

## Дослідження змішування сухих будівельних сумішей у лопатевому змішувачі

Петро Новохацький, студент<sup>1</sup> (ORCID: 0009-0009-7827-2202)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітряних сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

Наведено результати дослідження перемішування компонентів сухих будівельних сумішей у лопатевих змішувачах примусового перемішування. Проаналізовано вплив конструктивних параметрів лопатевого змішувача на ефективність перемішування, а також енерговитрати процесу за різних швидкостей обертального руху та конструкції робочого органу.

*Ключові слова:* сухі будівельні суміші, частота обертання, лопатевий змішувач, робочий орган.

### 1. ВСТУП

До сухих будівельних сумішей висуваються суворі технологічні вимоги. Склад таких сумішей ретельно розраховується і може включати різні компоненти, що відрізняються як за розміром часток, так і за реологічними властивостями. Для досягнення необхідних характеристик часто використовуються премікси, до яких додаються домішки у дуже малих кількостях – від 0,1 до 2%. Саме тому важливо застосовувати змішувачі, що забезпечують високу однорідність суміші. Вважається, що якість змішування є задовільною, якщо рівень неоднорідності не перевищує 7-10%.

### 2. МЕТА

Дослідити конструкцію робочого органу та процес змішування сухих будівельних сумішей з метою мінімізації енерговитрат та забезпечення ефективності процесу перемішування.

### 3. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

На сьогодні існує велике різноманіття змішувачів, які виробляються промисловістю, а також зразків, розроблених науково-дослідними інститутами, конструкторськими бюро, аспірантами та науковцями університетів, і фахівцями підприємств. Значна кількість конструкцій також представлена патентами та авторськими свідоцтвами. Одним із ключових завдань при проектуванні нових змішувачів є зниження питомих енерговитрат на процес змішування, зберігаючи при цьому відповідність отриманої суміші технологічним вимогам. Один із шляхів досягнення цього – вдосконалення робочих елементів змішувачів і оптимізація режимів їх роботи. Для визначення найбільш перспективних конструктивно-технологічних рішень було проведено аналіз наявних конструкцій.

До переваг лопатевих змішувачів зазвичай відносять:

- високу продуктивність, оскільки лопатеві змішувачі забезпечують рівномірне та швидке змішування сухих компонентів завдяки інтенсивній дії лопатей, що дозволяє отримати однорідну суміш за короткий час;
- лопатеві змішувачі мають відносно просту механічну конструкцію, що спрощує їх виготовлення, експлуатацію та ремонт. Низька кількість рухомих частин знижує ймовірність зносу або поломки.

– ці змішувачі можуть працювати з різними складами будівельних сумішей, включаючи суміші з різними розмірами часток та реологічними характеристиками, що робить їх універсальними для різних виробничих процесів.

– лопатеві змішувачі відрізняються порівняно низькими витратами на енергоспоживання в залежності від типу суміші, що змішується, а це важливо для зменшення загальних витрат на виробництво.

– конструкція лопатей дозволяє швидко завантажувати та розвантажувати матеріал, що знижує тривалість виробничих циклів.

Найбільшими недоліками лопатевих змішувачів слід вважати:

– нерівномірність змішування, яка може спостерігатися при великих об'ємах суміші через обмеження в ефективності змішування, особливо якщо частки мають значні відмінності в щільності або розмірах;

– знос лопатей при тривалому використанні, особливо при роботі з абразивними матеріалами, коли лопаті піддаються значному зносу, що може вимагати їх заміни або частого технічного обслуговування;

– вимоги до точності дозування добавок, оскільки лопатеві змішувачі можуть мати труднощі з рівномірним розподілом дуже малих кількостей добавок, таких як премікси, які використовуються у незначних дозах. Це вимагає більш точного контролю над дозуванням та процесом змішування.

– складнощі із повним очищенням змішувача, оскільки через конструкцію та робочий процес, після змішування можуть залишатися залишкові матеріали на стінках змішувача, що ускладнює очищення і може призвести до комбінації між партіями різних сумішей.

– під час змішування сухих компонентів може виділятися значна кількість пилу, що вимагає додаткових заходів щодо вентиляції або систем пиловловлення.

### 4. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Лопатевий змішувач з горизонтальним валом є одним із найпоширеніших змішувачів загального призначення, оскільки він здатний ефективно виконувати широкий спектр процесів змішування, включаючи змішування рідини, твердої речовини, а також рідини та твердої речовини. Звичайне промислове застосування цих змішувачів включає змішування порошкових компонентів та поєднання гравію і асфальту. Стрічковий змішувач періодичної дії зображено на рисунку 1. Рух лез стрічки біля стінок корпусу може

привести до точок защемлення, областей сильного зсуву та стиснення, що може пошкодити крихкі матеріали або спричинити стирання. Потужність цих змішувачів встановлюється розміром лопаті або шириною стрічки, яка повинна очистити верхню частину шару порошку, щоб змішати весь шар. Як і для багатьох конвективних змішувачів, інтенсивність зсуву може призвести до нагрівання, що може негативно вплинути на якість продукту.

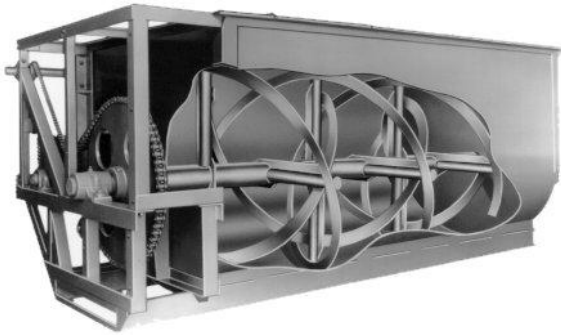


Рисунок 1. Конструкція змішувача для сухих будівельних сумішей

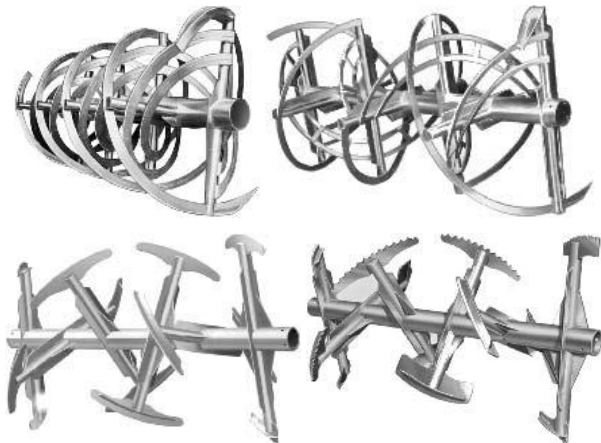


Рисунок 2. Конструкції робочих органів змішувачів сухих будівельних сумішей

Під час роботи звичайного лопатевого змішувача два набори лопатей або спіральних стрічкових лез транспортують матеріал у протилежних напрямках; зовнішні лопаті або стрічки транспортуватимуть матеріал до центру змішувальної ємності, тоді як внутрішні стрічки транспортуватимуть матеріал до кінців ємності (рисунок 2). Турбулентні конвективні потоки, викликані цими елементами, що обертаються протилежно, змішують різні компоненти. На відміну від багатьох барабанних змішувачів, лопатевий змішувач часто не повністю розвантажується під дією сили тяжіння, тому для завершення цього процесу потрібно додаткове обертання леза. Це може призвести до додаткового змішування, сегрегації та стирання, що необхідно враховувати під час проектування процесу.

З точки зору дизайну та масштабування, основна відмінність між двома типами змішувачів полягає в величині зсуву, який надається суміші під час процесу змішування. За відсутності підсилювачів, барабанні змішувачі

забезпечують середовище з низьким зсувом і використовуються, коли матеріали чутливі до зсуву або не агломеруються. Конвективні змішувачі надають суміші набагато більше зсуву, і їх, як правило, використовують для когезійних матеріалів. Деякі барабанні змішувачі оснащені високошвидкісним робочим органом, яке може значно збільшити зсувне середовище та дозволити змішувати деякі когезійні суміші. З точки зору виробництва перевагу часто надають барабанним змішувачам, оскільки вони мають широкий діапазон потужностей і мають коротший час очищення.

## 5. ВИСНОВКИ

Лопатеві змішувачі є ефективним і надійним вибором для виготовлення сухих будівельних сумішей, завдяки високій продуктивності, простоті конструкції та універсальності. Однак, їх використання може бути обмежене при обробці великих об'ємів або при необхідності роботи з дуже дрібними добавками. Важливо також враховувати можливий знос обладнання і забезпечувати належне обслуговування для підтримки їх ефективності.

## Список літератури

- [1] Fan L. T., Chen Y.-m., Lai F. S. Recent developments in solids mixing. *Powder Technology*. 1990. Vol. 61, no. 3. P. 255–287.
- [2] Forberg, H. Short note on modern mixing: theory and practice. *Powder Handl. Process*. 1992. Vol. 4(3), 318–320.
- [3] Weinekotter R., Gericke H. *Mixing of Solids*, Kluwer, Dordrecht. The Netherlands. 1999.
- [4] Auger F., Power Requirement for Mixing Shear-Thinning Fluids with a Planetary Mixer. *Chemical Engineering and Technology*. 2015. no.9. P. 1543-1549
- [5] Баранов Ю. О., Клименко М. О. Критерії вибору змішувача сухих будівельних сумішей. *Техніка будівництва*. 2012. №28. С. 34-40.
- [6] 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.