

УДК 621.798

Д.В. Бондарчук

Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА ОБ'ЄМНИХ ДОЗУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ ДЛЯ СИПКИХ РЕЧОВИН

В роботі розглянуті теоретичні і експериментальні аспекти вивчення впливу конструктивних і технологічних параметрів дозувального пристрою на точність об'ємного дозування, а також розроблені за результатами проведених досліджень конструкції дозувальних пристроїв підвищеної точності.

Ключові слова: дозування, допуск, маса, пакування, похибка, пристрій, точність.

Вступ

Основним недоліком існуючих конструкцій об'ємних дозувальних пристроїв, які завдяки своїй високій продуктивності найбільш широко використовуються у пакувальному обладнанні, є низька точність, що зумовлено впливом різних факторів, які вносять систематичні і випадкові похибки. Існуючі шляхи підвищення точності об'ємного дозування (рис.1) переважно спрямовані на стабілізацію насипної густини дозованої сипкої речовини в бункері або мірці дозувального пристрою на етапі заповнення мірки сипкою речовиною [1].

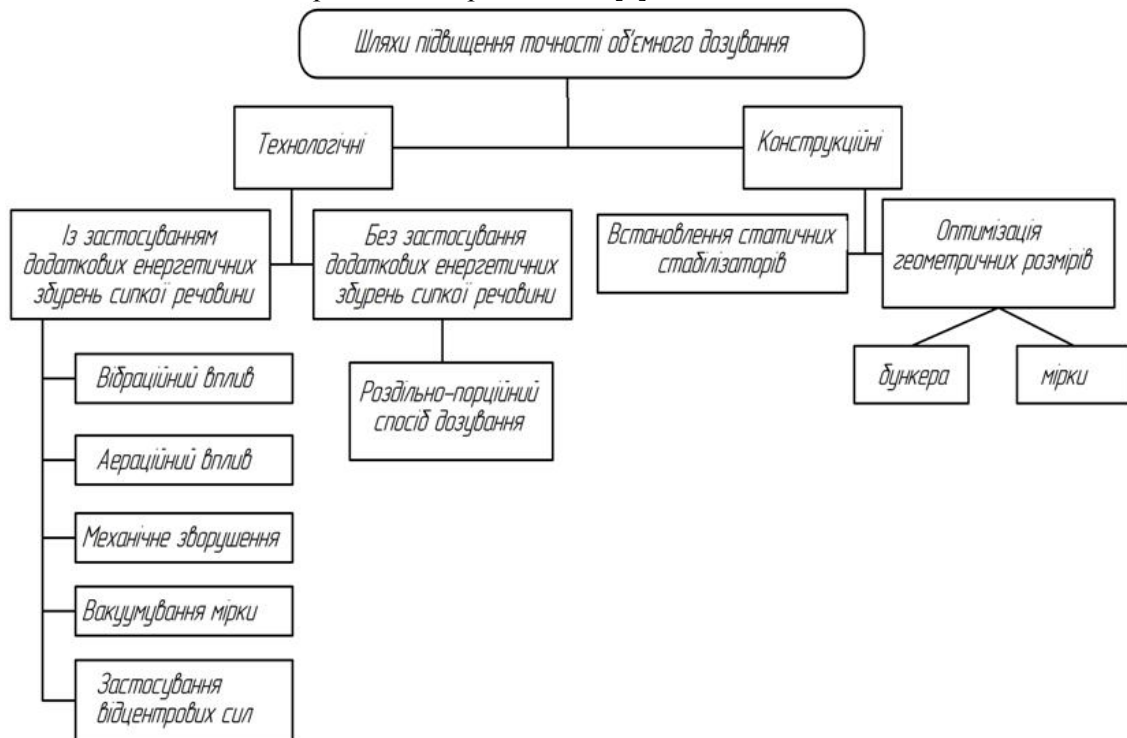


Рис. 1. Шляхи підвищення точності об'ємного дозування сипких речовин

Застосування таких шляхів підвищення точності вимагає визначення і встановлення індивідуальних технологічних режимів для конкретних сипкої речовини і дозувального пристрою, що складно забезпечити в реальних виробничих умовах, особливо при переході з дозування однієї сипкої речовини на іншу чи зміні величини потрібної дози.

Конструкційні шляхи підвищення точності об'ємного дозування сипкої речовини переважно передбачають оптимізацію геометричних розмірів бункерів, зокрема їх випускних отворів, висоти і діаметра мірки, співвідношення розмірів отворів мірки і бункера тощо і спрямовані на покращення процесу заповнення мірки і не враховують вплив відсікання дози.

Недослідженим залишається вплив відсікання дози сипкої речовини рухомою міркою на точність об'ємного дозування

Це вимагає розкриття фізичної суті впливу відсікання дози сипкої речовини рухомою міркою на похибку об'ємного дозування, пошуку і наукового обґрунтування принципово нових шляхів підвищення точності об'ємного дозування без використання додаткового енергетичного впливу на сипку речовину, а також створення на їх основі ефективних дозувальних пристроїв підвищеної точності.

Теоретичне і експериментальне вивчення впливу конструктивних параметрів мірки дозувального пристрою на точність дозування

Для вивчення впливу відсікання дози на точність об'ємного дозування сипкої речовини була розроблена на основі дискретних підходів до моделювання контактної взаємодії частинок сипкої речовини між собою і робочими поверхнями дозувального пристрою комп'ютерна модель. Оскільки більшість відомих підходів до моделювання контактної взаємодії частинок сипкої речовини, що передбачають заміну геометрії реальних частинок електронними моделями у вигляді тіл сферичної форми, не достатньо адекватно описують контактну взаємодію частинок реальних сипких речовин, геометрична форма яких значно відрізняється від сферичної, тому була прийнята модель, що представляє частинки сипкої речовини випуклими багатокутниками. За допомогою розробленої моделі імітувався процес заповнення сипкою речовиною мірки дозувального пристрою і відсікання дози при її переміщенні.

Поетапне відображення результатів моделювання процесу відсікання дози рухомою міркою об'ємного дозувального пристрою наведені на рис. 2.

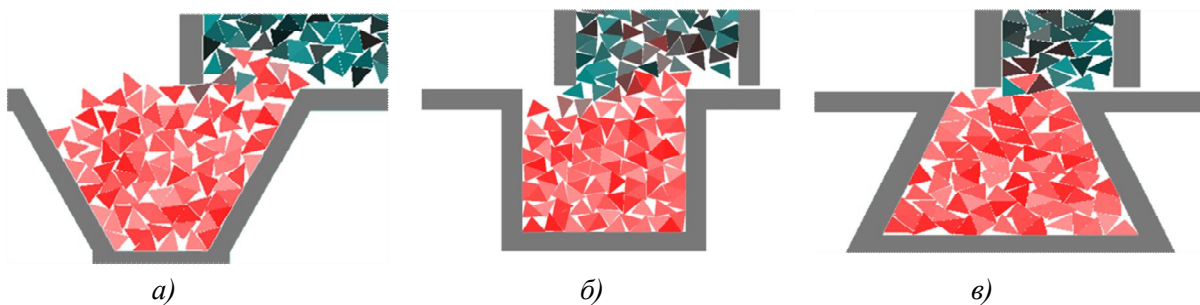


Рис.2. Комп'ютерне моделювання процесу відсікання дози сипкої речовини рухомою міркою (а – розширеною в напрямку бункера, б – циліндричною, в – звуженою в напрямку бункера) об'ємного дозувального пристрою;

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання показав, що відсікання дози сипкої речовини супроводжується переорієнтацією і переупаковкою її частинок. Це призводить до зміни щільності упаковки частинок і маси дози сипкої речовини в мірці. Оскільки доза сипкої речовини в мірці обмежена із п'яти сторін жорсткими стінками, то збільшення її об'єму можливе тільки у напрямку вільної поверхні відсікання дози, тобто від днища мірки до бункера, внаслідок чого частина частинок сипкої речовини виходить з мірки в бункер, що призводить до зменшення фактичної кількості частинок в мірці і збільшення похибки об'ємного дозування за рахунок впливу відсікання дози на точність об'ємного дозування.

Використавши континуально-дискретну теоретичну модель сипкої речовини, зберігши при цьому основні значимі і відкинувши всі несуттєві для вирішення конкретної задачі властивості сипкої речовини, встановлена математична залежність, яка описує зміну дози сипкої речовини при її відсіканні дозувальним пристроєм від геометричних розмірів мірки дозувального пристрою і реологічних характеристик дозованої сипкої речовини [4]:

$$\Delta m = \frac{ab}{8G} \cdot \operatorname{tg} \Phi \left(h_0 \rho^2 g \left(\frac{1}{\sin \Phi} - 1 \right) + 4\sigma \right),$$

де Δm – зміна дози сипкої речовини при її відсіканні,
 a – середній розмір частинки дозованої сипкої речовини;
 b – ширина мірки;

- G – коефіцієнт пропорційності;
- Φ – кут внутрішнього тертя сипкої речовини,
- h_0 – висота вільностоячої вертикальної стінки сипкої речовини;
- ρ – насипна густина сипкої речовини;
- g – прискорення сили тяжіння.
- σ – нормальне напруження в зоні відсікання дози.

Як видно із отриманої математичної залежності величина зміни дози сипкої речовини при її відсіканні, а як наслідок і похибка об'ємного дозування внаслідок відсікання дози, визначається не тільки реологічними характеристиками дозованої сипкої речовини, а й прямо залежить від ширини мірки.

Експериментальне дослідження проводилось на промисловій фасувально-пакувальній машині з дозувальним пристроєм об'ємного типу із рухомими мірками, що обертаються в горизонтальній площині.

Для виявлення впливу діаметра, ширини, довжини і висоти мірки на точність об'ємного дозування був проведений порівняльний аналіз результатів дозування сипких речовин мірками із різними геометричними розмірами. Для проведення експериментального дослідження впливу геометричних розмірів мірки використовувались змінні мірки (рис. 3) із заданими згідно плану проведення експерименту геометричними розмірами: висотою мірки h , діаметрами горловини $d1$ і днища $d2$, шириною a і довжиною b .

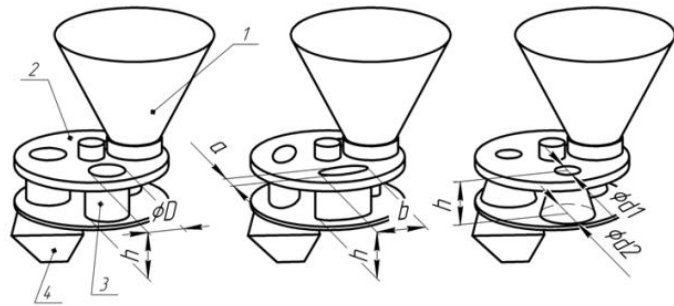
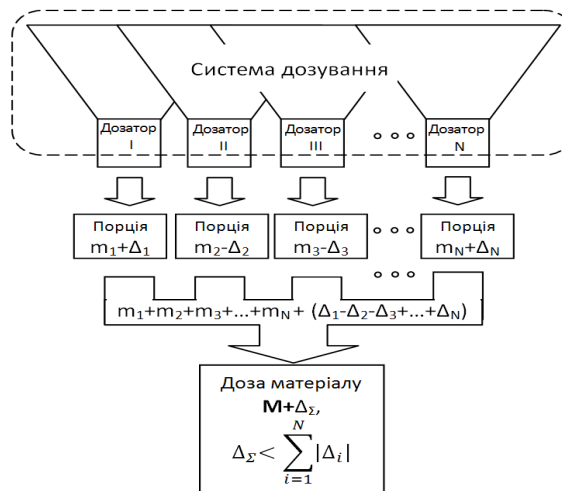


Рис. 3. Схема дозувального пристрою із змінними мірками: 1 – бункер; 2 – ротор; 3 – мірка; 4 – випускна воронка; а – циліндрична мірка; б – видовжена мірка; в – звужена в напрямку бункера мірка

Шляхом аналізу результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що визначальний вплив на величину розсіювання дози сипких речовин здійснює зміна величини площі відсікання дози мірної ємкості. Натомість вплив висоти мірної ємкості на величину розсіювання дози є незначним [3].

Розробка способів підвищення точності об'ємних дозувальних пристроїв і конструкції дозувальних пристроїв підвищеної точності

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблені і захищені відповідними патентами [5-8] технологічні і конструкційні способи підвищення точності об'ємного дозування сипких речовин.



Технологічним шляхом підвищити точність об'ємного дозування можна використанням розробленого роздільно-порційного способу дозування, основний принцип якого полягає в тому, що потрібна доза сипкої речовини відмірюється не однією, як при традиційному дозуванні, порцією, а декількома окремими із подальшим їх об'єднанням у потрібну дозу (рис. 4).

При цьому частина порцій буде відміряна із недобором до номінальної маси, а інша частина – із перевищенням маси за номінальне значення [2].

При об'єднанні в потрібну дозу неточність відмірювання окремих порцій частково взаємно компенсується, підвищуючи тим самим точність дозування.

Реалізує запропонований роздільно-порційний спосіб дозування однокомпонентних або багатокомпонентних сипких речовин розроблений об'ємний дозувальний пристрій модульної конструкції (рис. 5), що складається із станини 3, що являє собою зварну конструкцію в нерухомому столі якої закріплені дозувальні модулі (рис. 6).

Рис. 4. Схема роздільно-порційного способу дозування

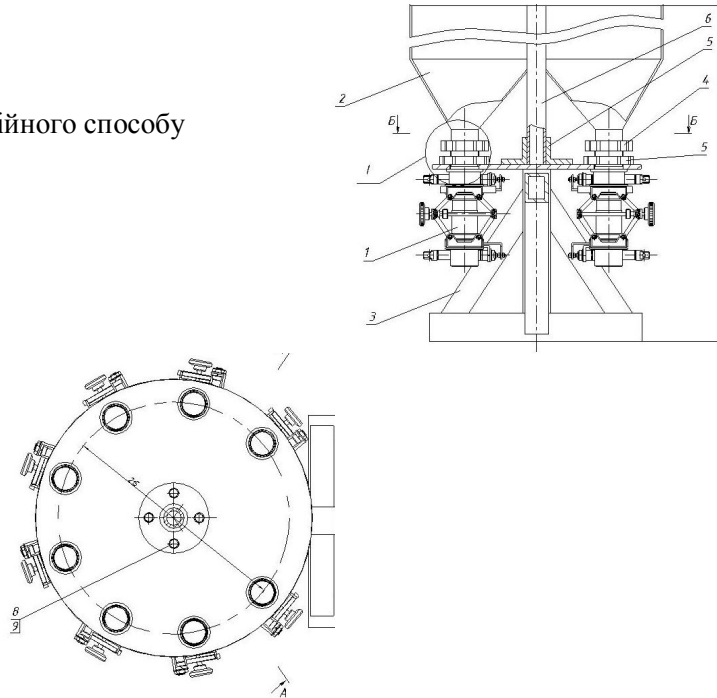


Рис.5. Дозувальний пристрій модульної структури із роздільно-порційним способом дозування

Завдяки тому, що кожен із дозувальних модулів виконаний із можливістю незалежного налагодження на потрібну величину порції і сполучений із окремою секцією бункера, роздільно-порційний дозувальний пристрій за потреби може дозувати не тільки однокомпонентну сипку речовину, а й одночасно декілька різних сипких речовин, видаючи в упаковку їх суміш в заданій пропорції.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень було встановлено, що визначальний вплив на похибку відсікання дози при об'ємному дозуванні сипких речовин має ширина рухомої мірки, а тому зменшення зони відсікання дає змогу зменшити похибку дозування.

На основі цього розроблені і випробувані конструкції об'ємних дозувальних пристроїв із раціональною конструкцією дозувальних мірок [7-8].

На рис.7, а наведений дозувальний пристрій із звуженими у напрямку бункера мірками, на рис. 7, б – із видовженими за напрямком переміщення мірками, які мають зменшену ширину зони відсікання дози.



Рис. 6. Дозувальний модуль роздільно-порційного дозувального пристрою

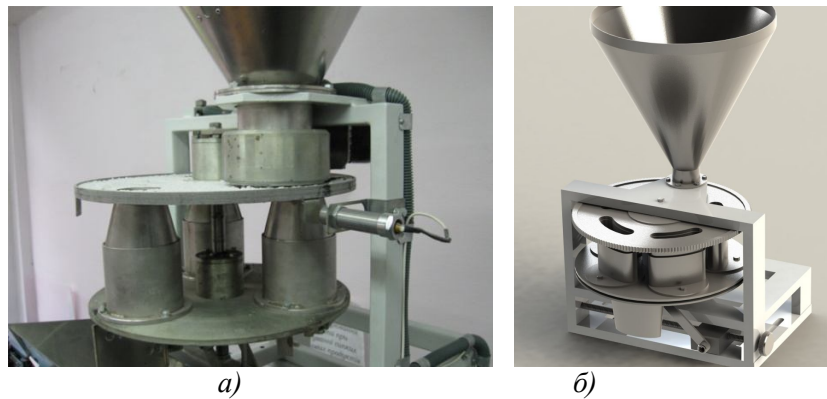


Рис.7. Дозувальні пристрої із раціональною конструкцією дозувальних мірок: а – із звуженими у напрямку бункера мірками, б – із видовженими за напрямком переміщення мірками

Експериментально підтверджена ефективність розроблених конструкцій об'ємних дозувальних пристроїв підвищеної точності і доцільність їх застосування у складі пакувального обладнання.

Висновки

1. Теоретично і експериментально встановлено, що визначальний вплив на точність об'ємного дозування мають геометричні розміри зони відсікання дози, зокрема, збільшення її ширини призводить до зменшення точності, а зменшення ширини зони відсікання дози – до підвищення точності об'ємного дозування.

2. Перспективним є підвищення точності об'ємного дозування сипких речовин за рахунок використання ефекту часткової взаємної компенсації випадкових складових похибок дозування окремих порцій при використанні розробленого роздільно-порційного способу дозування, а також раціоналізацією конструкції мірок об'ємного дозувального пристрою для зменшення ширини зони відсікання дози.

3. На основі розроблених і науково обґрунтованих за результатами теоретичних і експериментальних досліджень способів підвищення точності об'ємного дозування сипкої речовини розроблені конструкції об'ємних дозувальних пристроїв підвищеної точності, робота яких досліджувалась у лабораторних і виробничих умовах. Новизна розроблених шляхів підвищення точності і конструкцій дозувальних пристроїв підтверджена відповідними патентами.

1. Бондарчук Д.В. Підвищення точності роботи об'ємних дозаторів сипких речовин // Технологічні комплекси. – Луцьк.– №1.– 2010. – с. 99-103.
2. Пальчевський Б.О., Бондарчук Д.В. Аналіз точності роздільно-порційного об'ємного дозування сипких матеріалів // Наукові нотатки. – Луцьк. – №28.– 2010. – с. 398-402.
3. Пальчевський Б.О., Бондарчук Д.В. Експериментальне дослідження роботи об'ємних дозувальних пристроїв сипких речовин// Технологічні комплекси. – Луцьк.– №3.– 2011. – с. 57-62.
4. Пальчевський Б.О., Бондарчук Д.В.. Вплив відсікання дози сипкої речовини на точність дозування / Технологічні комплекси. – Луцьк.– №4.– 2011. – с. 57-62.
5. Пат. 42895 Україна, МПК(2009) G01G 11/00. Пристрій дозування сипких матеріалів/Б.О.Пальчевський, Д.В.Бондарчук.– №200901791; заявл. 02.03.2009; опубл. 27.07.2009, Бюл. №14.-4с.
6. Пат. 42896 Україна,МПК(2009) G01F 11/00. Спосіб дозування матеріалів/Б.О.Пальчевський, Д.В.Бондарчук, №200901792; заявл. 02.03.2009; опубл. 27.07.2009, Бюл. №14. -4с.
7. Пат. 64909 Україна, МПК В65В 1/06 (2006/01). Об'ємний дозатор для сипкої речовини/ Б.О.Пальчевський, Д.В.Бондарчук; №u201104339; Опубл.25.11.2011, Бюл. №22.-4с.
8. Пат. 64910 Україна, МПК В65В 1/06 (2006/01). Об'ємний дозатор для сипкої речовини/ Б.О.Пальчевський, Д.В.Бондарчук; №u201104340; Опубл.25.11.2011, Бюл. №22.-4с.