МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ (131, 132, 133)

УДК 62-9

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКТУ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗОПАЛУБНОГО БЕТОНУВАННЯ

Д-р техн. наук І. А. Ємельянова, асист. Д. О. Чайка, асп. Д. Ю. Субота (ХНУБА)

FEATURES OF THE UNIVERSAL TECHNOLOGICAL SET OF SMALL-SIZED EQUIPMENT FOR FORMWORKLESS CONCRETING

D. Sc. (Tech.) I. A. Emelyanova, assistant lecturer D. O. Chaika, postgraduate student D. Y. Subota

У статті розглядається технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування з урахуванням впливу на його роботу коефіцієнта заповнення об'єму корпусу бетонозмішувача, який у цьому комплекті прийнято за базову машину.

Запропоновано залежність для визначення коефіцієнта заповнення об'єму корпусу змішувача $К_{зо}$ виходячи з особливостей роботи запропонованого комплекту, при роботі якого усі технологічні операції суміщаються у часі. При цьому продуктивність змішувача $П_{техн.\ бзм}$ дорівнює продуктивності універсального шлангового бетононасоса $П_{техн.\ бн}$, що є обов'язковою умовою стабільної роботи комплекту.

Надано результати планованого експерименту, який використано при дослідженні залежності $К_{зо}= f (d_{шл.}, n_1, n_2, R)$. Обґрунтовано ефективність експлуатації комплекту, що пропонується, з максимальною продуктивністю при забезпеченні $К_{зо}=0,70…0,71$.

Ключові слова: *комплект малогабаритного обладнання, коефіцієнт заповнення об'єму корпусу бетонозмішувача, шланговий бетононасос.*

The article deals with the technological set of small-sized equipment for shotcrete works taking into account the influence on its operation of the coefficient of filling the volume of the concrete mixer bin. The concrete mixer in this set is accepted as the base machine.

The kit consist of the dosing unit, the concrete mixer unit, the universal hose concrete pump, the hydraulic drive unit, the control panel, equipment for shotcrete works. The basis for the creation of such a kit is a structural scheme: "the dosing unit - a component weighing bin - a concrete mixer - a receiving tray - a hose concrete pump - a pipeline with a working nozzle that has a ring nozzle".

The first experience of using separate technological kits emphasized their versatility of use directly at the construction site.

In this regard, it is possible to determine their use for:

- transportation of wet building mixes and carrying out of the shotcrete works;

- repair and reconstruction of existing buildings and structures;

- concreting floors, safes;

- carrying out formworkless concreting when laying monolithic reinforced concrete and the manufacture of reinforced concrete structures and products.

The dependence for determining the coefficient of filling the volume of the bin of the mixer $K_{зо}$ is proposed based on the peculiarities of the work of the proposed set, in which all technological operations are combined in time.

At the same time, the capacity of the mixer $П_{техн.\ бзм}$ is equal to the capacity of the universal concrete pump $П_{техн.\ бн}$, which is a prerequisite for the stable operation of the kit.

The results of the planned experiment are presented, which is used in the research of the dependence of $K_{зо}$= f ($d_{шл}$., n_1, n_2, R). The efficiency of operation of the offered kit with the maximum productivity at maintenance of $K_{зо}$=0,70…0,71 is justificated.

Keywords: *set of small-sized equipment, coefficient of filling the mixer bin volume, hose concrete pump.*

Вступ. Безопалубне бетонування ґрунтується на технології торкретування. Сутність методу базується на пошаровому укладанні торкрет-бетону.

З цих позицій заслуговують на увагу комплекти, в склад яких включено обладнання мокрого торкретування, яке забезпечується універсальним безпоршневим шланговим бетононасосом.

Технологічні комплекти малогабаритного обладнання відрізняються від комплексів тим, що характеризуються наявністю загальної рами, на якій розміщені окремі машини, що дають змогу виконання окремих операцій поєднати у часі і суттєво підвищити продуктивність будівельних робіт (до 20…30 %) при зниженні енерговитрат до 20…25 %.

Перший досвід окремих технологічних комплектів підкреслив їх універсальність використання безпосередньо на будівельному майданчику, у зв'язку з цим можлна визначити такі галузі їх використання:

- транспортування будівельних сумішей та виконання торкрет-робіт;
- виконання ремонтних робіт та робіт з реконструкції діючих будинків і споруд;
- бетонування підлог, сейфів;
- проведення безопалубного бетонування при укладанні монолітного залізобетону і виготовленні залізобетонних конструкцій і виробів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасному будівництві відомі кілька видів бетонних робіт в умовах будівельного майданчика:

- за допомогою знімальної опалубки;
- за допомогою пневматичної незнімальної опалубки;
- при безопалубному бетонуванні.

Для бетонування за допомогою знімальної опалубки використовуються комплекси обладнання на базі автомобільних або стаціонарних поршневих бетононасосів високої продуктивності (4–200 м^3/год) [1, 2].

Основними недоліками використання знімальної опалубки є:

- висока трудомісткість використання такої опалубки;
- висока матеріаломісткість;
- складність виготовлення криволінійних конструкцій в умовах будівельного майданчика;
- низька оборотність опалубки;
- необхідність використання обладнання для ущільнення бетонної суміші.

Принцип бетонування за допомогою пневматичної опалубки застосовується в житловому, громадському та промисловому будівництві в США і Західній Європі. Відомі планувальні рішення житлових будинків від 30 м^2 до 600 м^2, громадських будівель шкіл і церков, концертних залів, складських будівель [3].

При цьому способі бетонна суміш готується в одновальному змішувачі з гідравлічним приводом «The Monolithic Concrete Mixer» на будівельному майданчику і наноситься способом мокрого торкретування на внутрішню поверхню купола. Але для застосування пневматичної опалубки характерні такі недоліки:

- складність створювання такої опалубки;

- обмеженість у виборі форм об'єкта, що споруджується;

- підвищена увага до вибору будівельної хімії для забезпечення адгезії мембрани із пінополіуретановим шаром, який дозволяє уникнути відшарування і обвалення шару при зведенні купола.

При безопалубному бетонуванні створюється самонесучий остов, що складається з просторового арматурного каркаса і незнімних вкладишів-пустотоутворювачів, що дає змогу зробити жорстку конструкцію з мінімальними витратами на її виготовлення [4]. Укладання бетонної суміші на каркас здійснюється способом мокрого торкретування з використанням технологічних комплектів малогабаритного обладнання, які складаються із машин-модулів нових конструктивних рішень.

Один із таких комплектів розглядається в цій статті.

Визначення мети та завдання дослідження. Можливість використання пропонованого комплекту малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування з максимальною продуктивністю при обґрунтованому значенні коефіцієнта заповнення об'єму робочого простору бетонозмішувача (завантажувального бункера) $К_{зо}$ з урахуванням конкретних умов виконання робіт.

Об'єктом досліджень є процеси безопалубного бетонування з використанням технологічного комплекту з максимальною продуктивністю.

Предметом досліджень є технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування.

Завдання дослідження:

1) розкрити конструктивні особливості технологічного комплекту малогабаритного обладнання, який пропонується для використання при безопалубному бетонуванні;

2) знайти залежність для визначення коефіцієнта заповнення об'єму корпусу змішувача в технологічному комплекті за умов, що змішувач є базовою машиною комплекту;

3) провести експериментальні дослідження коефіцієнта заповнення об'єму $К_{зо}$ з метою його обґрунтованого попереднього визначення при використанні комплекту з максимально можливою продуктивністю при виконанні будівельних робіт;

4) визначити умови стабільної роботи комплекту малогабаритного обладнання, що розглядається.

Основна частина дослідження. В основу створення комплекту покладено структурну схему: «дозувальний вузол – проміжний бункер – бетонозмішувач – приймальний лоток – універсальний безпоршневий шланговий бетононасос – трубопровід із робочим соплом, який має кільцевий насадок». Наявність робочого сопла дає змогу за допомогою такого комплекту виконувати торкрет-роботи мокрим способом.

Технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування, що подано на рис. 1, складається із дозувального вузла 1, проміжного бункера 2, віддозованих компонентів бетонної суміші, яка буде готуватися, завантажувального бункера (корпусу)-змішувача 3 із робочим органом 4 у вигляді горизонтального стрічково-лопатевого вала, приймального лотка 5 готової бетонної суміші із бункера-змішувача в універсальний безпоршневий шланговий бетононасос 6 [9, 16].

Усе обладнання технологічного комплекту розміщено на загальній рамі 7, яке для виконання торкрет-робіт оснащене соплом 8 із кільцевим насадком. Технологічний комплект може мати як механічний, так і гідравлічний привод. Продуктивність комплекту визначається продуктивністю базової машини. В даному випадку за базову машину прийнято бетонозмішувач, який, як і бетононасос, є

модулем комплекту, і який має працювати за умови $П_{техн.змішувача} = П_{техн.бетононасос}$. Рухомість будівельних сумішей для комплекту П = 6…14 см.

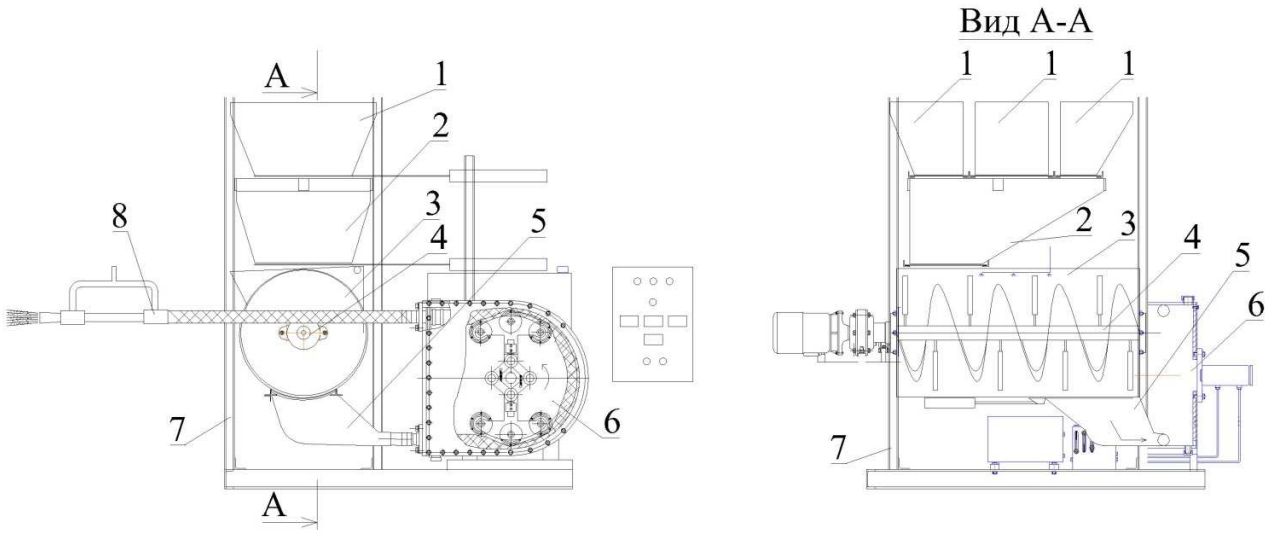

Рис. 1. Технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування при виконанні робіт способом мокрого торкретування

Принцип дії технологічного комплекту малогабаритного обладнання, що пропонується, такий: з дозувального вузла 1 почергово подаються та зважуються в проміжному бункері 2 компоненти суміші, що буде готуватися у змішувачі 3: щебінь, пісок і цемент у відповідній кількості з урахуванням складу бетонної суміші та робочого об'єму корпусу бункера-змішувача. Спочатку перемішуються сухі компоненти суміші, потім безпосередньо у корпус бункера-змішувача подається віддозована порція води [20].

Час завантаження сухими компонентами проміжного бункера 2 збігається з часом приготування порції суміші із раніш завантажених у змішувач складових, а час подачі готової суміші зі змішувача в бетононасос 6 збігається з часом завантаження сумішшю робочого торкрет-сопла, за допомогою якого в цей самий час здійснюється набризкбетонування поверхні способом мокрого торкретування. На завершальному етапі для забезпечення нормальної роботи бетононасоса необхідно об'єм суміші у проміжному бункері, в порівнянні з первинним, збільшити на 10…20 %.

Усі технологічні операції суміщені у часі, що дає можливість на 15…20 % скоротити витрати енергії і на 20…25 % підвищити продуктивність будівельних робіт.

Пооперацiйно увесь технологічний процес автоматизовано. Контролер дозволяє задавати необхідну рецептуру суміші, яку потрібно приготувати [15].

Універсальність технологічного комплекту обладнання визначається його можливостями використання в умовах будівельного майданчика:

- для повноцінного зведення будинків і споруд із монолітного залізобетону при безопалубному бетонуванні;
- виготовлення залізобетонних конструкцій та виробів складної геометричної форми;
- приготування будівельних сумішей різного призначення;

- транспортування рухомих і малорухомих будівельних сумішей.

Результати досліджень. Технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування в умовах зведення будинків і споруд із монолітного залізобетону ефективно може використовуватися при обґрунтованому підході та урахуванні конкретних умов виконання робіт. Продуктивність комплекту залежить від продуктивності його базової машини. У випадку, коли за базову машину комплекту приймається бетонозмішувач, для досягнення його експлуатації із максимальною продуктивністю слід ураховувати коефіцієнт заповнення компонентами суміші робочого об'єму змішувача $К_{зо}$.

Коефіцієнт заповнення об'єму корпусу змішувача $К_{зо}$ можна визначити виходячи із умови, що в комплекті продуктивності базових машин-модулів між собою рівні.

У такому випадку для технологічного комплекту малогабаритного обладнання, що пропонується, коефіцієнт заповнення об'єму корпусу змішувача $К_{зо}$ при безперервній його роботі визначається як:

$$K_{зо} = \frac{S_{шл} \times V_{1ср} \times K_1 \times K_2 \times K_3}{V_{2ср} \times (в_1 z_1 + в_2 z_2) \cos\alpha (R - r)}, \quad (1)$$

де $S_{шл}$ – площа перерізу шланга в корпусі бетононасоса;

$V_{1ср}$ – середня швидкість руху бетонної суміші по гнучкому шлангу в корпусі бетононасоса;

K_1, K_2, K_3 – відповідно коефіцієнти, що враховують наявність пульсацій тиску при нагнітанні суміші бетононасосом, умови подачі суміші, надійність роботи бетононасоса;

$V_{2ср}$ – середня швидкість обертання робочого органа змішувача – стрічково-лопатевого вала;

$в_1$, $в_2$ – відповідно ширина робочої частини витка стрічки вала ($в_1$) та лопатки вала ($в_2$);

z_1, z_2 – відповідно кількість витків стрічки вала та лопаток вала;

$\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ – кут установлення витків стрічки та лопаток на валу відносно його горизонтальної осі [18];

R, r – відповідно максимальний та мінімальний радіуси стрічково-лопатевого вала.

Таким чином, коефіцієнт заповнення об'єму змішувача $К_{зо}$ залежить як від конструктивних параметрів модулів технологічного комплекту, так і їх робочих швидкостей, на що слід звертати увагу при розробленні технологічних комплектів малогабаритного обладнання безопалубного бетонування високої ефективності.

Дослідження коефіцієнта заповнення об'єму $К_{зо}(Y)$ з метою його обґрунтованого попереднього значення проведено за допомогою планованого експерименту. Як основні незалежні фактори прийнято:

X_1 – діаметр шланга у корпусі безпоршневого бетононасоса d, м;

X_2 – частота обертання ротора бетононасоса n_1, $хв^{-1}$;

X_3 – частота обертання стрічково-лопатевого вала бетонозмішувача n_2, $хв^{-1}$;

X_4 – радіус стрічково-лопатевого вала змішувача по торцю лопатки R, м.

Діапазони варіювання змінними подано в табл. 1.

Матриця планування з результатами виконаних розрахунків наведена в табл. 2.

У результаті проведених розрахунків отримано рівняння множинної регресії для чотирьох незалежних факторів:

$$Y_1 = 1.071 + 0.531 \cdot X_2 - 0.811 \cdot X_3 - 0.284 \cdot X_4 + 0.036 \cdot X_1^2 -$$
$$-0.036 \cdot X_2^2 + 0.426 \cdot X_3^2 - 0.395 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0.191 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0.207 \cdot X_3 \cdot X_4. \quad (2)$$

Таблиця 1

Діапазони варіювання змінними

Характеристика	Кодове значення фактора	Діаметр шланга d, м	Частота обертання ротора бетононасоса n_1, хв$^{-1}$	Частота обертання стрічково-лопатевого вала n_2, хв$^{-1}$	Радіус стрічково-лопатевого вала по торцю лопатки R, м
Основний рівень	x_j^0	0.05	45	50	0,23
Інтервал варіювання	Δx_j	0.025	25	30	0,03
Верхній рівень	+1	0.075	70	80	0,26
Нижній рівень	–1	0.025	20	20	0,2
Зоряні точки	–1,414	0.01465	10	8	0,188
	+1,414	0.08535	80	92	0,272

Таблиця 2

Матриця планування

№	Фактори								Функція відгуку
	x_1	Знач.	**x_2**	Знач.	**x_3**	Знач.	**x_4**	Знач.	**Y**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–1	0,025	–1	20	–1	20	–1	0,2	1,087
2	+1	0,075	–1	20	–1	20	–1	0,2	1,087
3	–1	0,025	+1	70	–1	20	–1	0,2	3,806
4	+1	0,075	+1	70	–1	20	–1	0,2	3,806
5	–1	0,025	–1	20	+1	80	–1	0,2	0,272
6	+1	0,075	–1	20	+1	80	–1	0,2	0,272
7	–1	0,025	+1	70	+1	80	–1	0,2	0,951
8	+1	0,075	+1	70	+1	80	–1	0,2	0,951
9	–1	0,025	–1	20	–1	20	+1	0,26	0,597
10	+1	0,075	–1	20	–1	20	+1	0,26	0,597
11	–1	0,025	+1	70	–1	20	+1	0,26	2,091
12	+1	0,075	+1	70	–1	20	+1	0,26	2,091
13	–1	0,025	–1	20	+1	80	+1	0,26	0,149
14	+1	0,075	–1	20	+1	80	+1	0,26	0,149
15	–1	0,025	+1	70	+1	80	+1	0,26	0,523
16	+1	0,075	+1	70	+1	80	+1	0,26	0,523
17	–1,41	0.01465	0	45	0	50	0	0,23	0,709
18	+1,41	0.08535	0	45	0	50	0	0,23	0,709
19	0	0,05	–1,41	10	0	50	0	0,23	0,158
20	0	0,05	+1,41	80	0	50	0	0,23	1,261
21	0	0,05	0	45	–1,41	8	0	0,23	4,432
22	0	0,05	0	45	+1,41	92	0	0,23	0,385
23	0	0,05	0	45	0	50	–1,41	0,188	1,132
24	0	0,05	0	45	0	50	+1,41	0,272	0,486

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
26	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
27	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
28	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
29	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
30	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709
31	0	0,05	0	45	0	50	0	0,23	0,709

На рис. 2 подано графічну залежність $K_{зо}$ від частоти обертання ротора бетононасоса, а на рис. 3 – від частоти обертання стрічково-лопатевого вала змішувача.

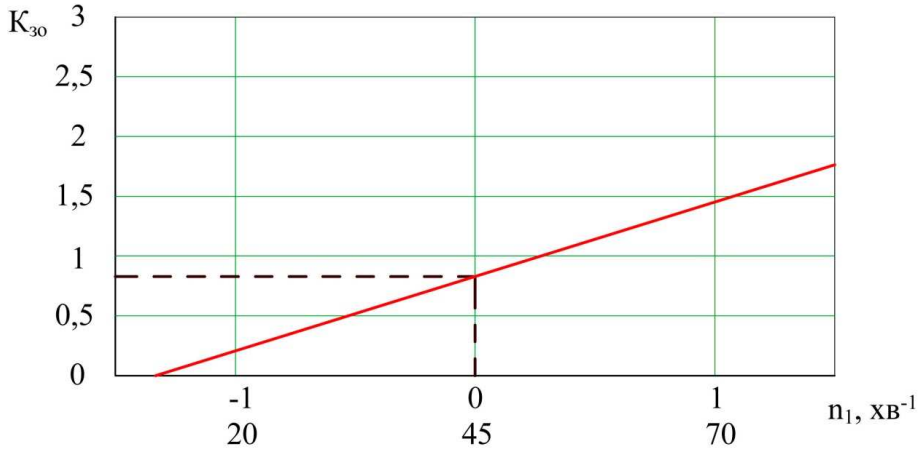

Рис. 2. Залежність коефіцієнта заповнення об’єму корпусу бетонозмішувача від частоти обертання ротора бетононасоса

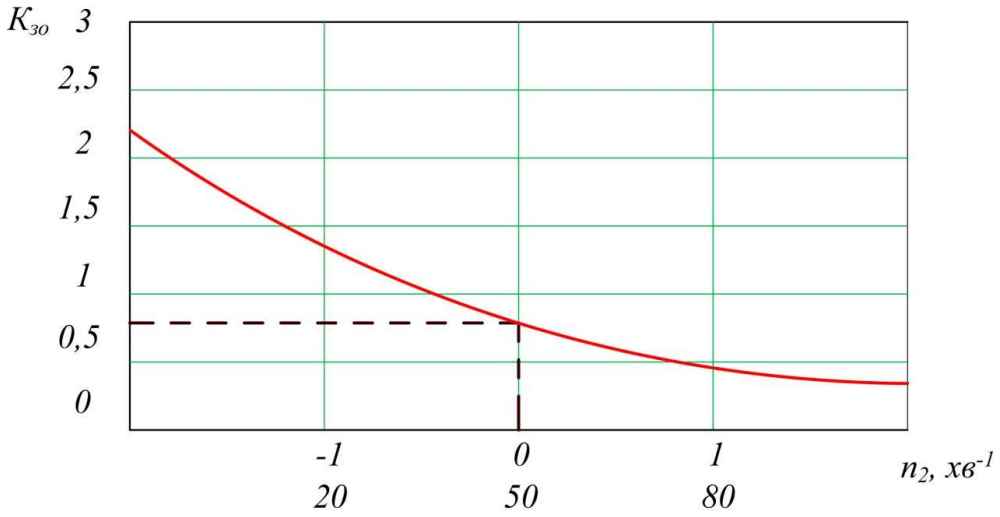

Рис. 3. Залежність коефіцієнта заповнення $K_{зо}$ об’єму корпусу бетонозмішувача від частоти обертання його стрічково-лопатевого вала

Характер графічних залежностей свідчить про те, що $К_{зо} = f(n_1)$ є у прямій пропорційності від параметра n_1, у той час, коли $К_{зо} = f(n_2)$ обернено пропорційно залежить від n_2.

Результати досліджень указують на те, що найкращі умови для приготування бетонних сумішей у робочому просторі змішувача одержані при $К_{зо} = 0,70…0,71$.

Аналіз результатів виконаних розрахунків, які подано в табл. 2, та графічних залежностей (рис. 2, 3) показує, що для даного технологічного комплекту малогабаритного обладнання, який подано на рис. 1, найкращі умови експлуатації створюються: при частоті обертання ротора бетононасоса $n_{рбн} = 45$ хв$^{-1}$, частоті обертання стрічково-лопатевого вала змішувача $n_{бзм} = 50$ хв$^{-1}$, радіусі стрічково-лопатевого вала по торцю лопатки $R = 0,23$ м. При цьому $К_{зо} = 0,70…0,71$. Розрахунки зроблено при таких незмінних параметрах робочого процесу:

об’єм корпусу бетонозмішувача – 0,08 м^3;

$в_1 = 0,05$ м;

$в_2 = 0,05$ м;

$z_1 = 4$;

$z_2 = 11$;

$r = 0,05$ м;

$К_1 = 1,36$;

$К_2 = 0,7$;

$К_3 = 0,9$.

З використанням вищевказаних параметрів, як показали результати проведених досліджень, спостерігається стабілізація умов роботи технологічного комплекту. Вказані технологічні параметри та режими роботи комплекту можуть бути рекомендовані для безопалубного бетонування з використанням способу мокрого торкретування. При цьому має бути узгодженість між частотами обертання стрічково-лопатевого вала змішувача та ротора бетононасоса при максимально можливому коефіцієнті заповнення об’єму $К_{зо}$ з урахуванням конкретних умов проведення робіт.

Таким чином, технологічний комплект, що розглядається, може використовуватися в умовах будівельного майданчика з максимальною продуктивністю ($К_{зо} \to 1$) при злагодженій роботі змішувача та бетононасоса, які входять у комплект як модулі.

Проведені дослідження дають можливість виважено та обґрунтовано підійти до впровадження запропонованого технологічного комплекту у будівництво, використовуючи усі можливості для його експлуатації із максимальною продуктивністю, на яку суттєвий вплив має коефіцієнт заповнення об’єму корпусу бетонозмішувача масою компонентів суміші, що є робочим середовищем для виконання безопалубного бетонування.

Висновки:

1. Пропонується новий високоефективний технологічний комплект малогабаритного обладнання для безопалубного бетонування.

2. Доведено вплив коефіцієнта заповнення об’єму корпусу змішувача на продуктивність технологічного комплекту.

3. Визначено найкращі умови для стабільної роботи запропонованого технологічного комплекту обладнання при $К_{зо} = 0,70…0,71$ з відповідною продуктивністю: частота обертання ротора бетононасоса $n_1 = 45$ хв$^{-1}$, частота обертання стрічково-лопатевого вала змішувача $n_2 = 50$ хв$^{-1}$, радіус стрічково-лопатевого вала по торцю лопатки $R = 0,23$ м.

4. Суміщення усіх технологічних операцій у часі при використанні нового технологічного комплекту малогабаритного обладнання дає змогу:

- скоротити на 15…20 % витрати енергії;
- підвищити продуктивність будівельних робіт на 20…25 %.

Список використаних джерел

1. Технические характеристики автобетононасосов Putzmeister. URL: http://www.putzmeister.ru/betononasosy-harakteristiki/ (дата обращения: 12.02.2019).

2. Торкрет установки. URL: http://aliva.pro/torkret_ustanovki/ (дата звернення: 12.02.2019).

3. The Monolithic Dome : URL: https://www.monolithic.org/domes (дата звернення: 12.02.2019).

4. Бугаевский С. А. Способ возведения элементов зданий криволинейной формы. *Науковий вісник будівництва.* Харків, 2015. Т. 80, № 2. С. 116-126.

5. Kyle A. Riding, JanVosahlik, DimitriFeys, TravisMalone, Will Lindquist. Best practices for concrete pumping.: A Report on Research. №. K-TRAN: KSU-14-2. Desember 2016. Kansas : Department of Transportation, 2016. 122 p.

6. Stefan Jacobsen, Jon Håvard Mork, Siaw Foon Lee, Lars Haugan Pumping of concrete and mortar – State of the art. COIN Project report 5. : SINTEF Building and Infrastructure, 2008. 46 p.

7. Myoungsung Choi, Chiara F. Ferraris, Nicos S. Martys, Van K Bui, H.R. Trey Hamilton, Didier Lootens. Research Needs to Advance Concrete Pumping Technology : NIST Technical Note 1866, May 2015. 30 p.

8. Емельянова И. А., Задорожный А. А., Гузенко С. А., Меленцов Н. А. Двухпоршневые растворобетононасосы для условий строительной площадки : монография. Харьков : Тимченко А.Н., 2011. 196 с.

9. Пат.112585 України. Універсальний шланговий бетононасос: F04 B43/12 (2006.01), F04 B15/02 (2006.01). Опубл. 26.09.2016, Бюл. № 18.

10. Емельянова И. А., Чайка Д. О. Беспоршневые универсальные бетононасосы нового конструктивного решения с гидравлическим приводом для условий строительной площадки. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту.* Харків, 2016. Вип. 159. С. 33–39.

11. Emeljanova I., Andrenko P., Chayka D. Determination of Capacities of Concrete mix transportation by Universal Hydraulic Hose concrete pumps under the conditions of construction site. *Norwegian Journal of development of the International Science. Technical Science.* Oslo, 2017. Vol. 1, № 3. P. 84–90.

12. Ємельянова І. А., Чайка Д. О. Оцінка надійності безпоршневого шлангового універсального бетононасоса на стадії його проектування. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту.* Харків, 2016. Вип. 162. С. 5–11.

13. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Москва : Наука, 1965. 340 с.

14. Грифф М. И., Олитский В. С., Ягудаев Л. М. Транспорт для строительного комплекса. Автобетоносмесители. Автобетононасосы. Стационарные бетононасосы: справочник; под общ. ред. М. И. Гриффа. Москва : АСВ, 2007. Вып. 12. 296 с.

15. Бетоносмеситель с самозагрузкой CARMIX ONE. URL : https://carmix.pro/carmix/carmix_one (дата обращения: 14.02.2019).

16. Emeljanova I., Virchenko V., Chayka D. Wet shotcrete process using a new set of small-sized equipment for concreting formless computer simulation: *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 2018. Vol. 7 (3.2). P. 97–101.

17. Ємельянова І. А., Чайка Д. О., Кабанець Д. С. Створення технологічного комплекту малогабаритного обладнання з безпоршневим бетононасосом для умов будівельного

майданчика. *Комунальне господарство міст. Технічні науки та архітектура:* наук.-техн. зб. Харків, 2017. Вип. 137. С. 98–103.

18. Emeljanova I, Blazhko V., ShatobhinV., Chayka D., Kabanets D. Features of creation of universal technological sets of the small-sized equipment for conditions of a building site. *Науковий вісник будівництва.* Харків, 2017. Т. 90, № 4. С. 136–145.

19. Ємельянова І. А., Чайка Д. О., Субота Д. Ю., Мачуга О. С. Універсальний технологічний комплект малогабаритного обладнання для повноцінного 3d друкування об'єктів будівництва. *Науковий вісник будівництва.* Харків, 2018. Т. 91, № 1. С. 165–170.

20. Першина С. В., Каталымов А. В., Однолько В. Г., Першин В. Ф. Весовое дозирование зернистых материалов: науч. изд. Москва : Машиностроение, 2009. 260 с.

21. Емельянова И.А., Шевченко В. Ю., Асанов В. В. Оборудование для приготовления и уплотнения фибробетонных смесей : монография. Харьков : Тим Паблиш Груп, 2015. 124 с.

Ємельянова Інга Анатоліївна, д-р техн. наук, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.+38-050-325-26-84.
E-mail:emeljanova-inga@ukr.net.
Чайка Денис Олегович, асистент кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.+38-097-912-29-91. E-mail:d.chayka93@gmail.com.
Субота Дмитро Юрійович, аспірант кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел.+38-067-78-79-427. E-mail: dm.subota@gmail.com.

Emeljanova Inga Anatolievna, Doctor of Technical Sciences, prof. Department of Mechanization of Construction Processes of the Kharkov National University of Construction and Architecture. Тел.+38-050-325-26-84.
E-mail:emeljanova-inga@ukr.net.
Chayka Denis Olegovich, assistant lecturer of the Department of Mechanization of Construction Processes of the Kharkov National University of Construction and Architecture. Тел.+38-097-912-29-91.
E-mail:d.chayka93@gmail.com.
Subota Dmytro Yuriyovych, postgraduate student of the Department of Mechanization of Construction Processes of the Kharkov National University of Construction and Architecture. Тел.+38-067-78-79-427.
E-mail: dm.subota@gmail.com.

Статтю прийнято 01.03.2019 р.