

## Мобільні баштові крани в умовах високої урбанізації міст

Денис Науменко, студент <sup>1</sup> (ORCID: 0009-0009-6706-0765),  
 Богдан Чудійновський, студент <sup>1</sup> (ORCID: 0009-0002-2027-1046)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

### АНОТАЦІЯ

Мобільні баштові крани поєднують переваги баштових і мобільних кранів. Такі крани забезпечують високу продуктивність, гнучкість у переміщенні та швидке розгортання на будівельному майданчику. Завдяки телескопічній або складній конструкції башти та стріли мобільні баштові крани здатні працювати в умовах обмеженого простору, що особливо актуально для міського будівництва. В роботі розглядаються конструктивні особливості, технічні характеристики, сфери застосування та переваги мобільних баштових кранів порівняно з традиційними баштовими та автомобільними кранами. Особлива увага приділяється питанням автоматизації, безпеки експлуатації та перспективам розвитку даного виду техніки в контексті цифровізації будівельних процесів.

*Ключові слова:* баштові крани, мобільна техніка, мобільний кран, урбанізація, оптимізація.

### 1. ВСТУП

У сучасних умовах стрімкої урбанізації міст зростає потреба у використанні будівельної техніки, здатної ефективно функціонувати в обмеженому просторі та складному міському середовищі. Мобільні баштові крани, завдяки своїй компактності, маневреності та швидкому монтажу, стають оптимальним рішенням для виконання будівельно-монтажних робіт у щільно забудованих районах. Традиційно для встановлення баштових кранів (особливо самопідймальних або на рейковому ході) в залежності від моделі крана враховуються такі мінімальні розміри майданчика:

- для кранів на рейковому ході – 15x15 м;
- для самопідймальних кранів – 12x12 м;
- для мобільних баштових кранів – 10x10 м;

Додатково навколо крана для безпеки робітників та уникнення перешкод облаштовують ділянки шириною 2-3 метри. Іноді застосовують крани з дистанційним керуванням для підвищення безпеки в умовах обмеженого простору.

Висота будівлі, яку можна звести за допомогою мобільного автомобільного баштового крана, залежить від технічних характеристик конкретної моделі крана, але в середньому для потужних кранів така висота може досягати 80-120 метрів, що відповідає будівлі на 25-35 поверхів.

### 2. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Мобільний баштовий кран – це тип будівельного крана, який поєднує конструктивні особливості баштових кранів із мобільністю автомобільних або гусеничних платформ. Його головна перевага – здатність швидко переміщатися між об'єктами без потреби в складному демонтажі, що особливо важливо в умовах щільної міської забудови. Такі крани ефективно застосовуються при будівництві в щільно забудованих районах, при реконструкції історичних будівель, монтажі конструкцій на дахах або у внутрішніх дворах, а також на тимчасових будівельних майданчиках з обмеженим доступом.

Мобільний баштовий кран це кран з вертикальною щоглою (як у стаціонарного баштового крана), стрілою, противагою. Монтуються на мобільному шасі (може бути

колісне або гусеничне), що дозволяє транспортування без спеціальних засобів (рис. 1). Кран швидко розгортається та демонтується, часто без потреби в додатковій техніці. Такі крани можуть використовувати системи GPS локації, а для зменшення викидів шкідливих речовин – електро- та гібридні двигуни.



Рисунок 1. Кран Spierings SK498-AT4 в транспортному положенні

Нідерландська компанія Spierings Mobile Cranes розробила та виготовила мобільний баштовий кран Spierings SK498-AT4 з такими основними технічними параметрами (рис. 2):

- максимальна вантажопідйомність 8000 кг (на мінімальному вильоті стріли до 12,85 м);
- максимальний виліт стріли 44 м;
- максимальна висота підйому 38,3 м (при використанні стріли з кутом 30°);
- швидкість руху до 82 км/год;
- маса крана близько 48000 кг.

В умовах високої щільності забудови міст, будівельні майданчики часто обмежені за площею, що ускладнює розміщення баштових кранів. Неоптимальне розташування крана може призвести до простоїв, збільшення термінів будівництва, підвищення ризиків аварій та зростання витрат. Таким чином актуальною є задача розробки алгоритмів, які дозволять автоматизовано визначити оптимальні позиції для крана, враховуючи радіус дії стріли,



Рисунок 2. Мобільний баштовий кран Spierings SK498-AT4 в розкладеному стані

ділянки безпеки, логістику матеріалів, обмеження робочої площі майданчика.

Запропоновано використати наступну цільову функцію для оптимізації покриття точок доставки та мінімізації сумарної відстані від крана до точок доставки вантажу:

$$F(x, y) = \alpha \sum_{i=1}^n c_i(x, y) - \beta \sum_{i=1}^n d_i(x, y), \quad (1)$$

де  $c_i(x, y)$  – це індикатор, який може приймати тільки два значення: 1 або 0;  $(x, y)$  – координати крана на майданчику;  $d_i(x, y)$  – відстань від крана до заданої точки.

Індикатора покриття точки:

$$c_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \leq R \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (2)$$

де  $R$  – максимальний радіус дії стріли крана, м.

Функція (2) показує, чи покриває кран точку доставки матеріалів  $m_i$  зі своїм радіусом дії  $R$ . Якщо ця відстань менше або дорівнює радіусу дії крана  $R$ , тоді  $c_i(x, y) = 1$  (кран покриває цю точку), а якщо відстань більша за  $R$ , тоді  $c_i(x, y) = 0$  (кран не покриває цю точку).

Так як кран не повинен перебувати в просторі перешкод, тоді:

$$\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2} \geq r_j + S, \quad (3)$$

де  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_k\}$  – множина перешкод,  $o_j = (x_j, y_j, r_j)$  – координати та радіус перешкоди.

Задача оптимізації формулюється так:

$$F(x, y) \rightarrow \max \quad (4)$$

за умов:

$$\begin{cases} 0 \leq x \leq W; \\ 0 \leq y \leq H; \\ x \geq S, x \leq W - S; \\ y \geq S, y \leq H - S, \end{cases} \quad (5)$$

де  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$  – множина точок доставки матеріалів;  $m_i = (x_i, y_i)$ ;  $W, H$  – ширина та довжина майданчика;  $S$  – відстань безпеки.

Для розв'язання цієї задачі можна застосувати генетичні алгоритми для багатовимірної оптимізації.

### Список літератури

- [1] Dönmez Z., Kara B. Y., Özlem Karsu da Gama F. S., Humanitarian facility location under uncertainty: Critical review and future prospects. *Omega*, 2021. No.102. P. 102393. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102393>.
- [2] Petropoulos F., Laporte G., Aktas E., Alumur S. A., Archetti C., Ayhan H., Battarra M., Bennell J. A., Bourjolly J.-M., Boylan J. E., Breton M., Canca D., Charlin L., Chen B., Cicek C. T., Cox L. A., Currie C. S. M., Demeulemeester E., Ding L., Zhao X. Operational Research: methods and applications. *Journal of the Operational Research Society*. 2024. No.75(3). P. 423-617.

<sup>i</sup> Робота виконана під керівництвом Євгена Горбатюка, доц., доц. кафедри БМ та Дмитра Міщука, доц., доц. кафедри БМ.