

Дослідження процесу змішування будівельних сумішей у роторних бетонозмішувачах з неплоскими лопатями

Юрій Литвиненко, студент¹ (ORCID: 0009-0002-4673-3720), Вадим Тимошенко, студент¹ (ORCID: 0009-0001-8815-835X), Микола Клименко, доц., канд. техн. наук¹ (ORCID: 0000-0002-6166-8966)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Наведено конструкцію роторно-планетарного бетонозмішувача, який має характер руху бетонної суміші вздовж криволінійної лопаті з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів змішувача, та розроблено математичну модель для визначення споживаної потужності з новою конструкцією лопатевого апарата, яка враховує його технологічні особливості роботи.

Ключові слова: роторно-планетарний бетонозмішувач, неплоска лопать, конструктивно-технологічні параметри.

1. ВСТУП

Сучасне змішувальне обладнання іноземного та вітчизняного виробництва не відповідає зростаючим вимогам до підвищення однорідності бетонних та будівельних сумішей, а відтак і до якості готового бетону. Змішувачі, що набули поширення на підприємствах будіндустрії, характеризуються невисокою енергетичною ефективністю, тривалим часом змішування та не забезпечують рівня якості готового продукту, необхідного в умовах сьогодення. Різноманітні методи інтенсифікації, які застосовуються в наявних змішувачах, хоч і дають змогу поліпшити якість готової бетонної суміші, проте призводять до ускладнення конструкції обладнання, зниження його надійності та зростання рівня енергоспоживання. З огляду на це, актуальним є питання підвищення якості будівельних матеріалів через розробку такого змішувального обладнання, яке забезпечуватиме раціональний режим завантаження крупного заповнювача та інтенсивний вплив на компоненти, що змішуються, із мінімальними енерговитратами на отримання готової високоякісної бетонної суміші..

2. МЕТА

Підвищення якості готової бетонної суміші та зниження витрат електричної енергії (електроенергії) за рахунок застосування раціонального способу завантаження крупного заповнювача та використання у роторному змішувачі примусової дії лопатей складної форми.

3. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Бетонозмішувачі примусової дії з вертикально розташованими змішувальними валами займають лідируючі позиції серед усіх змішувальних апаратів як за кількістю вироблених одиниць, так і за різноманітністю типорозмірів. Їхня конструкція класифікується за розташуванням валів відносно центральної осі змішувача на апарати з ексцентрично та концентрично розташованими валами (рисунок 1). Змішувачі з ексцентрично розташованими валами, у свою чергу, поділяються на декілька підтипів: прямоточні з нерухою або обертовою чашею, а також

протиточні з нерухою чашею або обертовою чашею. Ці бетонозмішувачі набули широкого застосування у виробництві легких бетонних сумішей. Питанням розробки конструкцій змішувачів примусової дії присвячені численні науково-технічні праці [4-5], у яких для покращення їхніх технічних та експлуатаційних характеристик пропонуються як принципово нові конструктивні рішення обладнання, так і варіанти модернізації вже існуючих моделей.

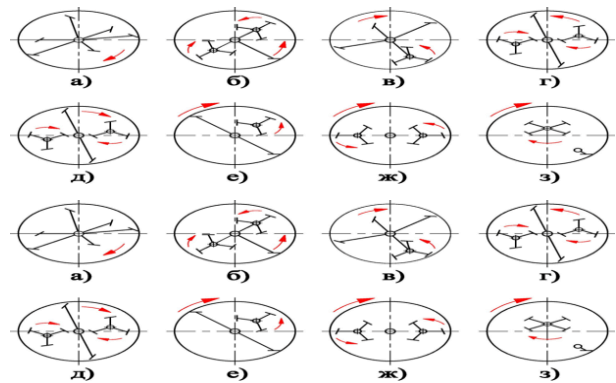


Рисунок 1. Конструктивні схеми роторних змішувачів:

a – роторний; *б* – планетарно-роторний з двома планетарними валами; *в* – планетарно-роторний змішувач з одним планетарним валом; *г* – планетарно-роторний з бігунами протиточний; *д* – планетарно-роторний з бігунами прямоточний; *е* – протиточний змішувач з обертовим чашею; *ж* – протиточний з чашею, що обертається, і бігунами; *з* – прямоточний з чашею, що обертається

Широко використовувані на сьогодні планетарні протиточні змішувачі застосовуються для перемішування бетонних та будівельних сумішей широкого спектру [1-3].

Змішувальні зірочки цих змішувачів, що обертаються навколо вертикальної осі змішувача, забезпечують масообмін при мінімальному переміщенні матеріалу. Завдяки цьому досягається висока якість перемішування та значний ступінь однорідності матеріалу, навіть при виробництві складних сумішей.

Привод агрегату здійснюється з верхньої частини від електродвигуна та редуктора на ротор, який оснащений бічним скребком. Змішувальні зірочки приводяться в дію через планетарну зубчасту передачу, інтегровану в ротор.

Залежно від типорозміру змішувача може використовуватися одна, дві або три змішувальні зірочки. Лопаті у цих планетарних бетонозмішувачах надають часткам суміші рух за складними круговими траєкторіями та забезпечують їхнє зіткнення у зустрічних потоках.

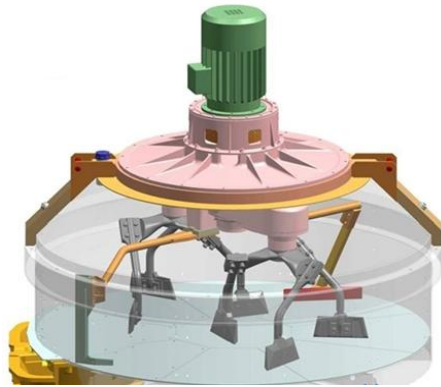


Рисунок 2. Конструкція серійного роторно-планетарного змішувача

Незважаючи на переваги, даний змішувач має низку істотних недоліків, серед яких складна кінематична схема машини, що знижує надійність експлуатації та призводить до підвищеного енергоспоживання, низька ефективність змішувальних лопатей. Плоска форма змішувальних лопатей спричиняє слабе перемішування у вертикальній площині та, як наслідок, до розшарування готової суміші. Це відбувається через те, що плоскі лопаті переміщують матеріали переважно в горизонтальній площині. Це явище веде до сегрегації суміші на вихідні компоненти, коли легкі та крупні частинки підіймаються у верхні шари, що особливо помітно при отриманні наджорстких сумішей.

4. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

З метою підвищення ефективності процесу змішування, зниження енергоємності та підвищення якості готового бетону, пропонується конструкція роторного змішувача примусової дії з модифікованою формою лопатей змішувального апарата (рисунок 3).

У змішувальній чаші 1 консольно, у підшипниковому вузлі, закріплена траверса 4 планетарного механізму 6. На ньому розташована зубчаста шестерня 5, на якій за допомогою регульованих за вильотом кронштейнів 7 зафіксовані неплоскі лопаті 8. Ці лопаті мають криволінійну поверхню, яка під час руху в масиві змішуваних компонентів сприяє наданню руху частинкам матеріалів гвинтової траєкторії переміщення. Кут встановлення лопатей варіюється в діапазоні від 15 до 60 градусів. Для завантаження вихідних компонентів зверху на змішувальній чаші монтується завантажувальний пристрій. У нижній частині змішувальної чаші для вивантаження готової бетонної суміші передбачено розвантажувальний люк, який закривається шибєрною заслінкою.

Оскільки лопаті встановлені під різними кутами до траєкторії свого переміщення, змішувані компоненти ініціюють рух не лише у вертикальній площині, а й у горизонтальній, забезпечуючи радіально-осьову циркуляцію від зовнішньої стінки змішувальної чаші та у зворотному

напрямку. Цей ефект дозволяє інтенсифікувати процес змішування при отриманні готової бетонної суміші.

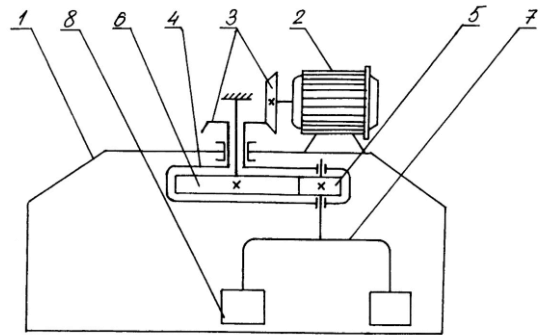


Рисунок 3. Конструкція роторно-планетарного змішувача з неплоскими лопатями: 1 – корпус; 2 – двигун; 3 – конічна передача; 4 – поворотна траверса; 5 – зубчаста шестерня; 6 – зубчасте колесо; 7 – кронштейн; 8 – змішувальні лопаті

Потрапивши під вплив лопатей 8 з неплоскою поверхнею, матеріал починає рухатися по гвинтовій траєкторії у вертикальній площині, а завдяки кутовому встановленню лопатей відносно траєкторії їх обертання – ще й у горизонтальній площині (уздовж поверхні лопатей). Матеріал, перемістившись до краю лопаті та зійшовши з неї, підхоплюється наступною лопаттю.

5. ВИСНОВКИ

Запропоноване технічне рішення має на меті суттєве підвищення енергетичної ефективності функціонування змішувального обладнання. Ключовим технічним ефектом є виключення мертвих зон у роторному змішувачі завдяки генерації всередині змішувальної чаші додаткових радіально-осьових циркуляційних потоків.

Список літератури

- [1] Auger F., Power Requirement for Mixing Shear-Thinning Fluids with a Planetary Mixer. *Chemical Engineering and Technology*. 2015. No.9. PP. 1543-1549.
- [2] Wallevik J. E. Analysis of shear rate inside a concrete truck mixer. *Cement and concrete research*. 2017. No.95. С. 9-17.
- [3] Kirca O. Effects of retempering on consistency and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing. *Cement and concrete research*. 2002. No.3. С. 441-445.
- [4] Ващенко К. М. Моделювання робочих процесів шнекового змішувача із застосуванням теорії подібності. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського*, 2007. Вип. 6(47), Ч. 1. С. 123-125.
- [5] Маслов О. Г., Саленко Ю. С. Визначення коефіцієнта опору перемішуванню бетонної суміші в змішувачі примусової дії. *Вісник Кременчуцького національного університету. Кременчук: КрНУ*. 2011. Вип. 3/2011 (68). С. 96–101.