 1 км шляху, грн./км; $C_{ек}$ – вартість маш-год. експлуатації крана певного типу на об’єкті, грн./маш.год.

Аналіз нормативних даних [7] показав, що залежності $C_{тр} = f(Q_{кр})$ та $C_{ек} = f(Q_{кр})$ мають вигляд, близький до лінійного, тому для визначення апроксимуючої функції витрат, за методом найменших квадратів, обмежимося рівнянням:

– переміщення крана на об’єкт:

$$C_{тр} = a_1 + a_2 Q_{кр} = f(Q_{кр}, a_1, a_2); \quad (4)$$

де, a_1 [грн./км], a_2 [грн./т·км] – коефіцієнти функції затрат на транспортування крана;

– експлуатації крана на об’єкті:

$$C_{ек} = a_3 + a_4 Q_{кр} = f(Q_{кр}, a_3, a_4). \quad (5)$$

де, a_3 [грн./маш.год], a_4 [грн./т·маш.год] – коефіцієнти функції затрат експлуатації крана на об’єкті.

Проведений аналіз даних [8] показує, що маси кранів у межах розмірних груп (певного типу) є близькими за значеннями, що дає можливість побудувати функцію зміни їх усередненої маси залежно від типорозміру:

$$G_{кр} = f(Q_{кр}), \quad (6)$$

де $G_{кр}$ – усереднена маса крана, т.

Аналіз взаємозв’язку маси крана ($G_{кр}$) та типорозміру показав, що залежність $G_{кр} = f(Q_{кр})$ має лінійний вигляд і в загальному вигляді може бути записана рівнянням

$$G_{кр} = a_5 + a_6 Q_{кр} = f(Q_{кр}, a_5, a_6); \quad (7)$$

де, a_5 [т], a_6 [-] – коефіцієнти функції зміни маси крана, залежно від його типорозміру.

Застосування автомобільних кранів в умовах будівельного майданчика вимагає, як правило, влаштування тимчасових. Функцію витрат на спорудження тимчасових доріг згідно з [9] запишемо:

$$f(G_{кр}, L_0) = C_0 \cdot L_0, \quad (8)$$

де C_0 – величина затрат на влаштування підстиляючого шару під покриття і залежить від маси машини грн./м; L_0 – довжина тимчасової дороги, м.

$$C_{\partial} = b_{\text{дор}} \cdot C_o \cdot h, \quad (9)$$

$b_{\text{дор}}$ – ширина проїжджої частини дороги, м; C_o – вартість виконання робіт з влаштування підстиляючого шару дороги, грн./м³; h – товщина підстиляючого шару, м.

Залежність між товщиною шару покриття дороги h та масою крана $G_{\text{кр}}$ визначиться, враховуючи [9] як:

$$h = (a_7 + a_8 G_{\text{кр}}) \quad (10)$$

або з врахуванням виведених залежностей між масою автомобільного крана і його типорозміром (7):

$$h = a_7 + a_8(a_5 + Q_{\text{кр}} a_6), \quad (11)$$

де a_7 [м], a_8 [м/т] – коефіцієнти функції залежності товщини підстиляючого шару тимчасової дороги від маси автомобільного крана.

Відповідно витрати на влаштування тимчасової дороги з врахуванням рівняння (11)

$$C_{\partial} = b_{\text{дор}} \cdot C_o [a_7 + a_8(a_5 + Q_{\text{кр}} a_6)] L_{\partial}. \quad (12)$$

Розв'язок регресивних залежностей (4); (5); (7) та (10) запишеться у вигляді системи рівнянь

$$a_n = \left[N \sum Q_{\text{кр},i} C_{n,i} - \sum Q_{\text{кр},i} \sum C_{n,i} \right] / \left[N \sum Q_{\text{кр},i}^2 - \left(\sum Q_{\text{кр},i} \right)^2 \right]; \quad (13)$$

$$a_m = \left[\sum Q_{\text{кр},i}^2 \sum C_{n,i} - \sum Q_{\text{кр},i} \sum C_{n,i} Q_{\text{кр},i} \right] / \left[N \sum Q_{\text{кр},i}^2 - \left(\sum Q_{\text{кр},i} \right)^2 \right],$$

де a_n – коефіцієнти a_2 , a_4 , a_6 , a_8 відповідно рівнянь (4), (5), (7) та (10); a_m – коефіцієнти a_1 , a_3 , a_5 , a_7 відповідно рівнянь (4), (5), (7) та (10); $C_{n,i}$ – значення функціональної залежності $C_{\text{тр}}$ чи $C_{\text{ек}}$ при $Q_{\text{кр},i}$; $Q_{\text{кр},i}$ – розмірна група крана залежно від його типу ($i = I, \dots, IX$), т; N – кількість значень вибірки.

Робота крана на мінімальному вильоті гака дозволяє приймати масу монтажних елементів ($Q_{\text{ел}}$), що дорівнює його вантажопідйомності, яка визначає типорозмір:

$$Q_{\text{кр}} \approx Q_{\text{ел}}. \quad (14)$$

У такому разі загальний обсяг робіт (V) складатиметься з певної кількості однакових за масою монтажних елементів, тоді число маш.-год. роботи крана на об'єкті при вильоті стріли, який визначає його максимальну вантажопідйомність, можна записати як:

$$T = \frac{V t_{\text{ц}}}{Q_{\text{кр}}}, \quad (15)$$

V – загальний обсяг робіт для крана на об'єкті, т; $Q_{\text{кр}}$ – типорозмір крана, т; $t_{\text{ц}}$ – середньозважене значення тривалості циклу монтажу одного елемента, маш.-год.

Заробітна плата робітників, які беруть участь у технологічному процесі запишеться як:

$$P_o = T_p \cdot n \cdot C_p, \quad (16)$$

T_p – усереднений час роботи всіх працівників, котрі беруть участь у технологічному процесі, год; n – кількість робітників, зайнятих у технологічному процесі; C_p – середня погодинна заробітна плата робітників, грн/год.

Якщо прийняти час перебування робітників, зайнятих у технологічному процесі, таким, що дорівнює часу перебування крана на об'єкті, тоді:

$$P_o = \frac{V t_{\text{ц}}}{Q_{\text{кр}}} n \cdot C_p \quad (17)$$

У загальному вигляді розрахункову собівартість механізованих робіт можна записати:

$$C = K'_n (C_{\text{мп}} L_{\text{мп}} + C_{\partial} L_{\partial} + \frac{V t_{\text{ц}}}{Q_{\text{кр}}} C_{\text{ек}}) + K''_n \frac{V t_{\text{ц}}}{Q_{\text{кр}}} n C_p \quad (18)$$

або з врахуванням залежностей (4), (5), (10) та використання крана за вантажопідйомністю, рівень якого на стадії проектування можна оцінити за коефіцієнтом різномоментності ($K_{\text{р.м.}}$):

$$C = (a_1 + a_2 Q_{кр}) L_{mp} K'_H + \frac{Vt_y}{Q_{кр} K_{р.м.}} [K'_H (a_3 + a_4 Q_{кр}) + K''_H n C_p] + K'_H b_{дор} C_o [a_7 + a_8 (a_5 + Q_{кр} a_6)] \cdot L_\Delta \quad (19)$$

Продиференціювавши залежність (18) отримаємо:

$$\frac{dC}{dQ_{кр}} = K'_H (a_2 L_{mp} + b_{дор} C_o a_8 a_6 L_\Delta) - \frac{Vt_y a_4 (a_3 K'_H + n C_p K''_H)}{Q_{кр}^2 K_{р.м.}} = 0. \quad (20)$$

Необхідна вантажопідйомність крана визначиться, як:

$$Q_{кр} = \sqrt{\frac{Vt_y (a_3 K'_H + n C_p K''_H)}{K'_H (a_2 L_{mp} + b_{дор} C_o a_8 a_6 L_\Delta) K_{р.м.}}} \quad (21)$$

Висновки. У результаті досліджень встановлена залежність (21) для попереднього вибору ефективної вантажопідйомності крана. Оскільки вибір крана виконано для загального обсягу робіт за усередненою тривалістю циклу монтажу одного елемента, тому потрібно типорозміри конструктивних елементів адаптувати під типорозмірну групу крана, для можливості його застосування на цьому об'єкті за методикою, наведеною у [10].

1. Канюка Н.С. Выбор и применение строительно-монтажных кранов. – К.: Госстройиздат, УССР, 1961. – 185 с. 2. Фиделев С.А. Исследование рациональных областей применения стреловых и башенных кранов при монтаже промышленных зданий: Дис. ... канд. техн. наук. – К.: КИСИ, 1969. – 129 с. 3. Уваров Е.П., Белостоцкий О.Б. Совмещенный поточный монтаж промышленных зданий и сооружений. (Основы проектирования строительства). – М.: Стройиздат, 1974. – 382 с. 4. Канюка Н.С., Резуник А.В. Новацкий А.Л. Комплексная механизация трудоемких работ в строительстве. – К.: Будівельник, – 1981. – 232 с. 5. Черненко В.К., Баранникова В.Ф. Технология и организация монтажа строительных конструкций. – К.: Будівельник, 1988. – 276 с. 6. Канторер С.Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве. – М.: Стройиздат, 1969. – 487 с. 7. Збірник поточних одиничних розцінок на ремонтно-будівельні роботи станом на 1 січня 2002 року. – Дніпропетровськ: Созидатель, 2002. 8. Ткач Л.И., Слепчук Н.А. Носков А.И. и др. Стреловые самоходные краны и строповка грузов. – М.: Металлургия, 1990. – 272 с. 9. Спектор М.Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства. – М.: Стройиздат, 1980. – 159 с. 10. Иванейко 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. – С. 78–83.