

УДК 69:624.05

**МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ
КОМПЛЕКТІВ СТІЛОВИХ КРАНІВ В УМОВАХ
ОБМЕЖЕННЯ ТЕРМІНУ БУДІВНИЦТВА**

**METHOD OF FORMING EFFECTIVE SETS JIB CRANES IN
CONDITIONS LIMITING THE CONSTRUCTION TERM**

Іванейко І.Д., к.т.н., доцент (НУ "Львівська політехніка", м.Львів), Мудрий І.Б. к.т.н., доцент (НУ "Львівська політехніка", м.Львів), Олексів Ю.М., аспірант (НУ "Львівська політехніка", м.Львів)

Ivaneyko I.D., Ph.D., senior lecturer (National University of Lviv Polytechnic, Lviv), Mudryj I.B., Ph.D., senior lecturer (National University of Lviv Polytechnic, Lviv), Oleksiv Y.M., postgraduate student (National University of Lviv Polytechnic, Lviv)

Запропонована методика дозволяє підібрати ефективний комплект стрілових кранів з мінімальною собівартістю виконання робіт в умовах обмеження терміну будівництва та визначає кількість типорозмірів кранів у комплекті і перерозподілу обсягів робіт між ними.

The article proposed method of forming effective sets jib cranes in conditions limiting the construction term based on purposeful decision effective option of technological solution with connection standard size of jib cranes and decision number standard size of jib cranes in the set. Established conditions and volumes of redistribution of works between cranes in the set and expedience engagement them to the object with limited number of combinations. The proposed method allows to find effective set of jib cranes with minimal cost execution of works in conditions limiting the construction term.

Ключові слова: крани, технологія зведення, базовий варіант.

Keywords: cranes, construction technologies, basic variant.

З практики організації будівництва відомо, що крани в більшості випадків використовувалися незадовільно, особливо при виконанні основних монтажних робіт. Так коефіцієнт середньозмінного використання баштових кранів становить 60-65%, з них на монтажі кран зайнятий не більше 40-45% свого робочого часу [1, 2]. Низькі показники використання монтажних кранів в будівельних організаціях за часом пояснюються рядом причин:

- незадовільне використання крана протягом доби;
- неправильний вибір необхідного типу крана;
- недоліки в організації виконання робіт;
- недоліки в організації обслуговування кранів;
- недостатній рівень контролю використання машин за часом та продуктивністю;
- недоліки в організації системи розрахунків при експлуатації машин;
- конструктивні недоліки застарілих моделей кранів;
- недосконалі конструкції вантажозахватних пристосувань;
- недостатня спеціалізація самохідних кранів;
- низький рівень поточних методів виконання монтажних робіт;
- застосування на монтажних процесах однотипних кранів.

При високому ступені технологічності, скорочених термінах монтажу будівель і нетривалому перебуванні кранів на об'єктах, особливо в умовах потокового будівництва житлових кварталів і масивів, велике значення має підвищення мобільності та транспортабельності кранів, скорочення термінів їх монтажу, демонтажу та перевезення.

Через наявність декількох важких і великогабаритних конструкцій у споруді виникає необхідність застосовувати важкий монтажний кран, який при монтажі інших конструкцій будівлі погано використовується за вантажопідйомністю. Для більшості проектів великопанельних житлових будівель передбачено використання баштових кранів за вантажопідйомністю на 20-30% [4]. Наприклад, у типовому проекті панельного будинку серії 1-480-1, загальна кількість збірних елементів складає 3430 шт., загальна вага будівлі-2454 т, максимальна вага збірного елемента-2,77 т, а середня-0,72 т. Коефіцієнт технологічності будівлі (відношення середньої ваги виробів до максимальної) складає всього 0,26. Коефіцієнт використання за вантажопідйомністю 3-тонних баштових кранів дорівнює 0,18, а 5-тонних -0,14 [2]. Витрати на

експлуатацію баштового крана, віднесені до одного квадратного метра житлової площі, при будівництві цього будинку будуть значно більшими, ніж при зведенні будинків за іншими проектами. При доведенні коефіцієнта технологічності великопанельних будинків до 0,5 можна знизити вартість експлуатації кранів приблизно в два рази. Підвищити ефективність зведення таких різномасових конструкцій дозволяє застосування на процесах зведення комплектів кранів.

Застосування на процесах зведення комплектів різнотипних кранів дозволяє знизити собівартість виконання робіт і тривалість будівництва. Ефективність застосування комплектів кранів при зведенні будівлі було розглянуто в роботі [5], в якій доведено, що:

- при застосуванні комплекту стрілових кранів різних типорозмірів, у порівнянні із застосуванням одного крану на даному об'єкті, приведені витрати зменшуються на 37 % ;

- при використанні комплекту кранів різної вантажопідйомності у порівнянні із застосуванням одного крану максимальної вантажопідйомності продуктивність зростає на 14% ;

- при зростанні кількості у комплекті кранів однієї вантажопідйомності збільшуються приведені витрати та знижується продуктивність, в порівнянні з комплектом який складається з машин різних типорозмірів;

- розподіл обсягів та організація робіт між кранами у комплекті впливає на продуктивність їх роботи;

- збільшення у комплекті кількості кранів різних типорозмірів підвищує усереднене значення використання крана за вантажопідйомністю;

- збільшення у комплекті кількості кранів одного типорозміру не змінює рівень використання вантажних характеристик кранів.

Саму методику формування таких комплектів кранів було запропоновано в роботі [6], але без врахування можливого обмеження, роботи таких комплектів машин, в часі.

Тому метою роботи є розробка принципів методики формування ефективних комплектів стрілових кранів в умовах обмеження терміну будівництва.

Формування ефективного комплекту стрілових кранів за директивним терміном зведення пропонується виконувати, прийнявши за базовий варіант комплект монтажних кранів. Термін завершення монтажних робіт комплектом різнотипних кранів

потоковим методом ведення робіт базового варіанта, визначається краном з найбільшою тривалістю перебування на об'єкті:

$$T_{\text{мон}} = \max\{ T_{ij}, \dots, T_{sj}, \dots, T_{nj} \} \quad (1)$$

де $T_{\text{мон}}$ – загальний термін виконання робіт, який визначається краном з найбільшою тривалістю монтажу; ij, \dots, sj, \dots, nj – номери різнотипних розмірних груп, які застосовуються у комплекті для монтажу j -го об'єкту; $T_{ij}, \dots, T_{sj}, \dots, T_{nj}$ – термін перебування на об'єкті кранів різнотипних розмірних груп.

При цьому термін завершення монтажу має задовольняти умову:

$$T_D \geq T_{\text{мон}} \quad (2)$$

де T_D - директивний термін виконання монтажних робіт.

Для конструктивного рішення в якому не виконується умова (2), слід розробити методику з вибору кранів за кількістю та розподілом обсягів робіт між ними.

Формування ефективного комплекту кранів з виконанням робіт у визначені терміни виконується у такій послідовності:

- 1) вибір кількості бригад для виконання робіт;
- 2) вибір раціональних різнотипних типорозмірів кранів за експлуатаційними витратами;
- 3) вибір однотипних типорозмірів кранів для виконання робіт у заданий термін будівництва за експлуатаційними витратами;
- 4) вибір різнотипних типорозмірів кранів за витратами при переміщенні його на об'єкт;
- 5) визначення ефективного комплекту кранів за загальними витратами.

Вихідними даними для виконання етапу є:

- конструктивне рішення об'єкту;
- перелік машин, які можуть бути застосовані на цьому об'єкті;
- можливість розташування декількох кранів на майданчику будівництва.

ЕТАП 1. Вибір кількості бригад для виконання робіт.

Трудомісткість виконання робіт для визначеного конструктивного рішення визначається як:

$$Q_i^{заг} = \sum_{i \min}^{i \max} V_i H_q \quad (3)$$

де $Q_i^{заг}$ - трудомісткість i -х розмірних груп комплекту кранів на об'єкті; V_i - обсяг робіт по i -й розмірній групі; H_q - норма часу на виконання одиниці об'єму робіт.

Мінімальна кількість бригад для визначеного обсягу робіт та встановленого директивного терміну виконання робіт визначається:

$$n_{бр} \geq \frac{Q_i^{заг}}{T_D} \quad (4)$$

де $n_{бр}$ - мінімально необхідна кількість бригад для виконання робіт у директивний термін.

Дана формула встановлює необхідну кількість бригад для виконання робіт у директивний термін, а кількість кранів у комплекті для зведення об'єкту може бути більшою отриманого значення [7].

ЕТАП 2. Вибір раціональних різнотипних типорозмірів кранів за експлуатаційними витратами визначаються при досягненні мети:

$$\sum_{i=1}^n C_{мгi} \rightarrow \min \quad (5)$$

де n – необхідна кількість кранів для виконання обсягів робіт у відповідності з технічними характеристиками; $C_{мгi}$ – експлуатаційні витрати роботи для i -го крана.

У відповідності з попередніми дослідженнями [7], для визначеного конструктивного рішення, досягти екстремум функції (5), як правило можливо, при відповідності значень моментів стрілових кранів та монтажних елементів. Вибір кранів за технічними характеристиками для монтажних елементів відповідає зниженню експлуатаційних витрат, за виключенням застарілих типорозмірів кранів (вартість експлуатаційних витрат крана КС 2661К вища КС 3571А).

ЕТАП 3. Вибір раціональних однотипних типорозмірів кранів для виконання робіт у заданий термін будівництва за експлуатаційними витратами досягається при невиконанні умови:

$$Q_{kj} > T_D \quad (6)$$

Q_{kj} - трудомісткість виконання робіт краном k-го типорозміру вибраного у відповідності з його технічними характеристиками.

Для кранів у яких залежність (6) виконується підбираються кількість однотипних кранів:

$$m_k = \frac{Q_{kj}}{T_D} \quad (7)$$

m_k - необхідна кількість кранів для виконання робіт у задані терміни будівництва за експлуатаційними витратами.

ЕТАП 4. Вибір різнотипних типорозмірів кранів за витратами при переміщенні його на об'єкт.

Крани вищих розмірних груп для виконання процесу монтажу можуть мати менші одноразові витрати і як результат меншу собівартість виконання робіт. З урахування цього для кожного j-го майданчику, визначається кількість кранів при забезпеченні можливості їх заміни нижчих розмірних груп на вищі. Для реалізації даної закономірності виконується порівняння одноразових витрат всіх типорозмірів кранів. Додаткові крани для розрахунку даної розмірної групи включаються при умові менших витрат на об'єкт будівництва:

$$E_{ji} > E_{j(i+1)} \quad (8)$$

де E_{ji} – одноразові витрати i-го крана на j-ї об'єкті; $E_{j(i+1)}$ – одноразові витрати (i+1)-го крана(вищої розмірної групи) на j-му об'єкті.

У комплекті найбільша кількість замін кранів досягається при умові зростаючих одноразових витрат із зменшенням його типорозміру.

Кран, використання якого є обов'язковим для подальших процесів, приймається до розгляду з початковою нульовою величиною одноразових витрат та включається у відповідну групу на об'єкті будівництва. З нульовими витратами приймаються раціональні різнотипні крани вищих груп, які використовуються для заміни однотипних кранів для досягнення терміну будівництва.

ЕТАП 5. Формування ефективного комплекту кранів за критерієм мінімум собівартості виконання робіт виконується

поетапно для комплекту з експлуатаційно вигідними кранами для виконання робіт у заданий термін будівництва:

А. Для заміни експлуатаційно вигідних кранів кранами з меншими витратами при переміщенні його на об'єкт;

Б. Заміну однотипних кранів кранами експлуатаційно вигідними для даного об'єкта вищих груп;

В. Виключення з переліку комплекту кранів з недостатніми обсягами робіт.

А. Для крану за експлуатаційними витратами у якого є кран вищої розмірної групи з меншими одноразовими витратами визначається необхідність його заміни при виконанні умови:

$$C_{ji}T_{ji} + E_{ji} > C_{j(i+1)}T_{ji} + E_{j(i+1)} \quad (9)$$

де T_{ji} – терміни виконання процесу на j -му об'єкті краном i -го типорозміру (за термінами менші T_D); C_{ji} та $C_{j(i+1)}$ – експлуатаційні витрати кранів типорозміру i -го за експлуатаційними та $(i+1)$ -го за одноразовими витратами для виконання робіт на j -му об'єкті.

Для типорозміру кранів, де використовується декілька однотипних кранів терміни приймаються змінні.

Б. Заміну однотипних кранів кранами експлуатаційно вигідними для даного об'єкта вищих груп виконують при умові:

$$\Delta T = \sum_{k=i+1}^n T_D - T_{jk} > T_{ji} \quad (10)$$

Сама заміна однотипного крану краном експлуатаційно вигідним для даного об'єкта вищих груп здійснюється при виконанні умови:

$$C_{ji}T_{ji} + E_{ji} < C_{j(i+1)}T_{ji} \quad (11)$$

$C_{j(i+1)}$ – собівартість виконання робіт краном вищої розмірної групи $(i+1)$ за експлуатаційними витратами.

В. Виключення з переліку комплекту кранів з недостатніми обсягами робіт.

Для кранів з недостатнім обсягом робіт, слід вилучати крани нижчих розмірних груп при виконанні умови:

$$E_{ji} > (C_{j(i+1)} - C_{j(i)})T_{ji} \quad (12)$$

Запропонована методика формування ефективних комплектів стрілових кранів в умовах обмеження терміну будівництва базуються на основі:

– цілеспрямованого (з використанням методу скорочення інтервалу оптимізації) визначення ефективного варіанту технологічного рішення у взаємозв'язку з типорозмірами стрілових кранів;

– визначення допустимої кількості типорозмірів кранів у комплекті і перерозподілу обсягів робіт між ними, доцільність залучення їх на об'єкт з обмеженням кількості комбінацій.

Сформована методика дозволить підібрати ефективний комплект стрілових кранів з мінімальною собівартістю виконання робіт в умовах обмеження терміну будівництва.

1. Канюка Н.С. Комплексная механизация трудоемких работ в строительстве / Н.С. Канюка, А.В. Резуник, А.Л. Новацкий. – К.: Будівельник, 1981. – 232 с.

2. Ушацький С.А. Організація будівництва / С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.. - К.: Кондор, 2007. - 521 с..

3. Черненко В.К. Технологія монтажу будівельних конструкцій / В.К. Черненко, О.Ф. Осіпов, Г.М. Тонкачев та ін.. – К.: Горобець Г.С., 2010. – 372 с.

4. Спектор М.Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства / М.Д. Спектор. – М.: Стройиздат., 1980. – 159 с.

5. Вплив обсягу та рівня складності робіт на необхідну вантажопідйомність стрілового крана / І. Б.Мудрий // Вісн. Донбас. нац. акад. буд-ва і архіт. — Макіївка, 2010. — Вип. 3(83): Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. -С. 25-29.

6. Малооб'ємні роботи при застосуванні стрілових кранів / І. Д. Іванейко, І. Б. Мудрий // Геодезія, архітектура та будівництво: матеріали ІV Міжнар. конф. молодих вчен. ГАС- 2011, 24–26 листопада. 2011р., Україна, Львів — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2011. — С. 80–81.

7. Іванейко І.Д., Мудрий І.Б., Олексів Ю.М. Формування та ефективність технологічних конструктивних рішень стрічкових фундаментів зведених із-за меж котловану. //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Зб. наук. праць. -Львів: ЛНТУ, 2015.-вип.3.-С. 79-92.