

КОВАЛЕНКО І. В., к.т.н., доц.; ЯНЦИБАЄВ Д. С., магістрант
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЬ ОБ'ЄМНОГО ДОЗУВАННЯ МЕЛЕНОЇ КАВИ НА БАЗІ SCADA СИСТЕМИ LABVIEW

У статті розглядаються автоматизація і математична модель процесу об'ємного дозування меленої кави на базі SCADA – системи та мови програмування LabView. Розроблені алгоритми і функціональна схема автоматизації процесу дозування меленої кави, яка описана у вигляді передавальної функції параметрів управління процесу. Дана модель відрізняється від інших тим, що дозволяє використовувати алгоритмічний та обчислювальний опис для обробки інформації з виробленням керуючих сигналів на систему приводів живильника і дозатора при представленні результатів у вигляді динамічних графічних об'єктів засобами багатівіконного інтерфейсу системи SCADA. Контрольованими параметрами даної системи є: рівень матеріалу, частота обертання приводу дозатора, маса продукту в упаковці. До фізико-механічних властивостей матеріалу, що впливають на точність дозування, відносяться ступінь наповненості бункера і нерівномірність подачі продукту в дозуючий механізм. Більш крацим методом дослідження є дослідження процесу із застосуванням методів імітаційного моделювання, ніж побудова диференціальних моделей. Розроблена система управління процесом дозування дозволяє контролювати рівень доз меленої кави при переналагоджуванні фізико-механічних властивостей і регулятора двигуна роторного об'ємного дозатора.

Ключові слова: роторний дозатор; мелена кава; система автоматизації; математична модель; процес дозування; мова програмування LabView.

© Коваленко І. В., Янцибаєв Д. С., 2017.

Забезпечення рівномірної подачі меленої кави відповідно до продуктивності об'ємного роторного дозатора, є одним із важливіших завдань систем безперервного дозування сипких матеріалів, що стає можливим лише за рахунок підвищення якості процесу управління. Таким чином, актуальним буде проведення моделювання контурів управління багатодвигунним приводом, внесення поправок до швидкості приводу живильника при зміні фізико-механічних властивостей за умови постійної продуктивності (швидкості приводу дозатора). В інженерній практиці розглядаються три базові режими: пусковий, робочий, зупинки. У пусковому режимі і режимі зупинки, як критерій управління, зазвичай розглядається час пуску/зупинки з обмеженнями на показники якості матеріалу [1, 9, 10].

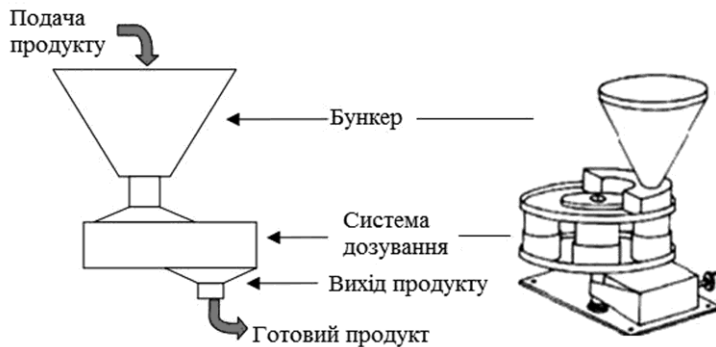


Рис. 1 – Роторний об'ємний дозатор

Принцип роботи об'ємного роторного дозатора: дозування починається з регульованої подачі сипкого матеріалу у бункер. Дозуючі пристрої [2, 3], закріплені в нижній частині бункера, подають певну дозу матеріалу у стакани (рис. 1), після чого вони переміщують сформовану дозу на зсипний отвір. Вимірювання матеріалу здійснюється за допомогою мірного об'єму стакана.

При дослідженні системи «дозатор-привід-система управління» методами імітаційного моделювання

замість продуктивності розглядається витрата продукту на вході ($q_1 - m_{safe_in}$) і виході бункера дозатора ($q_2 - m_{safe_out}$), що залежить від швидкостей приводів живильника і дозатора (w_1 і w_2). На (рис. 2) можна спостерігати потрібні параметри для опису правильних рівнянь. Для побудови математичної моделі процесу дозування визначається наступні параметри: $W_{set} = f(m_{safe_in}, m_{safe_out})$; $H_{set} = f(m_{safe_in}, m_{safe_out})$; де W_{set} – задане значення швидкості подачі; H_{set} - задане значення швидкості дозатора.

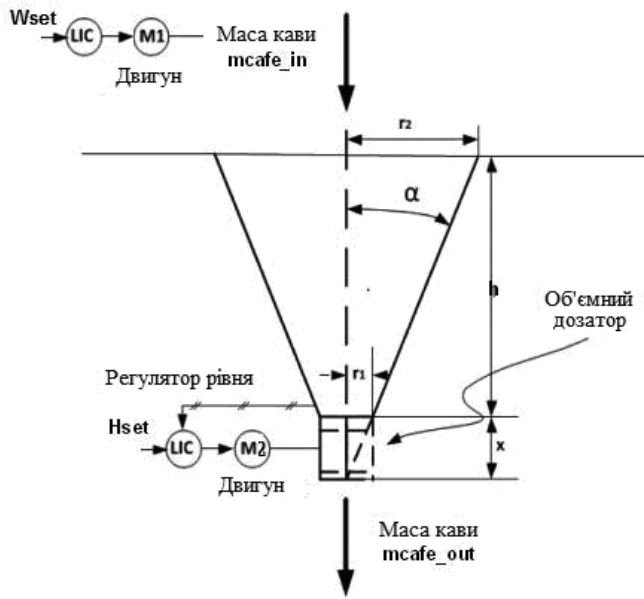


Рис. 2 – Параметри системи управління процесом об'ємного дозування

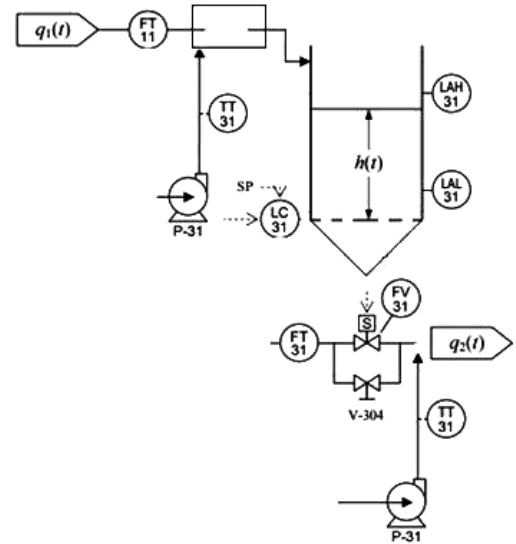


Рис. 3 – Функціональна схема автоматизації виробництва меленої кави

1. За теоремою трикутників визначаються параметри бункера

$$\frac{r_1}{\delta} = \frac{r_2}{h+x} = \tan(\alpha), \quad (1)$$

де r_1 – радіус конуса бункера; r_2 – радіус циліндра бункера; h – рівень сипкого матеріалу у бункері; x – коефіцієнт дозатора. Об'єм бункера дорівнює:

$$V = \frac{\rho}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) \delta.$$

2. Диференціальне рівняння з (2) має вигляд:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\rho}{3} \frac{d}{dt} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) \delta. \quad (2)$$

3. Так як r_1 є постійною величиною, то при рішенні диференціального рівняння отримаємо:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\rho}{3} \frac{\delta}{r_1} \frac{dr_2}{dt} + 2r_2 \frac{dr_2}{dt} \frac{\rho \delta}{3} = \frac{\rho}{3} \frac{dr_2}{dt} (r_1 + 2r_2) \delta. \quad (3)$$

Однак, з рівняння (1) можна отримати відношення

$$\frac{dr_2}{dt} = \frac{r_1}{x} \frac{dh}{dt}. \quad (4)$$

4. З рівнянь (1), (3), (4):

$$\frac{dM}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = \frac{\rho r_1}{3x} \frac{\delta}{r_1} \frac{dr_2}{dt} + \frac{2r_2}{x(h+x)} \frac{\rho \delta}{3} \frac{dh}{dt}. \quad (5)$$

Рівняння (5) описує зміну маси меленої кави з фізико-механічними властивостями (ρ – щільність матеріалу) всередині бункера від функції зміни рівня меленої кави у ньому. Це можна описати рівнянням:

$$m_{cafe_{in}} - m_{cafe_{out}} = \frac{dM}{dt};$$

$$m_{cafe_{in}} - m_{cafe_{out}} = \rho \frac{dV}{dt} = \rho \frac{r_1}{3x} \frac{\delta}{r_1} \frac{dr_2}{dt} + \frac{2r_2}{x(h+x)} \frac{\rho \delta}{3} \frac{dh}{dt}.$$

Об'ємна витрата меленої кави визначається по формулі: $V = m/\rho$.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\omega_1 q_1 - \omega_2 q_2}{\rho \frac{r_1}{3x} \frac{\delta}{r_1} \frac{dr_2}{dt} + \frac{2r_2}{x(h+x)} \frac{\rho \delta}{3}} \quad (6)$$

де ω_1 – швидкість приводу живильника, ω_2 – швидкість приводу дозатора, q_1 – об'ємна витрата від живильника, q_2 – об'ємна витрата від дозатора.

Функціональна схема автоматизації технологічного процесу виробництва меленої кави представлена на (рис. 3), на якій визначаються передаточні функції для рівня сипкого матеріалу та швидкості приводів.

Згідно рівняння (6) отримуємо:

$$\frac{d[r V(t)]}{dt} = w_1 r q_1(t) - w_2 r q_2(t);$$

$$V(t) = Ah(t).$$

Математична модель систем управління процесами дозування описується формулою:

$$\frac{dh(t)}{dt} = w_1 r q_1(t) - w_2 r q_2(t).$$

При початковій умові $t = 0$:

$$\frac{d[h(t) - h(0)]}{dt} = w_1 [q_1(t) - q_1(0)] - w_2 [q_2(t) - q_2(0)];$$

$$H(t) = h(t) - h(0); F_1(t) = q_1(t) - q_1(0);$$

$$F_2(t) = q_2(t) - q_2(0); W_1 = w_1; W_2 = w_2;$$

$$A \frac{d[H(t)]}{dt} = W_1 F_1(t) - W_2 F_2(t).$$

Перетворення Лапласа:

1. Передавальна функція рівня меленої кави в бункері при подачі і дозуванні згідно з швидкостями багатодвигунових приводів і їх фізико-механічними властивостям:

$$H(s) = \frac{W_1(s)\rho [F_1(s)] - W_2(s)\rho [F_2(s)]}{A\rho s} \quad H(s) = \frac{W(s)\rho [F_1(s)] - W_2(s)\rho [F_2(s)]}{A\rho s}$$

2. Передавальна функція для швидкості приводів:

$$\frac{W_1(s)}{W_2(s)} = \frac{A\rho H(s)}{F_1(s)} + F_2(s)$$

Для автоматизації і управління процесами дозування [5 6] меленої кави на (рис. 4) представлена автоматизована система управління, розроблена за допомогою програмного забезпечення LabView. Для виконання математичної моделі процесу дозування меленої кави і управління змінними використовується елемент «formule node» на (рис. 5). Цей елемент дозволяє перемістити текстовий код у блок-схему, який виконує деякі математичні операції. Це потрібно, наприклад, для програмування складних виразів з великою кількістю змінних.

За рахунок модифікації щільності матеріалу в процесі дозування, рівень підвищився з 0,85 до 1,10. Графічне представлення результатів моделювання доводить вплив на рівень дію зовнішніх факторів, ефективність методу переналагодження параметрів регулятора і фізико-механічних властивостей сипкого матеріалу. Запропонована математичну модель була використана для розробки системи контролю процесу об'ємного дозування меленої кави на базі системи Scada, мовою програмування LabView (formule node).

Застосування даних результатів допоможе підвищити якість промислової продукції меленої кави на підприємствах, які займаються виробництвом кави.

Розробка віртуального макета контролю якості продукції дозволяє дотримуватися динаміки системи автоматизації технологічного процесу виробництва меленої кави і інших сипких матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, а також корисна для проведення лабораторних робіт студентам університету. Дана модель відрізняється від інших тим, що коефіцієнти моделі розраховуються в ході ітераційної процедури з урахуванням швидкостей обертання приводів подачі і ротора дозатора.

Контрольованими параметрами є рівень продукту, частота обертання приводу дозатора, маса продукту в упаковці. До інших факторів, що впливає на точність дозування, поряд з фізико-механічними властивостями продукту, відносяться ступінь наповненості бункера і нерівномірність подачі продукту в дозуючий механізм.

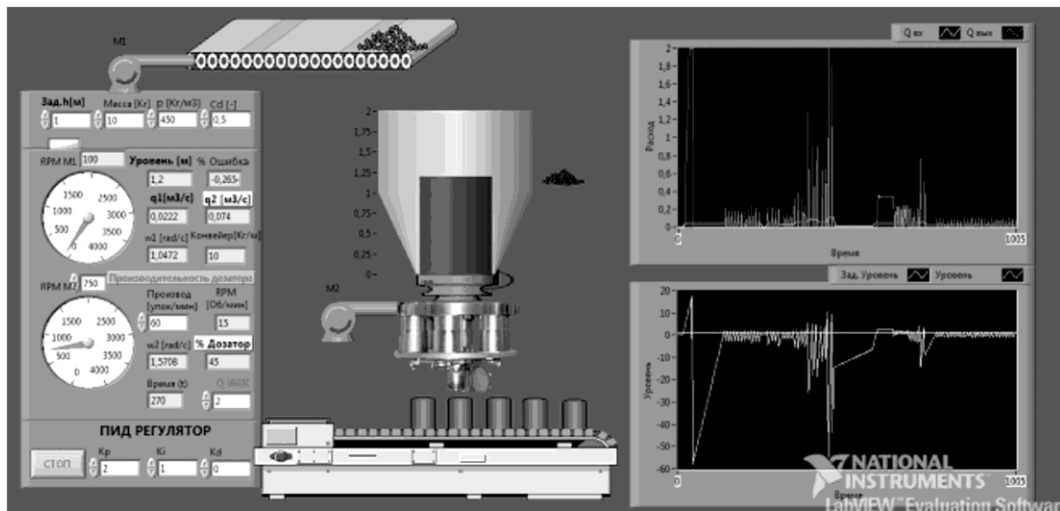


Рис. 4 – Автоматизована система процесу дозування меленої кави

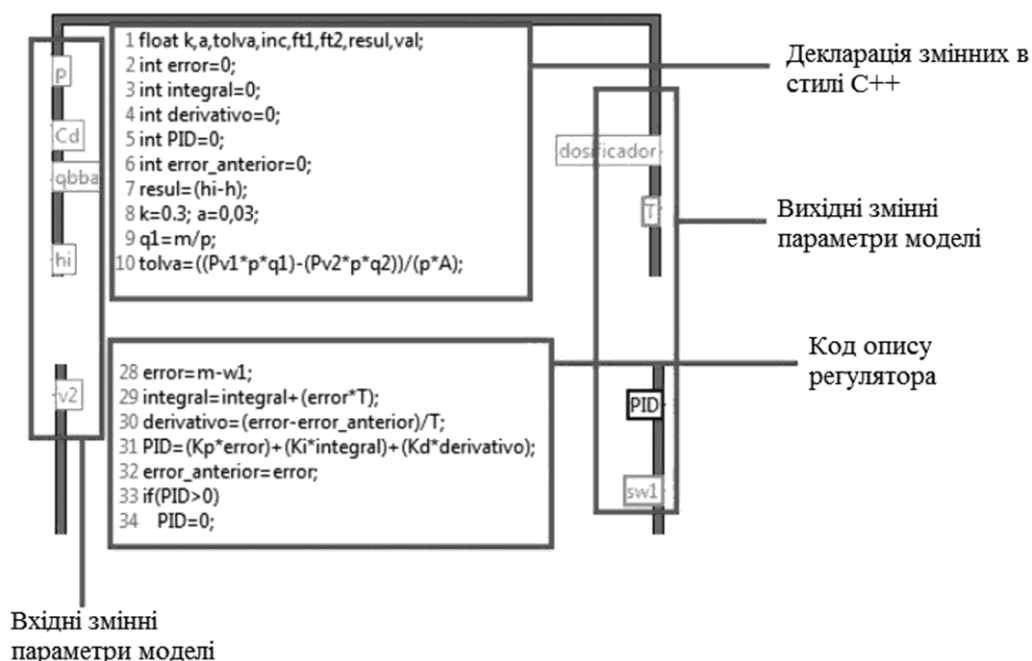


Рис. 5 – Блок опису математичної моделі процесу дозування меленої кави

Список використаної літератури

1. Сантос Куннихан Маріо Рохелио. Имитационная модель управления уровнем молотого кофе в бункере с помощью многодвигательных приводов // Интернет-журнал «Науковедение». Том 7, № 1 (январь – февраль 2015).
2. Шухи В. В. Использование дозаторов в технологических линиях периодического приготовления строительных смесей / Марсов В. И., Тихонов А. Ф., Бокарев Е. И. // Журнал “Механизация строительства”, – М.: 2011. – № 9. – С. 14–15.
3. Шухин В. В. Дозаторы непрерывного действия с компенсацией возмущения входного потока материала / Марсов В. И., Суэтина Т. А., Колбасин А. М. // Механизация строительства. 2013. – № 2. – С. 32–34.
4. Сантос М. Р. Определение эквивалентных размеров частиц при гранулометрическом анализе молотого кофе // Вестник Тверского государственного технического университета. 2013. – № 1 (23). – С. 24–27.
5. Ахремчик О. Л., Сантос М. Р. Изменение координатного пространства при проектировании системы управления процессом дозирования сыпучих материалов// Вестник Тверского государственного технического университета. 2015.
6. Остроух А. В., Айсарина А. А. Разработка автоматизированной системы управления бетономесительной установкой с двухвальным смесителем // Автоматизация и управление в технических системах. 2015. № 1. С. 51–59. DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-7