

Раціональне розташування зважувальної місткості у вагових дозаторах для сипкої продукції

О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, М.А. Масло, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Сипка продукція займає значну частку серед загального обсягу продукції, що підлягає пакуванню у споживчу тару. Зважаючи на її велику різноманітність за структурно-механічними властивостями для її дозування застосовують як об'ємні, так і вагові способи відмірювання дози [1, 2].

На сьогодні на вітчизняному ринку обладнання для пакування сипкої продукції у споживчу тару домінують лінійні вагові дозатори. Цей факт пояснюється тим, що в таких дозаторах співвідношення між вартістю, точністю дозування і продуктивністю є оптимальним. Безумовно, існують більш продуктивні дозувальні системи, що забезпечують значно вищу точність дозування. Поряд із цим вартість композиційних дозаторів на порядок більша, а тому їхнє застосування має дещо обмежений характер. Таким чином, можна прогнозувати на найближчі роки розробку новітніх зразків лінійних вагових дозаторів.

Методологією вдосконалення дозаторів передбачається скорочення часу на розроблення нових дозаторів та дослідження їхніх характеристик на основі комплексного підходу до проектування. За основний критерій ефективності дозаторів доречно приймати точність дозування. За значенням точності дозування розробник декларує метрологічні характеристики дозатора для конкретних видів сипкої продукції. У загальному вигляді структуру сучасного вагового дозатора для сипкої продукції можна навести сукупністю окремих

елементів, кожен 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 переміщується до місткості 3, де набирається доза. Вага продукції, що набирається у місткості 3, вимірюється датчиком ваги 4 і контролюється системою керування 5. У сучасних зразках пакувального обладнання система керування 5 включає контролер та аналого-цифровий перетворювач. При наблизенні маси продукції, яка знаходиться у зважувальній місткості, до величини заданої дози, система керування 6 переводить транспортну систему 2 і регульовану заслінку 7 у бункері 1 у режим повільної контрольованої подачі і після досягнення заданої дози зупиняє транспортну систему.

Під час конструювання і дослідження лінійних вагових дозаторів для сипкої продукції та оцінювання їхніх метрологічних характеристик і шляхів підвищення точності й продуктивності важливо знати фактори, що впливають на точність дозування та їхній взаємозв'язок. Похибка дозування є важливим параметром по відношенню до продуктивності дозатора, його структури, компоновальної схеми, конструкційних виконань окремих елементів.

У науковій праці [3] виділено три типи похибок і, відповідно, три джерела похибок дозування. Перший тип

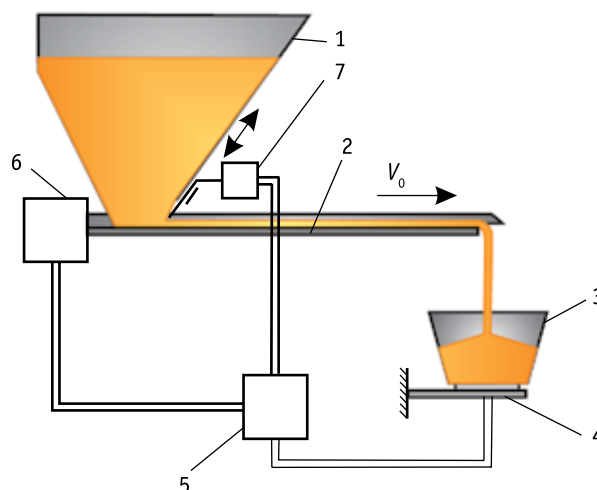


Рис. 1. Структурна схема вагового дозатора для сипкої продукції

похибок — дрейфовий, який характеризується пусковими режимами дозатора. До мінімуму цей вид похибок зменшують за рахунок введення затримок між вмиканням і початком дозування. Другий тип похибок — статичний, який обумовлюється похибкою датчиків, неточністю виконання конструктивних елементів зважувальної системи тощо. Цей тип похибок становить десяті частки відсотка від величини дози. Третій вид похибок — динамічний, який викликаний перехідними процесами в тензодатчиках під час падіння продукції у зважувальну місткість. Для її зменшення потрібні додаткові часові витрати (встановлення фільтрів, запрограмованих для визначення середнього значення ваги), що у свою чергу зменшує продуктивність дозатора.

Динамічна похибка має дві складові: режимна і власна. Режимна похибка залежить від швидкості подачі продукції, пропускного каналу живильника тощо. 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.

Авторами досліджень [3] встановлено, що основними заходами із зниження режимної похибки дозування є:

- збільшення відносної частки тривалості досипання;
- зменшення швидкості руху продукції під час швидкого і повільного наповнення зважувальної місткості;
- зменшення прохідного перерізу живильника за різних режимів наповнення зважувальної місткості;
- зменшення зазору між нижньою кромкою бункера і робочою поверхнею живильника;
- застосування спеціальних заходів із стабілізації шару продукції (багатоступеневе віброуцілювання, згладжування щітками, регулювання поперечного перерізу каналу бункера тощо);
- стабілізація тиску продукції в бункері на робочий елемент живильника.

Поряд із наведеними заходами, на погляд авторів цієї статті, важливою компонентою підвищення точності дозування

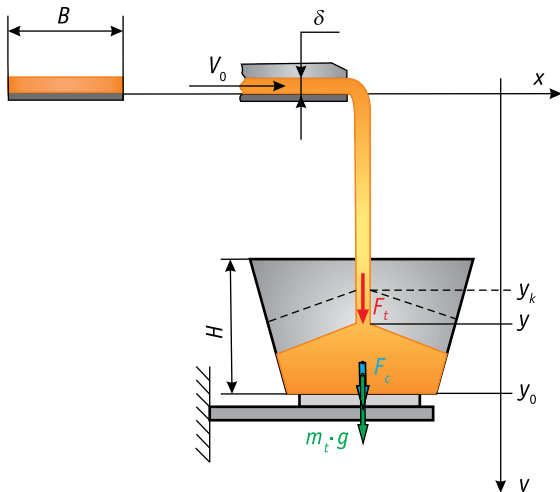


Рис. 2. Схема навантаження датчика вимірювання ваги зважувальної місткості із продукцією

і продуктивності є раціональне розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника. А тому метою проведених досліджень було визначення раціонального розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника за різних конструкційних виконань живильника та під час дозування легкоплинної сипкої продукції.

Для визначення раціонального розташування зважувальної місткості прийнято такі припущення: сипка продукція — незв'язна, дрібнофракційна, її переміщення у зважувальну місткість можна розглядати за законами гідравліки; інтенсивність подачі продукції живильником є сталою величиною, тобто: $V_0 = const$, $\rho = const$, $\delta = const$, де V_0 — швидкість робочого органу живильника; ρ — насипна питома маса продукції; δ — 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_Σ визначається сумою сталою 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_δ — 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_δ , 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_δ — 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:

$$m_t = P \cdot t = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot t, \quad (3)$$

де t — тривалість операції дозування, $0 \leq t \leq t_k$;

t_k — час формування заданої дози M_δ ;

P — інтенсивність подачі продукції живильником;

B — ширина потоку продукції, що подається живильником. Значення $m_t \cdot g$ визначає наявну кількість продукції у зважувальній місткості. І тому після припинення подачі продукції живильником датчик ваги буде сприймати навантаження:

$$F_\Sigma = F_0 + M_\delta \cdot g. \quad (4)$$

Формування і зважування дози здійснюється в часі, а тому основною складовою загального навантаження на датчик ваги, що буде впливати на точність зважування, є динамічний тиск потоку продукції на зважувальну місткість.

Таблиця.

Формули для визначення раціонального розташування зважувальної місткості

Тип і компонування живильника	Формули
Горизонтальний вібраційний	$y_k = 2(\lambda \cdot V_0)^2 / g$
Похилий вібраційний	$y_k = \lambda \cdot V_0^2 \cdot \{ \lambda + [(\lambda^2 + \sin^2(\alpha))]^{0,5} \} / g$
Горизонтальний стрічковий	$y_k = (\lambda \cdot V_0)^2 / g + R - 0,5\pi(0,5\delta + R) + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2(1 + \lambda^2) - \pi \cdot g(0,5\delta + R)]^{0,5} / g$
Похилий стрічковий	$y_k = (\lambda \cdot V_0)^2 / g + R - \pi(0,5\pi - \alpha) / 2\pi(\delta + 2R) + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2(1 + \lambda^2) - 2\pi \cdot g(0,5\pi - \alpha) / 2\pi(\delta + 2R) + 4g \cdot R \cdot \sin^2(0,5\alpha)]^{0,5} / g$

α — кут нахилу живильника до горизонту
 R — радіус приводного барабану стрічкового живильника

Величину динамічного тиску від потоку продукції на зважувальну місткість можна визначити за формулою:

$$F_t = P \cdot V_y = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot V_y, \quad (5)$$

де V_y — швидкість переміщення потоку продукції в момент її контакту із продукцією, яка вже знаходиться у зважувальній місткості;

V_0 — швидкість переміщення продукції живильником.

Для компонування дозатора, представленого на рис. 2, з урахуванням прийнятих припущень швидкість V_y буде дорівнювати:

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

де λ — аеродинамічний коефіцієнт опору повітря потоку продукції.

За незначних значень δ формулу (6) можна навести у вигляді:

$$V_y = \lambda(2g \cdot y)^{0,5}. \quad (7)$$

Підставивши формулу (7) у вираз (5), одержимо:

$$F_t = P \cdot V_y = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot \lambda(2g \cdot y)^{0,5}. \quad (8)$$

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:

$$F_t = m_0 \cdot g, \quad (9)$$

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

Для схеми дозатора, представленої на рис. 2:

$$m_0 = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot y. \quad (10)$$

Тоді вираз (9) після спрощення набуде вигляду:

$$y = 2(\lambda \cdot V_0)^2 / g. \quad (11)$$

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

$$y_k = 2(\lambda \cdot V_0)^2 / g. \quad (12)$$

Якщо припустити, що зважувальна місткість заповнюється на $2/3H$, то:

$$y_0 = y_k + 2/3H = 2(\lambda \cdot V_0)^2 / g + 2/3H, \quad (13)$$

де y_0 — рівень розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції живильником;

H — висота зважувальної місткості.

Відповідно до формули (13), 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.

Швидкість руху продукції в момент сходження з робочою поверхню живильника значною мірою залежить від конструкції та компонувань живильника. Для більшості лінійних вагових дозаторів застосовують вібраційні та стрічкові конвеєри, які розташовують горизонтально та під кутом до горизонту.

Формули для визначення раціонального розташування зважувальної місткості за різних конструкційних і компонувальних виконань живильників наведені в таблиці.

Для вихідних даних, що відповідають реально діючим зразкам лінійно вагових дозаторів, за формулами, наведеними

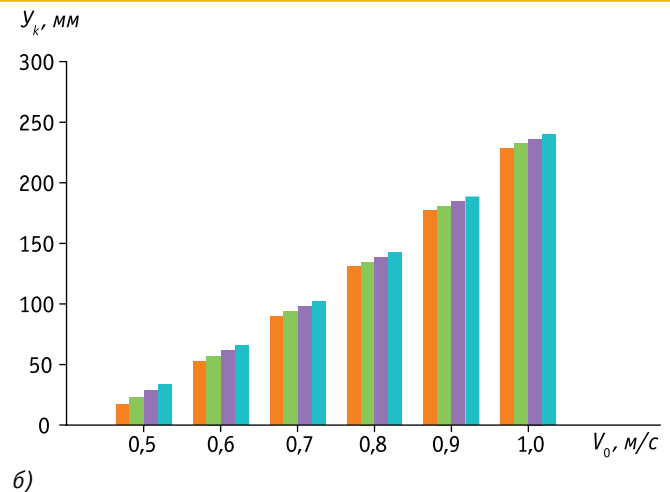
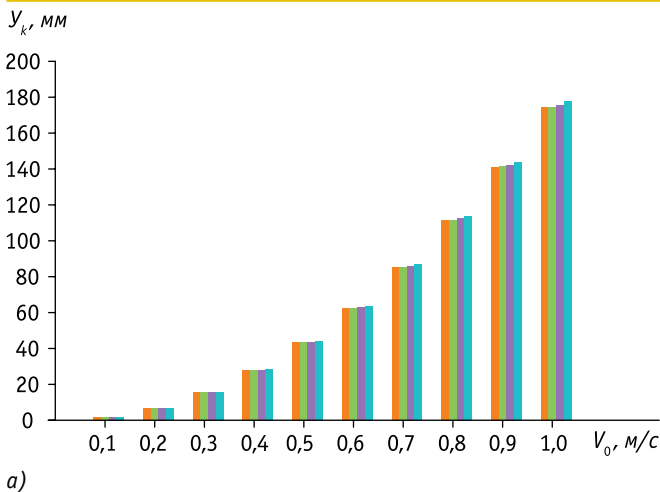


Рис. 3. Залежність значення раціонального розташування зважувальної місткості від швидкості переміщення продукції вібраційним (а) та стрічковим (б) живильниками за різних їхніх розташувань відносно горизонту: $\alpha = 0^\circ$ (■); $\alpha = 5^\circ$ (■); $\alpha = 10^\circ$ (■); $\alpha = 15^\circ$ (■)



в таблиці, побудовані графіки зміни значення раціонального розташування зважувальної місткості відносно швидкості переміщення продукції живильником та кута нахилу робочого органу живильника до горизонту.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що:

- зменшити до мінімуму вплив однієї із складових динамічної похибки дозування можна за рахунок раціонального розташування зважувальної місткості;
- одним з 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.

Література

1. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2008. — 436 с.
2. Катальмов А.В., Любатович 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. — № 1. — С. 44–47.
4. Масло М.А. Вдосконалення вагових дозаторів // Упаковка. — 2003. — № 28. — С. 29. ✓

Рациональное расположение взвешивающей емкости в весовых дозаторах для сыпучей продукции

А.Н. Гавва, д.т.н., А.В. Дереновская, Н.А. Масло, к.т.н.

Сегодня на отечественном рынке оборудования для упаковки сыпучей продукции в потребительскую тару доминируют линейные весовые дозаторы. Методологией усовершенствования дозаторов предусматривается сокращение времени на разработку новых дозаторов и исследование их характеристик на основе комплексного подхода к проектированию. В данной статье авторы привели результаты исследования по определению рационального расположения взвешивающей емкости в весовых дозаторах для сыпучей продукции. Такое расположение существенно уменьшит динамическую составляющую погрешности дозирования, что будет способствовать повышению производительности дозатора.

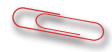
Ключевые слова: сыпучая продукция; линейный весовой дозатор; точность дозирования; динамическая погрешность дозирования; взвешивающая емкость.

Rational location of weigher capacity in gravimetric dosing units for granular products

O.M. Gavva, Dr., A.V. Derenivska, N.A. Maslo, Ph.D.

Linear gravimetric dosing units are prevailed at the equipment domestic market for packing granular products into consumer package today. Improvement methodology of dosing units are foresee reduction time for development new dosing units and research their characteristics on the basis of the comprehensive engineering. In this article authors brought research results of determination rational location of weigher capacity in gravimetric dosing units for granular products. Such location will substantially decrease the dynamic dosage error constituent, that will assist the increase dosing units productivity.

Key words: granular products; linear gravimetric dosing unit; exactness of dosage; dynamic error of dosage; weigher capacity.



Украина, 49130, г. Днепропетровск,
ул. Березинская, 80
Тел.: +38 (056) 370-28-11, 31-24-06
Факс +38 (056) 370-28-15
e-mail: ader@ader.dp.ua
www.ader.dp.ua



ООО «Восточная торговая компания»

Компания «ТМ Адер Украина» работает на рынке Украины с 1996 г. и является одним из лидеров по производству полимерной тары.

Используя накопленный опыт, компания «ТМ Адер Украина» предлагает комплексные решения — от проектирования стандартной и эксклюзивной тары по эскизам, макетам клиентов до изготовления и поставок тары, отвечающей индивидуальным требованиям заказчика.

Компания «ТМ Адер Украина» установила две экструзионно-выдувные машины фирмы Kautex — мирового лидера по производству выдувного оборудования. Комплектация их пресс-формами для производства новых канистр немецкого качества, не имеющих аналогов в Украине, а также автоматической системой контроля качества исключает возможность образования брака готовой продукции.

Производство полимерной тары для хранения и транспортирования сыпучих и жидких веществ ориентировано на все отрасли производства. Широко применяются бутылки и канистры для кислот, щелочей, солей, тара из ПЭНП и ПЭТФ для пищевых продуктов и напитков.

Тара компании «ТМ Адер Украина» — это защита качества продукции в течение всего срока ее хранения и ее безопасное транспортирование конечному потребителю.

