

УДК 621.8

**Р.М. Рогатинський, д-р. техн. наук, проф., І.Б. Гевко, д-р. техн. наук, проф.,
Д.В. Дмитрів, канд. техн. наук, доц., В.З. Гудь, канд. техн. наук, доц.**
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ГВИНТОВІ КОНВЕЄРИ-ЗМІШУВАЧІ

**R. Rogatynskiy, Dr., Prof., I. Hevko, Dr., Prof., D. Dmytriv, Ph.D., Assoc Pprof.,
V. Gud, Ph.D., Assoc. Prof.**

SCREW CONVEYORS-MIXERS

При транспортуванні сипкого вантажу (суміші) тихохідними гвинтовими конвеєрами проходить його перемішування, а тому на практиці вони використовуються в різних технологічних процесах для поєднання операцій транспортування і змішування. Проте інтенсивність процесу перемішування типовими гвинтовими конвеєрами-змішувачами (ГКЗ) є незначною. Для підвищення інтенсивності змішування гвинтовий робочий орган виконують лопатево-секційним, гофрованим, з вікнами тощо. [1] Проте недоліком таких ГКЗ є їх підвищена енергоємність та нестабільність процесу транспортування та змішування.

З метою вибору раціональної схеми ГКЗ, розглянемо процес переміщення ними суміші. Об'ємна продуктивність ГКЗ при усталеному режимі роботи визначається так, як для тихохідних конвеєрів:

$$Q = \varphi_T \psi_T S_k v_{zT} = \frac{\varphi_T \psi_T \omega T (D^2 - d^2)}{8}, \quad (1)$$

де v_{zT} - ідеальна (максимальна) осьова швидкість суміші в ГКЗ; S_k - площа поперечного живого перерізу кожуха ГКЗ; φ_T - коефіцієнт заповнення ГКЗ; ψ_T - коефіцієнт впливу пересипання суміші через вал шнека та зазори; ω - кутова швидкість гвинта; D , d та T - зовнішній та внутрішній діаметри та крок гвинтової стрічки.

Дослідження якісних характеристик процесу змішування, як правило, базується на встановленні реакції моделі на стандартне збурення, яке часто описується як імпульс за допомогою дельта - функції Дірака $\delta(t)$. На практиці, для встановлення основних характеристик процесу змішування, зокрема оцінки згладжуючої здатності змішувачів, використаємо метод імпульсного збурення, який полягає у миттєвому введенні індикатора на вхід ГКЗ та встановленні закону зміни в часі концентрації індикатора на його виході.

Для оцінки згладжуючої здатності ГКЗ розіб'ємо зону змішування на n_k комірок, які, в системі координат ГКЗ обмежуються нижніми поверхнями гвинта в початковий час t_0 . Тобто кількість комірок відповідає кількості проміжків довжиною $\Delta T = T / k$ між сусідніми витками, де k - кількість заходів для багатозахідних шнеків. Позначимо об'єм введеного індикатора g_i . Оскільки об'єм комірки становить $V_k = 0,25\pi\Delta T(D^2 - d^2)$, то початкова, середня по першій комірці, об'ємна концентрація індикатора після його введення становить:

$$C_0 = \frac{4g_i}{\pi\varphi_T\Delta T(D^2 - d^2)}. \quad (2)$$

Час проходження частинкою індикатора однієї комірки становить:

$$t_\Delta = \frac{\Delta T}{v_z} = \frac{2\pi}{k_T\omega}. \quad (3)$$

Прийmemo величину t_Δ за проміжок (імпульс) часу, рівний одиниці, а кількість

таких проміжків позначимо величиною n_p . Нехай в початковий момент часу ($n_p = 0$) весь індикатор знаходиться в нульовій комірці, а його початкова відносна концентрація $C_0(t_\Delta) = 1$. Для ГКЗ ймовірність того, що за один проміжок часу частинка індикатора захопиться гвинтовою стрічкою і перенесеться в наступну комірку, становить $p = \psi_T$, а ймовірність того що частинка індикатора залишиться в попередній комірці становить $q = 1 - p = 1 - \psi_T$. За наступний проміжок часу знову частка p індикатора з попередньої комірки перенесеться в наступну. Відповідно, до n_k -ої комірки індикатор може досягнути не менше, ніж через $n_p = n_k$ проміжків, що узгоджується із максимальною швидкістю v_{zT} руху суміші..

Згідно [2] в j -ій комірці в момент часу n_p безрозмірна концентрація буде:

$$C_j(n_p) = C_{n_p}^j p^j q^{n_p-j} = C_{n_p}^j \psi_T^j (1 - \psi_T)^{n_p-j}, \quad (4)$$

де $C_{n_p}^{n_k} = \frac{n_p!}{n_k!(n_p - n_k)!}$ - сполучення n_k елементів із множини n_p .

Нехай кормозмішувач довжиною L має $n_k = L/(kT)$ - комірок. Тоді в час $t_k = n_k t_\Delta$ індикатор з'являється на виході з концентрацією $C_e(t_{n_k}) = C_{n_k}^{n_k} \psi_T^{n_k}$. В час $t_{k+1} = (n_k + 1)t_\Delta$ безрозмірна концентрація на виході ГКЗ становитиме $C_e(t_{n_k+1}) = C_{n_k+1}^{n_k} \psi_T^{n_k} (1 - \psi_T)$, а в довільний час $t_p = n_p \Delta t$ безрозмірна концентрація становитиме: $C_e(t_{n_p}) = C_{n_p}^{n_k} \psi_T^{n_k} (1 - \psi_T)^{n_p - n_k}$.

В розмірних одиницях концентрація індикатора на виході описується С-кривою, що характеризує згладжуючи здатність ГКЗ:

$$C_e(t_i) = C_0 C_e(t_p) = \frac{4g_i C_e(t_p)}{\pi \rho_T \Delta T (D^2 - d^2)}. \quad (5)$$

Чим менше максимальне значення похідної $d[C_e(t_i)]/dt$, тим більша згладжуючи здатність ГКЗ. Аналіз залежностей (4), (5) показує, що закон зміни концентрації $C_e(t_i)$ визначається вибором параметрів ψ_T , L та k .

Побудована модель дозволила зменшити кількість варіантів пошуку раціональних конструкцій гвинтових конвеєрів-змішувачів при їх структурно-параметричному синтезі, за результатами якого розроблено нову конструкцію ГКЗ з перфорованою зовнішньою кромкою гвинтової стрічки, що характеризується рівномірним розподілом компонентів у потоці, високою згладжуючою здатністю та, відповідно, рівномірним розподілом концентрації компонентів в часі на виході із змішувача, а також мінімальними енерго-та матеріалоємністю.

Література

1. Рогатинський Р.М., Капаціла Ю.Б., Дмитрів Д.В. Змішувач комбікормів// Збірник наукових праць національного аграрного університету. Механізація сільськогосподарського виробництва. – Том № 7. – К. : Видавництво НАУ, 2000. – С. 156 – 159.
2. Рогатинський Р. М. Моделювання роботи малогабаритного лопатевогвинтового змішувача / Р. М. Рогатинський, І. Б Гевко, Д. В. Дмитрів // Сільськогосподарські машини: зб. наук. статей. – Луцьк, 2000. – Вип. 6. – С. 129–135.