

МАЛОГАБАРИТНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ РІЗНОМАНІТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Блажко В. В., Аніщенко А. І., Сасенко Л. В., Григорків О. Б.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Анотація. На підставі здійсненого літературного, патентного, інформаційного пошуку визначені невирішені питання в процесі виготовлення будівельних сумішей в умовах будівельного майданчика. Розглянуто конструкції наявних технологічних комплексів з виробництва будівельних сумішей та визначено їхні основні недоліки щодо застосування в умовах будівельного майданчика. На підставі дослідження запропоновані конструкції технологічних комплектів. Основою їхнього створення є нові конструкції бетонозмішувачів, що працюють в каскадному режимі. Запропоновано методику розрахування основних параметрів технологічних комплектів обладнання залежно від використання базової машини комплекту.

Ключові слова: комплект, малогабаритне обладнання, бетонозмішувач, суха будівельна суміш, каскадний режим, траєкторія руху часток суміші, робочі параметри.

Вступ

Сучасні сухі будівельні суміші є складними композиціями, що складаються з різноманітних компонентів з різними фізико-механічними властивостями. Перемішування цих компонентів з метою утворення однорідної суміші є складним завданням. Виробництво з цією метою ефективного обладнання є актуальним завданням для забезпечення вимог щодо якості багатокомпонентних сумішей із вмістом поверхнево-активних домішок.

Створення технологічних комплектів допоможе вирішити цю проблему.

Аналіз публікацій

На сьогодні на ринку механічного обладнання існує велика кількість обладнання для виготовлення будівельних сумішей різноманітного призначення [1–4].

Комплекси оснащуються високоякісними дозувальними пристроями та змішувачами примусової дії з одним або двома валами, на яких закріплюються різні за формою прилади, що перемішують [5–7].

Однак у процесі виготовлення сухих будівельних сумішей виникає низка невирішених питань: підвищене зношування робочих органів та корпусів змішувачів, тривалий час виготовлення складних композицій, наявність сегрегації під час виготовлення суміші та складності виготовлення сумішей безпосередньо на будівельному майданчику [8].

Визначення невирішених проблеми

Різноманітність запропонованого обладнання, а також технологічних ліній та комплектів не спрямовані на вирішення проблеми виготовлення сухих будівельних сумішей різної рецептури безпосередньо на будівельному майданчику.

Мета та постановка завдання

Метою є створення нових конструкційних малогабаритних комплектів обладнання для виготовлення будівельних сумішей різноманітного призначення, зокрема з армувальним наповнювачем у вигляді поліпропіленової фібри.

На цьому етапі досліджень для досягнення поставленої мети необхідно розробити модель запропонованих комплектів та розробити методику визначення основних показників роботи досліджуваних комплектів.

Виклад основного матеріалу

Розроблення моделі ґрунтується на таких принципах:

- все обладнання технологічних комплектів базується на загальній основі та використовується згідно з продуктивністю базової машини;
- змішувач є базовою машиною комплексу;
- суміжне обладнання комплексу уніфіковане та може бути використано для будь-якої із запропонованих комплектацій.

Запропоновані моделі малогабаритних комплектів обладнання для виготовлення

сухих будівельних сумішей наведені на рис. 1.

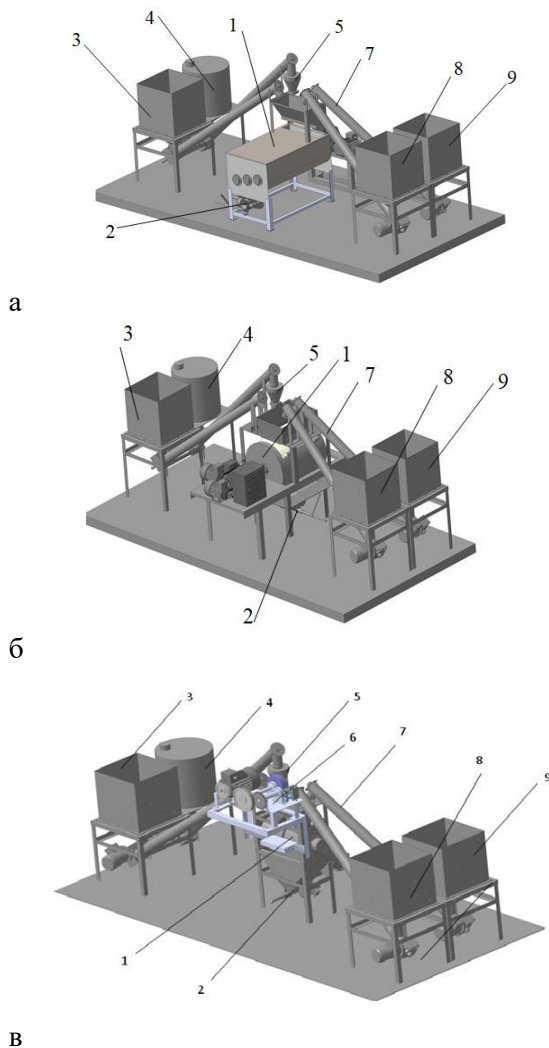


Рис. 1. Технологічний комплект обладнання: а – базова машина – тривальний змішувач; б – базова машина – змішувач гравітаційно-примусової дії; в – базова машина – двороторний турбулентний змішувач; 1 – тривальний змішувач; 2 – фасувальна машина; 3 – бункер великого заповнювача; 4 – ємність для в'язучого; 5 – дозатор в'язучого; 6 – різчик сталеві фібри 7 – шнековий живильник; 8 – бункер дрібного заповнювача; 9 – бункер піску

Оскільки все обладнання наведених технологічних комплектів базується на загальній основі та використовується згідно з продуктивністю базової машини, тобто змішувача, пропонуємо продуктивність технологічного комплекту устаткування визначати з огляду на технічну продуктивність базової машини, що належить до складу технологічного комплекту.

Для комплекту, що наведений на рис. 1 (а), продуктивність визначається за формулою

$$\Pi_{\text{mex}} = 3600 \times \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times b \times n \times z_{\text{л}} \times \sin \alpha \times \kappa_3^{\text{cp}} \times \kappa_6^{\text{II}}; \quad \text{м}^3 / \text{год} \quad (1)$$

де D – діаметр вала вздовж торцю лопасті, м; d – діаметр середнього вала, м; b – ширина лопасті, м; $z_{\text{л}}$ – кількість лопастей середнього вала; α – кут визначення лопастей, град; κ_3^{cp} – коефіцієнт завантаження змішувача щодо середнього вала, $\kappa_3^{\text{cp}} = 0,75$; κ_6^{II} – коефіцієнт процесу транспортування суміші з другої зони змішувача.

Визначення технічної продуктивності комплекту, поданого на рис. 1 (б), до складу якого належить бетонозмішувач гравітаційно-примусової дії, визначається за формулою

$$\Pi_{\text{mex}} = V_{\text{заг}} \times z_{\text{ц}} = \frac{1}{2} \left[\pi \times L_k (R_k^2 \times k - r_6^2) - \pi \times r_n^2 \times l_n \times z_n - z_1 \times b_1 \times h_1 \times c_1 - z_2 \times b_2 \times h_2 \times c_2 \right] \times z_{\text{ц}}, \quad (2)$$

де $V_{\text{заг}}$ – загальний об'єм суміші в змішувачі, м^3 ; $Z_{\text{ц}} = 3600 / t_{\text{ц}}$ – кількість циклів роботи змішувача за годину ($t_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу, який складається з часу на завантаження компонентів t_1 , їх перемішування t_2 та розвантаження виготовленої суміші t_3 ($t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3$), с); L_k – довжина корпусу змішувача, м; R_k – радіус корпусу змішувача, м; k – коефіцієнт, який визначає положення суміші в корпусі змішувача; r_n , l_n , z_n , r_6 – радіус, довжина, кількість кронштейнів лопаток вала та радіус вала, м; b_1 , b_2 , h_1 , h_2 , c_1 , c_2 – довжина, висота та товщина лопаток корпусу та лопаток вала змішувача, м.

Продуктивність технологічного комплекту, наведеного на рис. 1 (в), з використанням двороторного змішувача вираховується відповідно до залежності

$$\Pi_{\text{mex}} = V_{\text{заг}} \cdot Z_{\text{ц}} \cdot k_m, \quad (3)$$

де $V_{\text{заг}}$ – загальний обсяг суміші в змішувачі, м^3 ; $Z_{\text{ц}}$ – кількість циклів роботи машини за годину ($t_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу, що складається із суми часу на завантаження

компонентів t_1 , їх перемішування t_2 та розвантаження виготовленої суміші t_3 ($t_{\Sigma} = t_1 + t_2 + t_3$, с); k_m – коефіцієнт використання машини (0,85).

Водночас подачу компонентів бетонної суміші до змішувача можна розглядати як

$$M = \int_0^t (Qx_{ex} - Qx_{вих}) dt, \quad (4)$$

де M – загальна маса компонентів; t – інтервал часу завантаження всіх компонентів; Qx_{ex} – потік компонентів суміші, що витікає з накопичувального бункера; $Qx_{вих}$ – потік компонентів суміші, що витікає з живильника.

Співвідношення загальної маси компонентів M до всього робочого об'єму змішувача V можна записати так:

$$\frac{M}{V} = \Delta x = \frac{Q}{V} \int_0^t (x_{ex} - x_{вих}) dt, \quad (5)$$

де x_{ex} , $x_{вих}$, x , – це вміст компонентів на вході, виході та всередині змішувача; Q – продуктивність змішувача за сталого робочого режиму.

Основними показниками роботи малогабаритного комплексу обладнання для виготовлення будівельної суміші є витрати потужності на цей процес.

Витрати потужності на роботу технологічного комплексу обладнання, призначеного для виготовлення фібро-бетонних сумішей, складаються із суми потужних витрат окремих видів обладнання, що належать до складу комплексу (рис. 1в): автомата-різчика фібри, базової машини (бетонозмішувача), живильників та дозаторів. Таким чином, залежність для визначення потужності технологічного комплексу обладнання має такий вигляд [8]:

$$N_{TKO} = N_{\delta.m} + N_p + N_{II} + N_{\delta}, \quad (5)$$

де N_{TKO} – це сумарні потужні витрати на роботу технологічного комплексу обладнання, кВт; $N_{\delta.m}$ – потужнісні витрати базової машини, кВт; N_p – витрати потужності на роботу різчика фібри, кВт; N_{mp} – потужність транспортувальних пристроїв сировинних компо-

нентів суміші (живильників), кВт; $N_{\delta.n}$ – потужність дозувальних пристроїв, кВт.

З огляду на конструктивні особливості базової машини тривального бетонозмішувача (рис. 1, а) під час роботи на сухих будівельних сумішах НТКО варто визначати як

$$N_{\delta.m} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{1000 \cdot \eta}, \quad (6)$$

де N_1 – потужність, що витрачається на перемішування компонентів суміші верхнім валом, кВт; N_2 – потужність, що витрачається на перемішування компонентів бетонної суміші та її транспортування до вивантажувального отвору середнім валом, кВт; N_3 – потужність, що витрачається на перемішування компонентів суміші нижнім валом, кВт; η – к. п. д. привода змішувача.

Змішувач гравітаційно-примусової дії [9], що витрачається на процес виготовлення сухої будівельної суміші, складається з потужності, необхідної для обертання його корпусу, та потужності, необхідної для обертання лопатевого вала:

$$N_{\delta.m} = N_K + N_B, \quad (7)$$

де N_K – потужність, необхідна для обертання корпусу змішувача;

$$N_K = N_K^{(1)} + N_K^{(2)} = \frac{0,85 \times \Gamma_{сум} \times \eta \times Z \times \omega_k}{\eta_k \times 1000} + \frac{F_{mp.k} \times V_{абс.к} \times z_1 \times G_{к.сум}}{\eta_k \times 1000}, \quad (8)$$

де $G_{сум}$ – вага компонентів суміші, Н; h – вертикальна координата зсуву маси суміші в корпусі змішувача, м; Z – кількість циркуляцій суміші в корпусі машини; ω_k – кутова швидкість обертання корпусу змішувача, c^{-1} ; η – ККД привода корпусу; $F_{mp.k}$ – сила тертя, що виникає під час руху частинок суміші вздовж поверхні лопатки корпусу змішувача, Н; $G_{к.сум}$ – сила ваги суміші, що знаходиться на лопатці корпусу, Н; $V_{абс.к}$ – абсолютна швидкість руху частинок суміші вздовж лопаток корпусу, м/с. N_B – потужність, необхідна для роботи лопатевого вала в процесі перемішування компонентів суміші;

$$N_B = N_B^{(1)} + N_B^{(2)} = \frac{\omega_\varepsilon \times M_\varepsilon}{\eta_\varepsilon \times 1000} + \frac{F_{тр.\varepsilon} \times V_{аб.\varepsilon}}{\eta_\varepsilon \times 1000}, \quad (9)$$

де ω_ε – кутова швидкість обертання лопатевого вала, c^{-1} ; M_ε – крутний момент на лопатевому валу, Н·м; $F_{тр.\varepsilon}$ – сила тертя, що виникає під час руху частинки бетонної суміші вздовж поверхні лопатки, Н; $V_{аб.\varepsilon}$ – абсолютна швидкість руху частинки суміші вздовж лопатки вала, м/с.

Під час використання як базової машини двороторного швидкісного турбулентного змішувача потужність комплексу може визначатись за [10]:

$$N_{б.м} = \omega_{р.о} \times F_l \times q_{см.} \times f \times (R - r) \times \cos\beta \times Z_l \times \kappa_3 \times \rho_1, \quad (10)$$

де $\omega_{р.о}$ – кутова швидкість вала робочого органа, c^{-1} ; F_l – площа лопаті, m^2 ; $q_{см.}$ – тиск на лопатку з боку суміші, Па; $f = 0,4$ коефіцієнт тертя матеріалу вздовж поверхні лопаті; R – зовнішній радіус обертання лопаті, м; r – внутрішній радіус обертання лопаті, м; Z_l – кількість лопастей на роторі; κ_3 – коефіцієнт завантаження змішувача; ρ – середня щільність сухої суміші, kg/m^3 ; β – кут розміщення (атаки) лопастей.

Висновки

У роботі досягнута мета – створення нових малогабаритних комплектів обладнання для виготовлення будівельних сумішей різноманітного призначення, зокрема з армувальним наповнювачем у вигляді поліпропіленової фібри.

Розроблені моделі (рис. 1) технологічних комплектів обладнання горизонтального компонування для виготовлення будівельних сумішей різноманітного призначення.

Запропонована методика визначення основних техніко-економічних показників роботи малогабаритних комплектів обладнання з використанням як базової машини змішувачів нового конструкційного рішення, що дозволяє здійснювати проектні розрахунки запропонованого обладнання та визначати елементи приводних частин його робочих органів згідно з результатами кінематичного та силового розрахунку.

Запропонована методика дозволяє розрахувати необхідну потужність джерела живлення, що є актуальним питанням для здійс-

нення будівельних робіт з використанням мобільних джерел живлення.

Література

1. Sandgray. URL <http://surl.li/nwdfg> (дата звернення: 03.12.2023).
2. Sandgray. URL <http://surl.li/nwdf> <http://surl.li/nwdicg> (дата звернення: 03.12.2023).
3. WAM. URL <http://surl.li/nwdly> (дата звернення: 03.12.2023).
4. Вітязь. URL: <https://mzv.com.ua/kontakty/> (дата звернення: 03.12.2023).
5. Vedapro. URL: <http://surl.li/nweoq> (дата звернення: 03.12.2023).
6. KARMEL. URL: <http://surl.li/nwepv> (дата звернення: 03.12.2023).
7. Allbiz. URL: <http://surl.li/nwese> (дата звернення: 03.12.2023).
8. General classification for small-sized technological sets for production of dry building mixtures / Емельянова І. А., Блашко В. В., Анищенко А. І., Доброходова О. В. Proceedings «HEAVY MACHINERY – HV 2014». The seventh international triennial conference: Kraljevo, Serbia, 2014. Session B. S. 35–38.
9. Змішувач для приготування будівельних сумішей: пат. 103813 Україна: МПК(2013. 01), B28C 5/14, B28C 7/00, № а201201933; заявл 20. 02. 12; опубл. 25.11.13. Бюл. №22.

References

1. Sandgray. URL <http://surl.li/nwdfg> (access date: 03.12.2023).
2. Sandgray. URL <http://surl.li/nwdf> <http://surl.li/nwdicg> (access date: 03.12.2023).
3. WAM. URL <http://surl.li/nwdly> (access date: 03.12.2023).
4. Vityaz. URL: <https://mzv.com.ua/kontakty/> (date of application: 03.12.2023).
5. Vedapro. URL: <http://surl.li/nweoq> (access date: 03.12.2023).
6. CARMEL. URL: <http://surl.li/nwepv> (access date: 03.12.2023).
7. Allbiz. URL: <http://surl.li/nwese> (access date: 03.12.2023).
8. General classification for small-sized technological sets for production of dry building mixtures / Emelyanova, I. A., Blazhko, V. V., Anishchenko, A. I., Dobrokhodova, O. V. Proceedings "HEAVY MACHINERY – HV 2014". The seventh international triennial conference: Kraljevo, Serbia, 2014. Session B: S. 35–38.
9. Mixer for preparation of construction mixtures: pat. 103813 Ukraine: IPC (2013. 01), B28C 5/14,

B28C 7/00, No. a201201933; statement 20. 02. 12; published 25.11.13. Bull. No. 22

Блажко Володимир Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,

blazhko.vladimir@kname.edu.ua.

тел. +38 097-534-60-67

Аніщенко Анна Ігорівна, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,

anna.anishchenko@kname.edu.ua.

тел. +38 093-866-68-21

Саснко Леонід Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,

leonid.saienko@kname.edu.ua.

тел. +38 050-915-27-90

Григорків Олексій Борисович, аспірант, кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,

oleksii.hryhorkiv@kname.edu.ua.

тел. +38 099-030-62-79

Compact complexes for preparing various types of construction mixtures

Abstract. The basis for creating the proposed technological complexes are new designs of concrete mixers operating in cascade mode. A methodology for calculating the main parameters of technological sets of equipment is proposed, depending on the use of the base machine of the set. The diversity of the proposed equipment, as well as technological lines and kits, are not aimed at solving the problem of preparing dry construction mixtures of various recipes used on the construction site. **Problem.** However, there are a number of unresolved issues in the process of preparing dry construction mixtures: increased wear of working bodies and mixer bodies, long preparation time of complex compositions, the presence of segregation during the preparation of the mixture, and even the difficulties of preparing mixtures directly on the construction site. **Goal.** The goal is to create, on the basis of mixers, new construction solutions of small-sized sets of

equipment for preparing construction mixtures for various purposes, including reinforcing filler in the form of polypropylene fiber. At the first stage of research, in order to achieve the set goal, it is necessary to develop a model of the proposed kits and a methodology for determining the main performance indicators of the researched kits.

Methodology. The method is proposed of determining the main technical and economic indicators of making small sets of equipment using mixers of a new construction solution as the basic machine, which allows you to perform design calculations of the proposed equipment and choose the elements of the drive parts of its working bodies based on the results of kinematic and force calculations. The models of technological sets of equipment with a horizontal layout for the preparation of building mixtures for various purposes are presented. **Results.** The proposed method makes it possible to calculate the required power of the power source, which is a relevant issue when performing construction works using mobile power sources.

Key words: set, small-sized equipment, concrete mixer, dry construction mixture, cascade mode, trajectory of movement of mixture particles, working parameters.

Volodymyr Blazhko, Ph.D., Assoc. Professor, Department of automation and computer-integrated technologies, Kharkiv National University of Urban Economy O. M. Beketova, ORCID: 0000-0002-5649-9379, blazhko.vladimir@kname.edu.ua

Anna Anishchenko Ph.D., Assoc. Professor, Department of automation and computer-integrated technologies, Kharkiv National University of Urban Economy O. M. Beketova, ORCID: 0000-0002-3411-0385, anna.anishchenko@kname.edu.ua

Leonid Sayenko, Ph.D., Assoc. Professor, Department of automation and computer-integrated technologies, Kharkiv National University of Urban Economy O. M. Beketova, ORCID: 0000-0002-3802-3078, leonid.saienko@kname.edu.ua.

Oleksiy Hryhorkiv, graduate student, Department of automation and computer-integrated technologies, Kharkiv National University of Urban Economy O. M. Beketova, oleksii.hryhorkiv@kname.edu.ua.

¹Kharkiv National University of Urban Economy named after O. M. Beketova, 17, Marshala Bazhanova str., 61002, Kharkiv, Ukraine.