УДК 621.86(075.8)

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.7>**Гаврюков О.В.**

д.т.н., завідувач кафедри машинобудування,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
м. Краматорськ, Донецька область

УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОНУ ПІД ЧАС ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ СПОРУД

Анотація. Підвищення продуктивності і зниження енергоємності устаткування, що транспортує бетон під час будівництва висотних споруд є актуальним завданням.

Бетон може подаватися до місця укладання: в баддях баштовим або стріловим краном, у прийомних бункерах шахтним підйомником, у ковшах приставним підйомником, по трубопроводах бетононасосом.

Під час транспортування бетону в баддях, прийомних бункерах, ковшах маємо знижену продуктивність транспортування, що пов'язана з циклічною роботою устаткування.

У разі безперервного транспортування бетону бетононасосами маємо досить велику енергоємність і жорсткі вимоги до компонентів суміші, обмежену висоту подачі.

У роботі запропоноване високопродуктивне, енергозберігаюче і надійне устаткування подачі бетону, складниками якого є модернізований баштовий кран і бетонорозподільча стріла.

На башті модернізованого крана встановлено ковшовий елеватор з приймальним і розвантажувальним бункером. Розвантажувальний бункер пов'язаний з бетонорозподільчою стрілою бетоноподавальними трубами.

Застосування модернізованого баштового крана, обладнаного ковшовим елеватором з бетонорозподільчою стрілою, дозволить: забезпечити безперервну подачу бетону на значну висоту; витратити енергію устаткування тільки на підйом суміші; транспортувати сипкі матеріали і бетони різних марок; подавати бетон у будь-яку точку будівельного майданчика; силами власної ваги бетону забезпечити транспортування суміші по бетоноподавальних трубах.

Ключові слова: будівництво висотних споруд, подача бетону, безперервне транспортування, модернізований баштовий кран, бетонорозподільча стріла, ковшовий елеватор, підвищена продуктивність, знижена енергоємність, бетоноподавальні труби, бетони різних марок.

Постановка проблеми. Висотне будівництво – це закономірний результат розвитку сучасного мегаполісу, що пов'язаний з вигідністю вкладення коштів за умови правильного девелопменту проекту. Перші хмарочоси зводилися на основі сталевих каркасів. Починаючи з 60-х років з'явилися комбіновані сталезалізобетонні каркаси. В останнє десятиліття монолітний залізобетон став домінуючим конструктивним матеріалом хмарочосів в Європі, Південно-Східній Азії та Персидському заливі [1, с. 6], тому підвищення продуктивності і зниження енергоємності устаткування, що транспортує бетон під час зведення висотних споруд, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Під час зведення висотних споруд бетон може подаватися до місця укладання: у баддях баштовим або стріловим краном; у прийомних бункерах шахтним підйомником, у ковшах приставним підйомником (рис. 1), по трубопроводах бетононасосом (рис. 2) із застосуванням або без бетонохобота [2; 3, с. 5].

В окремих випадках застосування декількох транспортних пристроїв, один з яких транспортує бетонну суміш на робочу висоту, а інші на цій висоті розносять у місце укладання, дозволяє підвищити продуктивність транспортування бетону. Відомий досвід застосування декількох бетононасосів для подачі бетону до місця укладання

наведений у роботі фірми «Путцмайстер» [3, с. 5] (рис. 2).

Між тим відомо, що бетононасос є досить енергоємним устаткуванням, а до бетону, що транспортується бетононасосом, висуваються такі вимоги [4]:

- для виробництва суміші повинен застосовуватися цемент з добавками-пластифікаторами;

- найкраще співвідношення води до цементу – 0,5–0,65 і тут потрібно відшукати баланс, за якого він не повинен бути сильно

рідкий, позаяк втрачає міцність, і не сильно сухий, позаяк втрачає пластичність;

- клас рухливості не менше П2, П3, але бажано П4 і П5, тому що необхідна осадка конуса бетону для бетононасоса з гідравлічним приводом становить 40–120 мм, а для механічного приводу – 70–140 мм. Мала рухливість розчину або сильне його розшарування здатне привести до множинних закупорок по всій довжині бетоноводу;

- на легкість перекачування впливає величина фракції наповнювача. Діаметр щебеню

Рис. 1. Схема подачі бетонної суміші за допомогою баштового (а) і стрілового кранів (б), шахтних (в) і приставних (г) підйомників
1 – баддя з бетонною сумішшю, 2 – опалубка, 3 – розтяжки,
4 – бетонована труба, 5 – шахтний підйомник, 6 – приймальний бункер,
7 – автобетоновоз, 8 – підйомно-переставна опалубка, 9 – підйомна головка,
10 – візок, 11 – бетоноване перекриття, 12 – стієчний підйомник,
13 – коши з бетонною сумішшю

не повинен перевищувати 30% від внутрішнього діаметра бетоновода, а розмір гравію – 40%. Таким чином, у разі стандартного діаметра труби бетоновода 125 мм щебінь повинен бути не більшим за 37 мм, а гравій – 40 мм;

– перекачування керамзитобетону не бажано (більшість власників бетононасосів не беруться прокачувати керамзитобетон). Під тиском у транспортному трубопроводі відбувається «вдавлення» води в пори керамзиту, в результаті суміш стрімко густіє і «встає» в трубопроводі;

– бетон, що використовується, повинен відповідати вимогам ГОСТу. Якщо поломка бетононасосу викликана перекачуванням невідповідної суміші, то компанія-виробник знімає техніку з гарантії.

У роботі [1, с. 6] вказується, що для забезпечення виконання робіт на висоті до 130–140 м використовують приставні баштові крани, які прикріплюються до конструкцій будівлі. У разі більшої висоти оптимальність використання приставного баштового крана вичерпується, тому для зведення споруд висотою більше 130 м використовують самопідйомні крани [1, с. 6; 5, с. 5].

Аналіз наведених досліджень і публікацій показав, що:

– під час зведення висотних споруд доцільно використовувати самопідйомні баштові крани;

– застосування декількох транспортних пристроїв, один з яких транспортує бетон на робочу висоту, а інші на цій висоті його розносять у місця укладання, дозволяє підвищити продуктивність будівельних робіт;

– до бетону, що транспортується бетононасосом, висуваються жорсткі вимоги;

– бетононасос є енергоємним і не завжди надійним транспортним устаткуванням.

Мета роботи – запропонувати високопродуктивне, енергозберігаюче і надійне устаткування для транспортування бетону під час зведення висотних споруд.

Виклад основного матеріалу. Для подачі бетону до місця укладання пропонується застосувати кран з бетонорозподільчою стрілою, обладнаний ковшовим елеватором, приймальним і розвантажувальним бункером (рис. 3) [6, с. 3].

Кран з бетонорозподільчою стрілою складається безпосередньо з: приставного баштового крана 1, ковшового елеватора 2, розвантажного бункерного пристрою 3, приймального бункерного пристрою 4, бетоноподавальних труб 5, бетонороздавальної

Рис. 2. Застосування стаціонарних бетононасосів у комплекті з бетононасосами бетонорозподільчих стріл

Рис. 3. Кран з бетонорозподільчою стрілою

стріли 6, віброхобота 7, компресора 8. Загрузка бетону в розвантажувальний бункерний пристрій 3 виконується з автобетонозмішувача 9 (рис. 3).

До складу ковшового елеватора 2 входить: приводний 10 і натяжний барабан 11, натяжний пристрій 12, ланцюг з ковшами 13 (рис. 3).

Кран з бетонорозподільчою стрілою працює таким чином.

Перед початком роботи бетонорозподільча стріла 6 встановлюється в технологічно зручному місці і до неї монтуються бетоноподавальні труби 5. Віброхобот 7 підводять до місця укладки бетонної суміші. Після включення ковшового елеватора 2 у приймальний бункерний пристрій 4 з автобетонозмішувача 9 подається бетон. Ковшами 13 бетон подається в верхню точку елеватора 2, де вивантажується в розвантажувальний бункерний пристрій 3. З бункерного пристрою 3 під своєю вагою бетон по трубах 5 подається до місця установки віброхобота 7. Якщо сили опору руху бетону по трубах 5 не дозволяють бетону пройти повний шлях по трубах 5, то додатково включається компресор 8, який створює тиск у камері розвантажувального бункерного пристрою 3.

Для узгодженості дій усіх операторів, що беруть участь в управлінні крана з бетонорозподільчою стрілою, процес подачі бетонної суміші може бути безперервний.

Очевидно, що застосування ковшового елеватора (рис. 5) дозволить витратити енергію тільки на підйом бетонної суміші (робоча гілка елеватора врівноважує холосту). Рух бетону по бетоноподавальних трубах можливий під дією сил власної ваги. Можливе транспортування різних марок бетону.

Під час проектування запропонованого конструктивного рішення, крім вибору обладнання і виявлення його оптимальних параметрів, необхідно провести конструкторсько-теоретичні дослідження, що стосуються розрахунку міцності металоконструкцій баштового крана.

У разі виконання розрахунку на міцність слід врахувати масу металоконструкцій крана, ковшового елеватора, розвантажувального бункерного пристрою з бетоноподавальними трубами, а також коефіцієнта динамічності ковшового елеватора. Під час подачі стисненого повітря в розвантажувальний бункер від виносного трубопроводу масу компресора можна не враховувати.

Висновки. У разі застосування запропонованої конструкції баштового крана з бетонорозподільчою стрілою, обладнаного ковшовим елеватором:

- енергія буде витрачатись тільки на підйом бетонної суміші і силу тертя в механізмах. Вантажна гілка елеватора врівноважує порожню, тому енергія на підйом тягово-несучого органу (на робочу висоту) дорівнює нулю;

- можливий рух бетону по бетоноподавальних трубах під дією сили власної ваги;

- можливе транспортування сипких матеріалів і бетону різних марок;

- можливе безперервне транспортування бетону на досить велику висоту з високою продуктивністю. Висота транспортування обмежується потужністю двигуна і міцністю тягового ланцюга елеватора, міцністю металоконструкцій крана.

Недоліком баштового крана з бетонорозподільчою стрілою є досить висока металоємність запропонованої конструкції.

Література

1. Терновий В.І. Зарубіжний досвід висотного будівництва. / Терновий В.І., Масельський С.О. *Теорія і практика будівництва* : науково-технічний журнал. Київ : КНУБА, 2012. № 10. С. 5–7.
2. Бетонные смеси: приготовление, транспортирование и укладка. URL: <https://perekos.net/pages/view/1289>.
3. Стационарные бетонораспределительные стрелы МХ. URL: https://www.putzmeister.ru/upload/iblock/637/stacionarnye_raspredelitelnye_strely_mx_2016.pdf.
4. Основные требования к бетону для бетононасоса. URL: <http://bbrands.ru/kakoj-nuzhen-beton-dlya-betononasosa/>
5. Назаренко І.І. Огляд сучасної вантажопідйомної техніки. / Назаренко І.І., Свідерський А.Т., Заліско І.І., Коваленко С.А., Кравчук Ю.І., Шепетько В.А., Кобижський М.Г. *Теорія і практика будівництва* : науково-технічний журнал. Київ : КНУБА, 2010. № 6. С. 3–16.
6. Заявка на винахід України № а201903803 «Кран з бетонорозподільчою стрілою». Назаренко І.І., Гаврюков О.В. Дата подачі заявки: 12.04.2019 р.

References

1. Ternovy V.I. Foreign experience in high-rise construction. / Ternovy V.I., Maselsky S.O. Theory and practice of construction. Scientific and technical journal. Kyiv: KNUBA, 2012. No. 10. P. 5–7.
2. Concrete mixes: preparation, transportation and placement. Retrieved from: <https://perekos.net/pages/view/1289>.
3. Stationary concrete placing booms MX. Retrieved from: https://www.putzmeister.ru/upload/iblock/637/stacionarnye_raspredelitel_nye_strely_mx_2016.pdf.
4. Basic requirements for a concrete pump. Retrieved from: <http://bbrands.ru/kakoj-nuzhen-beton-dlya-betononasosa/>.
5. Nazarenko I.I. Review of modern lifting equipment. / Nazarenko I.I., Svidersky A.T., Zalisko I.I., Kovalenko S.A., Kravchuk Y.I., Shepetko V.A., Kobyzhsky M.G. Theory and practice of construction. Scientific and technical journal. Kyiv: KNUBA, 2010. No. 6. P. 3–16.
6. Application for the invention of Ukraine No. a201903803 “Crane with concrete distribution boom”. Nazarenko I.I., Gavryukov O.V. Date of application 12.04.2019.

EQUIPMENT FOR TRANSPORTATION OF CONCRETE DURING ESTABLISHMENT OF HEIGHTWEAR STRUCTURES

Abstract. *Increasing productivity and reducing the energy consumption of concrete transport equipment during the construction of high-rise buildings is an urgent task.*

Concrete can be delivered to the place of laying: in buckets by a tower or jib crane; in receiving hoppers with a mine hoist, in buckets with an attached hoist, through pipelines with a concrete pump. When transporting concrete in buckets, receiving hoppers, buckets, we have a reduced transportation performance due to the cyclic operation of the equipment.

With the continuous transportation of concrete by concrete pumps, we have a sufficiently high energy consumption and strict requirements for the components of the mixture, a limited delivery height.

The paper proposes a high-performance, energy-saving and reliable equipment for concrete feeding, the components of which are a modernized tower crane and a concrete distribution boom. A bucket elevator with a receiving and unloading hopper is installed on the tower of the modernized crane. The unloading hopper is connected to the concrete distribution boom with concrete pipes.

The use of a modernized tower crane equipped with a bucket elevator with a concrete distribution boom will allow: to ensure continuous supply of concrete to a considerable height; waste equipment energy only for raising the mixture; transport bulk materials and concrete of various brands; supply concrete to any point on the construction site; by means of own weight of concrete to ensure the transportation of the mixture through concrete pipes.

Key words: *construction of high-rise structures, concrete supply, continuous transportation, modernized tower crane, concrete distribution boom, bucket elevator, increased productivity, reduced energy consumption, concrete feeding pipes, concrete of various grades.*

Gavryukov O.V.

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Mechanical Engineering,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region