

Шляхи підвищення точності дозування сипкої харчової продукції дозаторами дискретної дії

А.В. Павлюк, О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, НУХТ, м. Київ

Підвищення точності дозування сипких харчових продуктів є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого зменшує ризики виробника і покупця пакованої харчової продукції. Вирішення такого завдання полягає у вдосконаленні технології, складових елементів та їх компонувань у дозувальних фазувальних модулях пакувальних машин. Аналіз та оцінювання метрологічних характеристик цих модулів, їх продуктивності для конкретних типів та видів сипкої продукції дають можливість визначати шляхи підвищення точності дозування.

На сьогодні виділено два основних способи дозування сипкої продукції: об'ємний та ваговий [1]. До об'ємних способів відносять потоковий та з корегуванням за заданим параметром. Використання об'ємного способу дозування здебільшого суттєво спрощує операцію дозування та дає можливість забезпечити значну продуктивність пакувальних машин. До вагових способів дозування відносять комбінований (об'ємно-ваговий, ваговий подвійної дії) та комбінаційний (зважування частин дози в статичних умовах). За ваговим способом дозування виділяють три види похибок (три джерела похибок дозування):

- **дрейфовий.** Цей тип похибок характеризується пусковими режимами дозувального пристрою. Досягає мінімального значення під час введення затримок між вмиканням і початком дозування. Введення затримок зменшує продуктивність пристрою.
- **статичний.** Обумовлюється неточністю виконання конструктивних елементів зважувальної системи тощо. За нинішнього рівня технології машинобудування цей тип похибок становить десятку частину відносної похибки.
- **динамічний.** Викликаний перехідними процесами у зважувальній системі під час переміщення сипкої продукції у зважувальну ємність. Для його зменшення потрібні додаткові часові витрати (встановлення фільтрів, запрограмованих для визначення середнього значення ваги). Цей захід також зменшує продуктивність дозувального пристрою.

Динамічна похибка має дві складові: режимну і власну. Режимна похибка залежить від інтенсивності подачі продукції, площі перетину випускного каналу бункера, стабільності потоку тощо. Власна похибка обумовлена фізико-механічними властивостями сипкої продукції та її взаємодією з робочими органами дозатора. Зменшити її конструктор практично не може. Тому основною регульованою складовою похибки дозування є режимна похибка.

На сьогодні існують такі шляхи підвищення точності вагового дозування: технологічні та конструкційні [2].

Технологічний шлях умовно можна поділити на: застосування додаткових енергетичних збурень для стабілізації об'ємної маси продукції та її сипучості (вібраційний, механічний, аераційний, відцентровий, електромагнітний впливи

тощо); зміну способу формування складових дози продукції (об'ємно-ваговий, ваговий подвійної дії, комбінаційний).

Конструкційний напрям передбачає визначення оптимальних значень геометричних параметрів бункера, його випускного каналу, живильника, зважувальної ємності та встановлення стабілізаторів переміщення продукції живильником у зважувальну ємність тощо. До конструкційного напрямку можна також віднести вибір системи зважування (електромеханічна, тензометрична, ємнісна тощо) та системи оброблення і керування дозуванням.

Застосування таких шляхів підвищення точності дозування вимагає визначення та встановлення індивідуальних технологічних режимів для конкретної сипкої продукції і дозувального пристрою. Це складно забезпечити в реальних виробничих умовах, особливо у разі переходу з дозування одного виду продукції на іншу чи зміни величини потрібної дози.

Крім того, слід зазначити, що між точністю дозування та продуктивністю існує певна функціональна залежність. Здебільшого точність дозування зменшується, продуктивність збільшується. Пошук оптимального критерію відповідності цих двох параметрів для конкретного виду сипкої продукції дасть можливість створювати ефективні зразки дозаторів вагової дії.

Дозатори, що реалізують об'ємний спосіб дозування сипкої продукції, здебільшого характеризуються низькою точністю дозування. Це зумовлено впливом різних факторів, які вносять систематичні і випадкові похибки.

Сучасні шляхи підвищення точності об'ємного дозування умовно можна поділити на технологічні та конструкційні [3]. Конструкційні шляхи переважно передбачають оптимізацію геометричних параметрів бункера, мірної ємності, статичних стабілізаторів тощо. До технологічних шляхів, поряд із введенням додаткових енергетичних збурень для стабілізації насипної об'ємної маси сипкої продукції та її сипучості, можна віднести потоковий та роздільно-порційний спосіб дозування. Потоківий спосіб – високопродуктивний, потребує застосування відповідних витратомірів із запірною арматурою та системою керування. Потоківий спосіб формування дози має обмеження щодо застосування для відповідних груп сипкої продукції (різна об'ємна маса частинок, різний гранулометричний склад продукції тощо).

Роздільно-порційний спосіб дозування полягає в тому, що потрібна доза сипкої продукції відміряється не однією, а декількома окремими порціями із подальшим їх об'єднанням у потрібну дозу. При цьому частина порції буде відміряна з недобором до номінальної маси, а інша частина – з перевищенням маси за номінальне значення. Під час об'єднання порцій у потрібну дозу неточність відмірювання окремих порцій частково взаємно компенсується, чим підвищується точність дозування. Такий спосіб успішно застосовують у машинах для пакування в'язких харчових продуктів. Прототипи таких машин розроблено і для сипкої продукції. Для підвищення продуктивності дозувальних пристроїв, що реалізують роздільно-порційний спосіб дозування, розроблено трубчато-тарілчатий стаканчиковий дозатор (рисунок). Така конструкція об'єднує позитивні характеристики стаканчикового, трубчатого дозаторів та роздільно-порційний спосіб дозування.

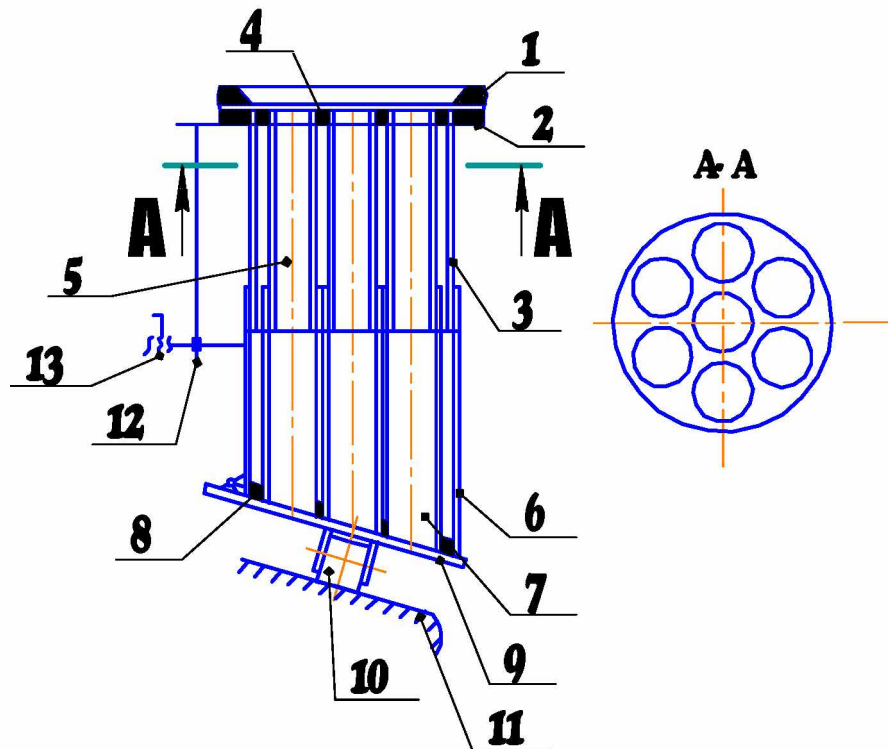


Рисунок. Схема трубчато-телескопічного стаканчикового дозатора: 1 – днище бункера; 2 – рухома пластина; 3 – верхній стакан; 4 – дно верхнього стакана; 5 – верхні труби; 6 – нижній стакан; 7 – нижні труби; 8 – дно нижнього стакана; 9 – заслінка; 10 – ролик; 11 – копір; 12 – напрямна; 13 – механізм переміщення нижнього стакана

Як встановлено [3], точність дозування за роздільно-порційним способом дозування визначається:

$$\Delta M_{p/n} = \frac{\Delta M}{\sqrt{n}},$$

де ΔM – похибка однопорційного дозування; n – кількість порцій: $n = \frac{W}{W_n}$; де

W – об’єм дози; W_n – об’єм продукції в одній трубці:

$$W_n = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \left(h_i + \frac{1}{2} d \cdot \operatorname{tg} \alpha \right);$$

де h_i – висота i -ї труби; d – внутрішній діаметр труби, який визначається з умови переміщення сипкої продукції $d > d_{\min} \frac{4\tau_0(1 + \sin \varphi)}{\rho \cdot g}$; τ_0 – датчик

напруження зсуву продукції; ρ – кут природнього укосу продукції; φ – об’ємна маса продукції; g – прискорення вільного падіння; α – кут встановлення заслінки.

Вибір раціональної кількості труб у дозаторі залежить від технологічної складності виготовлення та схеми їх розташування. За цими критеріями доречно розміщувати труби в циліндричних стаканах і за коловою схемою. Кількість труб у стакані можна визначити з виразу: $n=1+6!$

Із умови мінімального опору переміщення продукції з бункера в труби, технологічності виготовлення можна рекомендувати: $n = 7$. За такого значення n :

$$\Delta M_{p/n} = \frac{\Delta M}{\sqrt{7}} = 0,38\Delta M.$$

Коефіцієнт точності роздільно-порційного дозування можна визначити [2]:

$$K_T = \frac{2\Delta M}{\sqrt{nT}} = \frac{2\Delta M}{\sqrt{7T}} = 0,76 \frac{\Delta M}{T},$$

де T – поле допуску на масу дози продукції.

Висновки

На основі аналізу факторів, що впливають на точність дозування сипкої продукції, виділено два основні шляхи її підвищення: конструкційний та технологічний. Запропоновано та обґрунтовано ефективність трубчато-телескопічного стаканчикового дозатора, що реалізує роздільно-порційний об'ємний спосіб.

Література

1. *Гавва О.М.* Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко // За ред. О.М. Гавви. – Київ: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.
2. *Бондарчук Д.В.* Розробка об'ємних дозувальних пристроїв підвищеної точності для сипких речовин / Д.В. Бондарчук // Наукові нотатки. – Луцьк, 2012. – № 37. – С. 45–49.
3. *Пальчевський Б.О.* Аналіз точності роздільно-порційного об'ємного дозування сипких матеріалів / Б.О. Пальчевський, Д.В. Бондарчук // Наукові нотатки. – Луцьк, 2010. – № 28. – С. 398–402.