

## РАЦІОНАЛЬНЕ КОМПОНУВАННЯ ЛІНІЙНИХ ВАГОВИХ ДОЗАТОРІВ ДЛЯ СІПКОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

*Точність дозування – основний критерій ефективності лінійних вагових дозаторів. Важливий параметр по відношенню до продуктивності, метрологічних характеристик дозатора, його структури, компоновочної схеми, конструкційних виконань окремих елементів для конкретних видів сипкої продукції.*

*В даній статті проведено дослідження залежності точності дозування від зміни розташування зважувальної місткості. Визначено раціональне розташування зважувальної місткості при якому похибка буде мінімальною.*

**Ключові слова:** сипка продукція; лінійний ваговий дозатор; точність дозування; динамічна похибка дозування; зважувальна місткість.

Сьогодні на вітчизняному ринку обладнання для пакування сипкої продукції у споживчу тару домінують лінійні вагові дозатори. Вони мають ряд переваг порівняно з іншими дозувальними пристроями: оптимальні співвідношення між вартістю, точністю дозування і продуктивністю.

У загальному вигляді структуру сучасного вагового дозатора для сипкої продукції можна навести сукупністю окремих елементів, кожний з яких виконує окремі функції операції дозування (рис. 1). Сипка продукція безперервно або періодично подається у приймальний бункер 1, звідки живильником 2 (транспортна система) відбирається і переміщається до місткості 3 де набирається доза. Вага продукції, що набирається у місткості 3, вимірюється датчиком ваги 4 і контролюється системою керування 5. В сучасних зразках пакувального обладнання система керування 5 включає контролер та аналого-цифровий перетворювач.

При наблизненні маси продукції, яка знаходиться у зважувальній місткості до величини заданої дози, система керування 6 переводить транспортну систему 2 і регульовану заслінку 7 в бункері 1 у режим повільної контрольованої подачі і при досягненні заданої дози зупиняє транспортну систему.

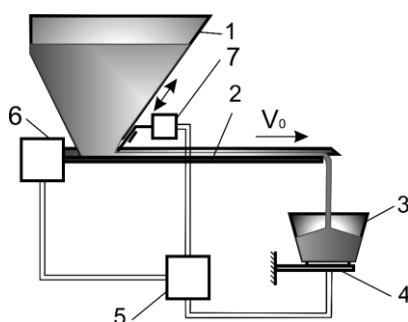


Рис. 1. Структурна схема вагового дозатора для сипкої продукції

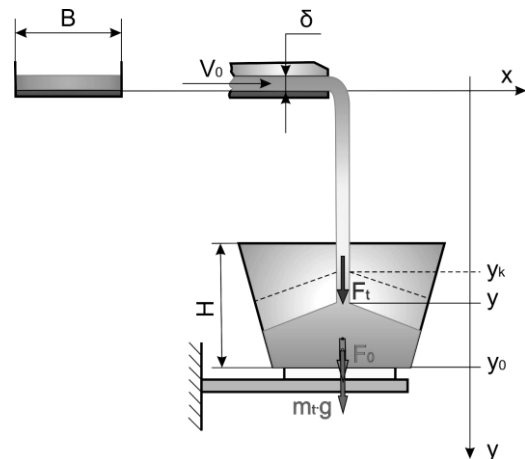


Рис. 2. Схема навантаження датчика вимірювання ваги зважувальної місткості з продукцією

Точність дозування – основний критерій ефективності дозаторів, є важливим параметром по відношенню до продуктивності, метрологічних характеристик дозатора, його структури, компоновочної схеми, конструкційних виконань окремих елементів для конкретних видів сипкої продукції.

У науковій праці [3] виділено три типи похибок і відповідно три джерела похибок дозування: дрейфова, яка характеризується пусковими режимами дозатора, статична – обумовлюється похибкою датчиків, неточністю виконання конструктивних елементів зважувальної системи тощо, динамічна - викликана перехідними процесами в тензодатчиках під час падіння продукції в зважувальну місткість. Крім того динамічна похибка має дві складові: режимну і власну. Власна похибка обумовлена особливостями сипкої продукції і її взаємодії з робочими органами дозатора. Зменшити її конструктор практично не може. А тому основною складовою похибки дозування є режимна похибка.

Один із способів зменшення режимної похибки дозування – раціональне розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника. А тому метою проведених досліджень було визначення раціонального розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника при різних конструкційних виконаннях живильника та при дозуванні легкоплинної сипкої продукції.

Для визначення раціонального розташування зважувальної місткості прийнято такі припущення: сипка продукція – незв’язна, дрібнофракційна, переміщення якої в зважувальну місткість можна розглядати за законами гідравліки; інтенсивність подачі продукції живильником є сталою величиною, тобто:  $V_0 = \text{const}$ ,  $\gamma = \text{const}$ ,  $\delta = \text{const}$ , де  $V_0$  – швидкість робочого органу живильника;  $\gamma$  – питома вага продукції;  $\delta$  – висота шару продукції на живильнику).

У процесі набору дози продукції датчик вимірювання ваги навантажується як сталими масами, так і змінною масою продукції, яка подається у зважувальну місткість [4].

Повне зусилля на датчик ваги  $F_{\Sigma}$  визначається сумою сталого статичного і змінного динамічного навантаження (рис. 2):

$$F_{\Sigma} = F_c + F_{\delta}, \quad (1)$$

де  $F_c$  – статичне навантаження на датчик від ваги зважувальної місткості;  $F_{\delta}$  – повне змінне навантаження від продукції, що подається у зважувальну місткість.

Контроль процесу формування дози продукції у зважувальній місткості зводиться до вимірювання повного змінного навантаження  $F_{\delta}$ , яке визначається сумою миттєвої ваги продукції, що знаходиться у зважувальній місткості, і динамічного тиску від продукції, що подається у місткість:

$$F_{\delta} = m_t \cdot g + F_t, \quad (2)$$

де  $m_t$  – поточне значення маси продукції у зважувальній місткості,  $0 \leq m_t \leq M_{\delta}$ ;  $M_{\delta}$  – задана маса дози;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $F_t$  – динамічний тиск потоку продукції на зважувальну місткість.

Поточне значення величини маси продукції у зважувальній місткості визначається:

$$m_t = P \cdot t, \quad (3)$$

де  $t$  – тривалість операції дозування.

Інтенсивність подачі продукції живильником  $P$ :

$$P = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot t, \quad (4)$$

де  $B$  – ширина потоку продукції, що подається живильником

Основною складовою навантаження на датчик ваги  $F_{\Sigma}$ , що буде впливати та точність зважування, є динамічний тиск потоку продукції на зважувальну місткість  $F_t$ :  $F_t = P \cdot V_y$ ,

де  $V_y$  – швидкість переміщення потоку продукції в момент її контакту з продукцією, яка вже знаходиться в зважувальній місткості,  $V_0$  – швидкість переміщення продукції живильником.

Для компоновки дозатора представленого на рис. 2, за незначних значень  $\delta$ , з врахуванням прийнятих припущень:

$$V_y = \lambda \cdot (2 \cdot g \cdot y)^{0,5}, \quad (6)$$

де  $\lambda$  – аеродинамічний коефіцієнт опору повітря потоку продукції,  $y$  – поточне значення рівня вершини гірки продукції що перемістилась в мірну місткість.

Значення  $F_t$  відображає зовнішнє навантаження на датчик ваги, але воно не відображає реальну кількість продукції що переміститься у зважувальну місткість після зупинки живильника. Для забезпечення відповідності цих навантажень потрібно щоб виконувалась умова:

$$F_t = m_0 \cdot g, \quad (7)$$

де  $m_0$  – маса продукції, що знаходиться у стані переміщення після зупинки живильника.

Для схеми дозатора, представленої на рис.2:

$$m_0 = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot y. \quad (8)$$

Вирішивши систему із рівнянь (5 та 9) отримано рівняння вигляду:

$$y = 2 \cdot (\lambda \cdot V_0)^2 / g. \quad (9)$$

На завершальному етапі формування дози (досипання) можна вважати, що  $y=y_k$ , тоді:

$$y_k = 2 \cdot (\lambda \cdot V_0)^2 / g. \quad (10)$$

Якщо допустити, що зважувальна місткість заповнюється на  $(2/3)H$ , то:

$$y_0 = y_k + (2/3)H = 2 \cdot (\lambda \cdot V_0)^2 / g + (2/3)H, \quad (11)$$

де  $y_0$  – рівень розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції живильником;  $H$  – висота зважувальної місткості.

Відповідно до формули (11) основним параметром, що визначає раціональне розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції живильником, є швидкість руху продукції в момент її сходження з несучої площини живильника.

У результаті проведеного дослідження були отримані формули для визначення раціонального розташування зважувальної місткості для різних видів живильників (табл.1) та величини режимної складової динамічної похибки дозування при відхиленні розташування зважувальної місткості від раціонального значення (табл.2).

Для вихідних даних, що відповідають реально діючим зразкам лінійно вагових дозаторів, за формулами наведеними в табл.1 побудовані графіки зміни значення раціонального розташування зважувальної місткості відносно швидкості переміщення продукції живильником та кута нахилу робочого органу живильника до горизонту.

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що за рахунок раціонального розташування зважувальної місткості можна зменшити значення режимної похибки дозування. Одним із технічних рішень для регулювання положення зважувальної місткості відносно поверхні робочого органу живильника може бути встановлення зважувальної системи на приводні рухомі напрямні за допомогою яких здійснюється відповідне керування.

Табл.1. Формули для визначення раціонального розташування зважувальної місткості

Тип і компоновка живильника	Формули
Горизонтальний вібраційний живильник	$y_k = 2 \cdot (\lambda \cdot V_0)^2 / g$
Похилий вібраційний живильник	$y_k = \lambda \cdot V_0^2 \cdot \{ \lambda + [(\lambda^2 + \sin^2(\alpha))]^{0,5} \} / g$
Горизонтальний стрічковий живильник	$y_k = (\lambda \cdot V_0)^2 / g + R - 0,5\pi \cdot (0,5\delta + R) + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2 \cdot (I + \lambda^2) - \pi \cdot g \cdot (0,5\delta + R)]^{0,5} / g$
Похилий стрічковий живильник	$y_k = (\lambda \cdot V_0)^2 / g + R - \pi \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2 \cdot (I + \lambda^2) - 2\pi \cdot g \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + 4g \cdot R \cdot \sin^2(0,5\alpha)]^{0,5} / g$
$\alpha$ – кут нахилу живильника до горизонту; $R$ – радіус приводного барабану стрічкового живильника.	

Табл.2. Формули для визначення величини режимної складової динамічної похибки дозування при відхиленні розташування зважувальної місткості від раціонального значення

Тип і компоновка живильника	Формули
Вібраційний живильник	$\Delta = \gamma \cdot \delta \cdot B \cdot   y \cdot g - \lambda \cdot V_0 \cdot (V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2 \cdot y \cdot g)^{0,5}   / (M_0 \cdot g) \cdot 100$
Стрічковий живильник	$\Delta = \gamma \cdot \delta \cdot B \cdot   \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2 + 2 \cdot g \cdot (y - R \cdot \cos \alpha)]^{0,5} - g \cdot (y - R + (0,5 \cdot \pi) / (2 \cdot \pi)) \cdot (2 \cdot \pi \cdot R + \pi \cdot \delta)   / (M_0 \cdot g) \cdot 100$

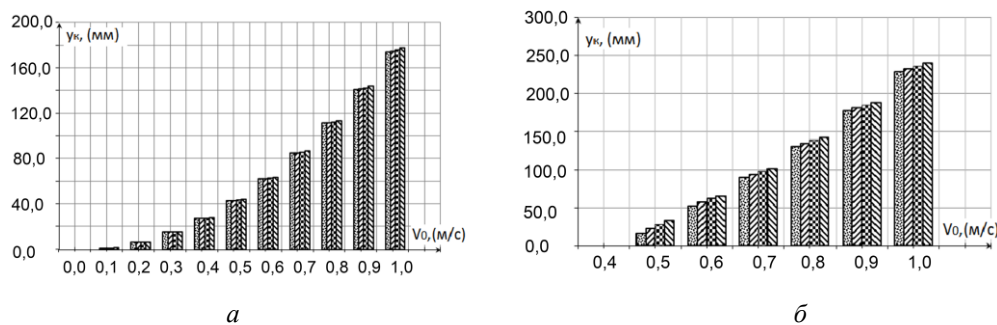




Рис. 3. Зміна значення раціонального розташування зважувальної місткості від швидкості переміщення продукції а) вібраційним, б) стрічковим живильником при різних їх розташуваннях відносно горизонту:

1.   $\alpha = 0^\circ$ ; 2.   $\alpha = 5^\circ$ ; 3.   $\alpha = 10^\circ$ ; 4.   $\alpha = 15^\circ$ .

#### Список використаної літератури

1. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / К.: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.
2. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов / Л.: Химия, 1990. – 240 с.
3. Овчаренко А.И., Серeda А.Д., Шапиро М.В. Погрешность дозирования сыпучих продуктов / Упаковка. –2007. – N 1. — с. 44-47.
4. Масло М.А. Вдосконалення вагових дозаторів / Упаковка. – 2003. – № 28. – с. 29.

Стаття надійшла до редакції

### Рациональная компоновка линейных весовых дозаторов для сыпучей пищевой продукции

Гавва О.М., Дереновская А.В., Масло Н.А.

Национальный университет пищевых технологий

Точность дозирования - основной критерий эффективности линейных весовых дозаторов. Важный параметр по отношению к производительности, метрологическим характеристикам дозатора, его структуры, компоновочных схем, конструкционных исполнений отдельных элементов для конкретных видов сыпучей продукции.

В данной статье проведено исследование зависимости точности дозирования от изменения положения взвешивающей емкости. Определено рациональное расположение взвешивающей емкости, при котором погрешность будет минимальной.

**Ключевые слова:** сыпучая продукция; линейный весовой дозатор; точность дозирования; динамическая погрешность дозирования; взвешивающая емкость.

### The rational design of the linear gravimetric weightfeeder for granular food products

Gavva O, Derenivska A., Maslo M.

National University of Food Technologies

Exactness of dosage - the main criterion for the efficiency of linear gravimetric weightfeeder. An important parameter in relation to the performance, the metrological characteristics of the dispenser, its structure, layout schemes, structural performances of individual elements for specific types of granular products.

In this article is a study exactness of dosage of the dependence reposition the weigher capacity. The rational location weigher capacity at which the error will be minimal.

**Keywords:** granular products; linear gravimetric weightfeeder; exactness of dosage; dynamic error of dosage; weigher capacity.