

УДК 620.66.022

**МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ПРИВОДОМ ТАРІЛЧАСТОГО ДОЗАТОРА СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

Т.Я. БІЛА, В.В. СТАЦЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

*У статті розглянуто конструкцію тарілчастого дозатора та проаналізовано вплив параметрів сипких матеріалів на його роботу. Запропоновано склад автоматизованої системи керування таким дозатором та наведено результати моделювання її роботи*

Сучасні підприємства легкої та хімічної промисловостей широко використовують різноманітні композиційні полімерні матеріали. Вихідні компоненти, що застосовуються для їх виготовлення, постачаються у гранульованому або порошкоподібному стані. Процес приготування сипкої композиції за заданою рецептурою складається з двох послідовних операцій: дозування та змішування, для виконання яких використовують два типа обладнання – дозатори та змішувач. При цьому необхідно враховувати, що вимоги, які висуваються до дозаторів, значною мірою визначаються конструкцією змішувачів та їх режимами роботи. На сьогоднішній день існує багато конструкції змішувачів, але їх можна поділити на дві основні групи: періодичного та безперервного принципу дії.

Обладнання безперервної дії має ряд суттєвих переваг, серед яких висока продуктивність, компактність, можливість застосування у складі автоматизованих ліній. Для отримання заданої консистенції суміші, яка визначає якість процесу, необхідно забезпечити подачу кожного компонента в змішувач у вигляді безперервного потоку із заданою масовою чи об'ємною продуктивністю. Вирішення цього завдання значно ускладнюється нестабільністю фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, їх здатністю змінювати свої параметри в залежності від різноманітних факторів.

Існує декілька типів дозаторів безперервної дії, серед яких можна відмітити: стрічкові, трубчасті, барабанні, шнекові, вібраційні, плунжерні та тарілчасті. Всі вони мають свої переваги та недоліки, але у даній роботі розглядаються саме тарілчасті дозатори. Їх основними перевагами є простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації.

***Об'єкти та методи дослідження.***

Об'єктом дослідження у даній роботі є тарілчастий дозатор, що застосовується для створення безперервного потоку сипкого матеріалу із заданою продуктивністю.

***Постановка завдання.***

Метою дослідження є аналіз конструкції тарілчастого дозатора, визначення факторів, що впливають на його продуктивність, розробка системи керування приводом дозатора та аналіз її роботи.

***Результати та їх обговорення.***

Розглянемо конструкцію та принцип дії тарілчастого дозатора із прямим ножем (рис. 1, а) [1]. Сипкий матеріал подається у дозатор зверху через вивантажувальний патрубок 5 бункера накопичувача та потрапляє на диск 2, що через вал 1 з'єднаний з електродвигуном. За рахунок відцентрових сил, які виникають під час обертання диску, частинки починають рухатися до краю диску, де знімаються за допомогою нерухомого ножа 4. Товщину слою матеріалу на поверхні диску регулюють за допомогою телескопічного стакана 3. Відстань між диском 2 та стаканом 3 може змінюватись за рахунок руху останнього в вертикальній площині.

Вище було зазначено, що показниками ефективності роботи дозатора є відповідність його продуктивності заданому значенню та стабільність її підтримки протягом робочого часу. Продуктивність тарілчастого дозатора можна визначити за розрахунковою схемою, що наведена на рис. 1,б.

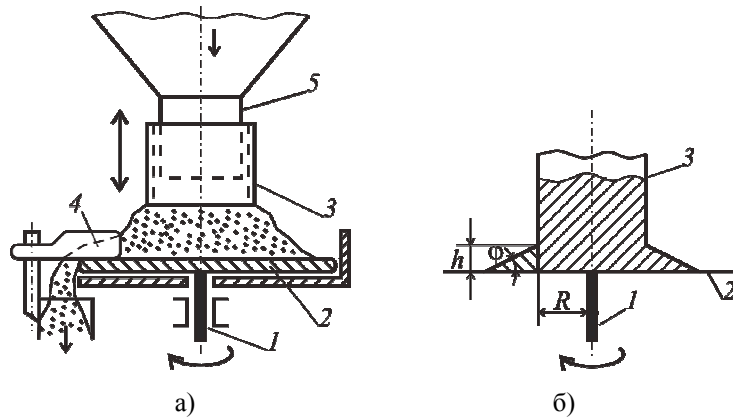


Рис.1. Схема тарілчастого дозатора з прямим ножом:

**а** - конструкція; **б** - схема для розрахунку; **1** - вал; **2** – диск-таріль;  
**3** – телескопічний стакан; **4** – ніж; **5** – вивантажувальний патрубок.

На ній позначено:  $h$  – відстань від нижнього краю стакана до поверхні диску (м);  $R$  – радіус стакана з сипким матеріалом (м);  $\varphi$  – кут природного укосу матеріалу (град).

Враховуючи зазначені параметри та частоту обертання диску  $\omega$  ( $\text{с}^{-1}$ ), можна визначити масову продуктивність дозатора  $Q$  (кг/с).

$$Q = \frac{h^2 \omega \rho}{2 \operatorname{tg} \varphi} \left[ R + \left( \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi} \right) \right], \quad (1)$$

де  $\rho$  – насипна густина матеріалу ( $\text{кг/м}^3$ ).

Таким чином, основними параметрами матеріалу, що впливають на продуктивність тарілчастого дозатора, є насипна густина та кут природного укосу. Проблему ускладнює те, що ці параметри не є сталими. Їх величини можуть змінюватись в залежності від умов зберігання, параметрів оточуючого середовища тощо [1]. Відповідно, застосування під час процесу змішування різних партій одного й того самого матеріалу призводить до змінювання продуктивності дозатора та зниження якості суміші.

Зважаючи на те, що передбачити змінювання зазначених параметрів практично неможливо, доцільно застосувати автоматизовану систему контролю продуктивності дозатора.

З наведеного виразу (1) випливає, що керування продуктивністю дозатора може здійснюватися за рахунок зміни або частоти обертання диску  $\omega$ , або відстані  $h$  між стаканом 3 та диском 2. Крім того, з рис.1 видно, що на продуктивність також впливає положення ножа 4. Але для змінювання положення стакана або ножа необхідний додатковий привод. Таке рішення призводить до ускладнення конструкції дозатора та підвищення його вартості. З іншого боку, керування частотою обертання диску потребує введення лише одного додаткового елемента – керованого випрямляча (для двигуна постійного струму) або керованого інвертора (для асинхронного електродвигуна).

Розглянемо структурну схему системи із двигуном постійного струму (рис.2).

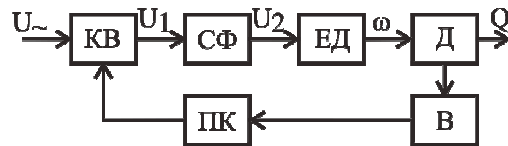


Рис.2. Структурна схема системи керування дозатором тарілчастого типу.

Напруга мережі живлення ( $U_{\sim}$ ) через керований випрямляч (КВ) та згладжувальний фільтр (СФ) подається на електродвигун (ЕД), який обертає диск дозатора. Частота обертання двигуна ( $\omega$ ) пропорційна величині цієї напруги. Таким чином, враховуючи співвідношення (1), можна стверджувати, що величина напруги  $U_2$  визначає продуктивність дозатора ( $Q$ ). У коло зворотного зв'язку системи, що запропонована, входять витратомір (В) та пристрій керування (ПК). Перший дозволяє визначити поточне значення продуктивності дозатора, другий – формує сигнали керування випрямлячем.

Розглянемо математичну модель запропонованої системи.

Середнє значення напруги ( $U_1$ ), що формується керованим випрямлячем, визначається за формулою:

$$U_1 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi-\psi} \sqrt{2} U_{\sim} \sin(\omega_0 t) d(\omega_0 t), \quad (2)$$

де  $\omega_0$  – частота напруги у мережі живлення;  $\psi$  - кут відпирання силових ключів випрямляча.

Передаточна функція згладжувального фільтра залежить від його типу. Для даної системи обрано однокаскадний Г-подібний LC-фільтр, що описується передаточною функцією  $W(p)$ :

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{1}{p^2 LC + pR_L C + 1}, \quad (3)$$

де  $L, C$  – відповідно індуктивність та ємність фільтра;  $R_L$  – опір обмотки котушки індуктивності.

Математична модель двигуна постійного струму з послідовним збудженням має вигляд [2]:

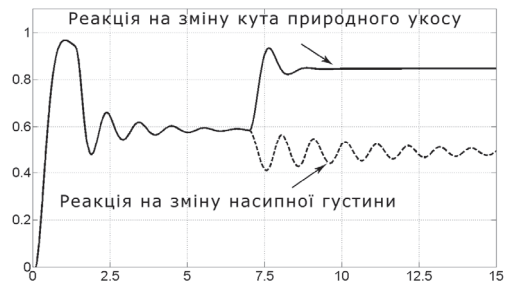
$$\left. \begin{aligned} \bar{u} &= (T_3 p + 1) \cdot \bar{i}_3 \\ \bar{u} &= (T_J p + 1) \cdot \bar{i}_J + \bar{\Phi}_3 \bar{\omega}_m \\ T_m \bar{\omega}_m p &= \bar{\Phi}_3 \bar{i}_J - \bar{M}_H \\ \bar{\Phi}_3 &= k'_\phi \bar{i}_3 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де  $\bar{u} = \frac{U_2}{U_{2НОМ}}$ ,  $U_{2НОМ}$  – номінальна напруга живлення двигуна;  $T_3$  і  $T_J$  – постійні часу обмоток

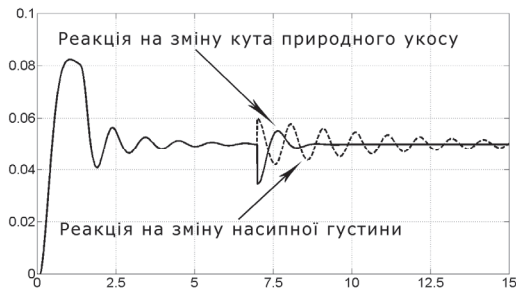
збудження та якоря, відповідно;  $i_J, i_3$  – струми кіл якоря та обмотки збудження, відповідно;

$\bar{\Phi}_3 = \frac{\Phi_3}{\Phi_{3НОМ}}$ ,  $\Phi_{3НОМ}$  – номінальний магнітний потік, що створюється обмоткою збудження;  $T_m$  –

електромеханічна стала часу двигуна;  $k'_\phi$  - конструктивний коефіцієнт. Таким чином, використовуючи співвідношення (1)-(4) можна розрахувати значення продуктивності дозатора в залежності від параметрів сипкого матеріалу та куту відпирання силових ключів керованого випрямляча. Нами досліджено вплив стрибкових змін кута природного укусу та насипної густини на роботу дозатора. На рис. 3, а, б наведено результати моделювання роботи системи, що запропонована. На інтервалі від 0 до 7 с показано перехідний процес, що виникає під час пуску двигуна.



а



б

Рис. 3. Результати моделювання роботи системи керування тарілчастим дозатором:

*а* – залежність частоти обертання диска від часу;  
*б* – залежність продуктивності змішувача від часу.

не дозволяє визначити, який з параметрів матеріалу призводить до зміни продуктивності дозатора, можна рекомендувати використовувати компромісне налаштування регулятора системи керування.

### Висновки

Під час проведених досліджень встановлено:

- на продуктивність дозаторів тарілчастого типу впливають режими роботи його робочих органів і фізико-механічні властивості сипкого матеріалу;
- максимально проста конструкція системи контролю продуктивності дозатора забезпечується керуванням частотою обертання диску-тарелі;
- результати моделювання свідчать, що автоматизована система, яка запропонована у роботі, дозволяє підтримувати продуктивність дозатора на заданому рівні під час змінювання як кута природного укосу, так і насипної густини сипкого матеріалу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / Борщов В.Я., Гусев Ю.И., Промтов М.А. и др. – М.: Машиностроение-1. – 2006. – 208 с.
2. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. – Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, – 1994. – 496 с.

Надійшла