

Харківський національний університет радіоелектроніки

Калашніков Євген Євгенович

УДК 681.5.08

**МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ
ДОЗУВАННЯМ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Спеціальність 05.13.07 – автоматизація процесів
керування**

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному аерокосмічному університеті імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки

Кошовий Микола Дмитрович,
Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків,
завідувач кафедри авіаційних приладів та вимірювань

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Невлюдов Ігор Шакірович,
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків,
завідувач кафедри технології та автоматизації виробництва радіоелектронних та електронно-обчислювальних засобів

доктор технічних наук, професор
Довбиш Анатолій Степанович,
Сумський державний університет, м. Суми,
завідувач кафедри комп'ютерних наук

Захист відбудеться липня 2011 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розісланий травня 2011 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.08

І.П. Плісс

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Процес автоматизованого керування дозуванням сипких матеріалів та приготування багатокомпонентних сумішей є невід'ємною часткою сучасних технологічних процесів підприємств гірничодобувної, хімічної та харчової промисловостей. Визначення таких параметрів технологічного процесу, як вага та витрата матеріалу, дозволяє контролювати та реєструвати дані цього процесу, а також безпосередньо керувати ним та впливати на нього. Підвищення ефективності керування технологічним процесом неможливе без впровадження автоматизованих систем.

Зростаючі вимоги до якості виготовляємої підприємствами продукції обумовлюють більш жорсткі вимоги до якості керування технологічними процесами. Зокрема, одною з найбільш важливих задач систем безперервного дозування, що входять до технологічного циклу багатьох підприємств хімічної, енергетичної та харчової промисловості, є забезпечення рівномірної подачі матеріалу строго відповідно до рецептури, що стає можливим лише за рахунок підвищення якості процесу керування та підвищення рівня автоматизації. Отже, актуальною є задача розробки або модернізації автоматизованих систем керування процесами безперервного дозування з використанням нових алгоритмів функціонування, більш досконалої структури.

На більшості заводів проблему дозування сипких матеріалів вирішують шляхом часткової або повної модернізації морально та фізично застарілих дозаторів. Таке рішення не завжди дозволяє досягнути необхідної точності дозування, від якої залежить якість приготування сумішей. Необхідність дозованої подачі компонентів з високою точністю для підготовки сумішей обумовлена вимогами технологічних процесів, у відповідності до яких усі складові повинні знаходитись в строго заданій кількості, тому що від точності дозування компонентів залежить якість виготовляємої продукції.

Загальні вимоги до автоматизованих вагодозуючих систем полягають у наступному:

- робота систем керування технологічними процесами дозування повинна бути стабільною та відповідати встановленим параметрам похибки та надійності;
- конструктивні рішення по технічній реалізації вагодозуючих систем повинні бути зроблені на сучасному інженерному рівні, з використанням взаємозамінюваних комплектуючих;
- монтаж і настройка обладнання повинні проводитись в мінімальні терміни, це особливо важливо при модернізації існуючих підприємств, де небажана тривала зупинка обладнання через безперервність технологічних процесів;
- системи керування роботою вагодозуючого обладнання повинні бути побудовані на сучасній елементній базі та забезпечувати можливість взаємодії з іншими підсистемами, що входять до складу загальної автоматизованої системи керування технологічними процесами підприємства за відкритими і стандартизованими інтерфейсами.

Значний внесок в розробку та створення автоматизованих вагодозуючих систем з безперервним технологічним циклом дозування сипких матеріалів зробили такі вчені, як В. А. Орлов, Н. Я. Гроссман, О. І. Царенко, В. К. Доніс, М. П. Белов, В.А. Батіцький, А. І. Овчаренко, Є. Б. Карпін, І. Ю. Краснов. Для побудови моделей дозування, які призначені для використання в структурі автоматизованих вагодозуючих систем, необхідно враховувати фізико - механічні властивості сипких матеріалів, що входять до складу суміші. Значний внесок в дослідження фізико - механічних властивостей сипких матеріалів зробили такі вчені, як В. Н. Долгунін, О. О. Уколов, Є. В. Асадчая, С. В. Барішнікова, М. М. Свиридов, І. Н. Шубін.

Підвищити точність безперервного дозування в автоматизованих конвеєрних системах можливо лише виключивши вплив конвеєра на процес виміру ваги сипкого матеріалу. Така задача розглядалася в роботах В. К. Асташева, О. В. Шваб, О. В. Батенко, які встановили, що витрата сипкого матеріалу з бункера залежить від його фізичних властивостей та умов його зберігання, температури й вологості навколишнього середовища, від стану стінок бункера, його геометрії й ряду інших факторів. Встановлено, що лоткові дозатори виключають недоліки, властиві конвеєрним вагодозуючим системам, перевершують їх за точністю й дозволяють здешевити й спростити конструкцію системи. Таким чином, актуальним представляється виконання наукових досліджень по розробці ефективних методів та засобів автоматизованого контролю та керування технологічними процесами дозування сипких матеріалів для ваговимірювальних систем конвеєрного типу з лотковими дозаторами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні положення дисертаційної роботи виконувалися з метою наукового підтвердження необхідності модернізації автоматизованих конвеєрних транспортних систем шляхом введення до їх складу ваговимірювального лотка та засобів мікроконтролерного керування.

Дисертацію виконано відповідно до планів держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри авіаційних приладів та вимірювань Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (м. Харків) № ДР 0106U001053 «Методологія проектування інформаційно-вимірювальних систем контролю параметрів енергоносіїв літальних апаратів та промислових паливно-енергетичних комплексів», де здобувач приймав участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертації – підвищення точності роботи систем автоматизованого керування процесами дозування сипких матеріалів за рахунок розробки та використання моделей, методів та засобів, призначених для модернізації цих систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- аналіз методів, систем та пристроїв для безперервного дозування сипких матеріалів;
- побудова математичної моделі безперервного дозування сипких матеріалів для автоматизованої ваговимірювальної системи, яка відображає

зв'язок її точнісних характеристик з кутом нахилу ваговимірювального лотка та властивостями сипких матеріалів;

– вдосконалення методу керування дозуванням сипких матеріалів на основі вимірювання їх вагових характеристик на конвеєрних лініях із застосуванням автоматизованого ваговимірювального лотка, що дозволив би підвищити точність дозуючої системи;

– вдосконалення математичної моделі переміщення сипкого матеріалу по похилій площині, закріпленій на тензометричних датчиках сили, з метою врахування фізико-механічних властивостей цього матеріалу та виключення з алгоритму керування ваговимірювальним лотком параметра швидкості переміщення сипкого матеріалу;

– модернізація структури автоматизованої системи безперервного дозування сипких матеріалів шляхом введення до її складу ваговимірювального лотка та засобів мікроконтролерного керування, спрямована на підвищення точності дозування та створення малогабаритної, простої в експлуатації системи із гнучкою конструкцією;

– проведення експериментальних досліджень з метою підтвердження достовірності теоретичних результатів дисертаційної роботи.

Об'єкт дослідження – процеси керування дозуванням сипких матеріалів.

Предмет дослідження – моделі та засоби автоматизації, спрямовані на підвищення технічних показників систем керування безперервним дозуванням сипких матеріалів.

Методи дослідження. В даній роботі були використані методи планування експерименту, статистичного аналізу, динамічної ідентифікації, а також фундаментальні залежності, що описують рух сипких матеріалів, за допомогою яких були отримані та досліджені математичні та макетні моделі ваговимірювальної системи, що використовуються в контурах керування процесом дозування; методи теорії цифрового керування динамічними об'єктами, за допомогою яких були синтезовані цифрові регулятори для автоматизованої системи керування дозуванням; методи експериментального моделювання, які дозволили підтвердити ефективність отриманих результатів й розробити рекомендації по їх практичному впровадженню.

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

– вперше побудовано математичну модель безперервного дозування сипких матеріалів для автоматизованої ваговимірювальної системи, яка на відміну від існуючих моделей описує зв'язок точнісних характеристик з керуванням кутом нахилу лотка та характеристиками сипкого матеріалу;

– вперше запропоновано підсистему вимірювання поточної маси сипких матеріалів з використанням лотка з тензометричними датчиками сили та змінним кутом нахилу, що дозволило підвищити точність автоматизованого дозування сипких матеріалів в порівнянні з існуючими аналогами;

– отримав подальший розвиток метод керування дозуванням сипких матеріалів на основі вимірювання їх вагових характеристик на конвеєрних лініях з застосуванням додаткового контуру керування кутом нахилу

автоматизованого ваговимірювального лотка, що дозволило реалізувати модернізовану схему керування конвеєрно-лотковими технологічними процесами дозування підвищеної точності;

– вдосконалено математичну модель руху сипкого матеріалу по похилій площині, закріпленій на тензOMETричних датчиках сили, що на відміну від існуючих моделей дозволяє враховувати поточну вологість цього матеріалу та виключити з алгоритму керування ваговимірювальним лотком параметр швидкості переміщення сипкого матеріалу.

Працездатність та достовірність одержаних математичних моделей підтверджена експериментально та статистичними методами.

Новизна вдосконалених конвеєрних систем для безперервного дозування сипких матеріалів за допомогою ваговимірювального лотка підтверджується патентами України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами проведених досліджень була розроблена автоматизована конвеєрно-лоткова ваговимірювальна система, що дозволяє проводити безперервне дозування широкого ряду сипких матеріалів з різною вологістю та температурою.

Вдосконалено структуру автоматизованої ваговимірювальної системи шляхом використання автоматизованого ваговимірювального лотка, закріпленого шарнірними з'єднаннями з тензOMETричними датчиками сили. Введення до складу системи автоматизованого ваговимірювального лотка з оригінальною конструкцією дозволило виключити недоліки, властиві системам, побудованим на базі конвеєрних вагів, і зменшити похибку дозування.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертації використані в практиці ряду підприємств та організацій: Харківське державне авіаційне виробниче підприємство (акт впровадження від 03.06.2009); ТОВ «Інженерне бюро авіаційного інститута» (м. Харків) (акт впровадження від 27.02.2009); Харківський госпрозрахунковий підрозділ «Сертифікаційний центр автоматичних систем керування» (акт впровадження від 07.05.2009); Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» (м. Харків) (акт впровадження від 12.02.2009); Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (акт впровадження від 29.05.2008).

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У публікаціях, написаних у співавторстві, здобувачеві належить: у [1, 7] – експериментальне дослідження автоматизованої ваговимірювальної системи та побудова моделей, що дозволяють описати зв'язок точнісних характеристик з керованим кутом нахилу лотка та характеристиками сипкого матеріалу; у [2, 8, 12] – розробка автоматизованої ваговимірювальної системи та її структурної схеми; у [3, 5, 11] – удосконалення способу вимірювання вагових характеристик сипких матеріалів на конвеєрних дозуючих лініях з застосуванням автоматизованого ваговимірювального лотка; у [4] – дослідження похибки автоматизованої ваговимірювальної системи безперервного дозування сипких матеріалів; у [6] – спосіб модернізації існуючих конвеєрних ліній з використанням засобів

автоматизації; у [9] – розробка підсистеми вимірювання поточної маси сипких матеріалів з використанням лотка з тензометричними датчиками сили; у [10] – спосіб автоматизованого керування процесом дозування сипких матеріалів; [13] – спосіб кріплення тензометричних датчиків сили в автоматизованій дозуючій системі.

Апробація результатів дисертації. Основні результати доповідалися й обговорювалися на міжнародних науково - технічних конференціях «ІКТМ – 2005» та «ІКТМ – 2006» (Харків, Національний аерокосмічний університет, 2005 р.; 2006 р.); міжнародній науково - технічній конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (Харків, Харківський національний технічний університет сільського господарства, 2005 р.); міжнародній науково - практичній конференції «Наукові дослідження - теорія та експеримент 2008» (Полтава, 2008 р.); міжнародній науково - практичній конференції «Керування, автоматизація і навколишнє середовище» (Севастополь, 2008 р.); міжнародному науково - технічному семінарі «Невизначеність вимірювань: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти» (Харків, Харківський національний університет радіоелектроніки, 2010р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 13 наукових працях, серед них: 7 статей у фахових виданнях ВАК України, 2 патента України, 4 тези доповідей.

Структура й обсяг роботи. Дисертація містить вступ, 4 розділи, висновки, перелік використаних джерел, додатки; повний обсяг дисертації викладений на 163 сторінках, що містять 36 рисунків за текстом, 14 таблиць за текстом, 137 найменувань використаних літературних джерел на 16 сторінках, 3 додатки на 22 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано основну мету та задачі дослідження, зазначено наукову новизну та надано стислу анотацію отриманих в дисертації результатів.

У першому розділі проведено аналіз проблеми автоматизованого керування дозуванням сипких матеріалів, здійснено аналіз систем керування та технічних засобів автоматизації.

Проведено аналіз існуючих систем для безперервного дозування сипких матеріалів, серед яких: конвеєрні вагові дозатори безперервної дії, конвеєрні вагові дозатори з електромагнітним або стрічковим живленням, вагодозуючі системи лоткового типу. Виявлено конструктивні недоліки автоматизованих вагодозуючих систем, що впливають на похибку дозування.

Зокрема, принцип дії конвеєрних ваг та стрічкових дозаторів базується на використанні поточних вимірювань значення тиску стрічки на тензометричні перетворювачі та швидкості стрічки конвеєра. Стиги стрічки та зміна її натягу сприймаються як зміна кількості продукту, що знаходиться на стрічці. Основним недоліком таких систем є значний вплив конвеєрної стрічки на

похибку дозування сипкого матеріалу, через можливість її розтягування, різної насипної щільності матеріалу на стрічці конвеєру.

Вагодозуючим системам лоткового типу властива проста конструкція та надійність, але їм властиві і наступні недоліки: витрата сипкого матеріалу нелінійно залежить від швидкості потоку, у вимірвальному тракті є зона нечутливості, яка обумовлена силами тертя та люфтами в опорах силопередаючих ричагів.

Аналіз систем керування дозуванням сипких матеріалів дозволив сформулювати основні задачі щодо вдосконалення автоматизованих вагодозуючих систем, що дозволило б поєднати можливості та переваги як конвеєрних систем, так і систем лоткового типу. Крім того, модернізована система має бути доповнена підсистемою вимірювання поточної маси сипких матеріалів з використанням лотка з тензометричними датчиками сили та змінним кутом нахилу, контуром цифрового керування кутом нахилу автоматизованого ваговимірювального лотка.

У другому розділі наведено результати математичного моделювання руху сипкого матеріалу по похилій площині. Проведено аналіз фізико - механічних властивостей сипких матеріалів, що впливають на характер їх переміщення по похилій площині, серед них: вологість, щільність, гранулометричний склад, сипкість, кут природного укосу та інші. Прикладені до похилої площини сили, що виникають при русі по ній сипкого матеріалу, зображено на рис. 1.

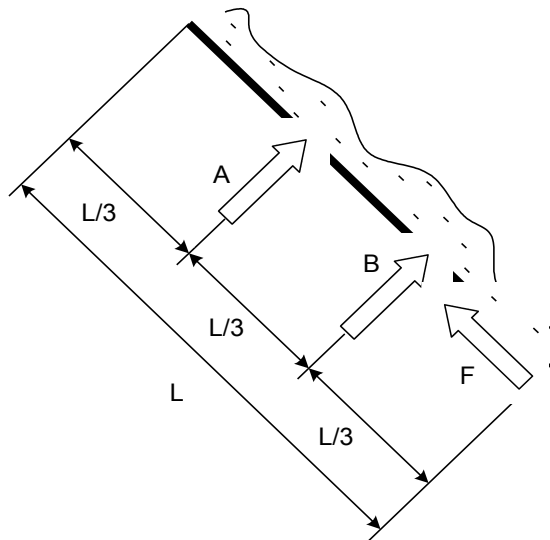


Рис. 1. Прикладені до похилої площини сили

Вдосконалено математичну модель переміщення сипкого матеріалу по похилій площині, закріпленій на тензометричних датчиках сили, що дозволяє враховувати поточну вологість сипких матеріалів та виключити з алгоритму керування ваговимірювальним лотком параметр швидкості переміщення сипкого матеріалу. Це значно полегшує задачу керування дозуванням, тому що

вимірювання швидкості сипкого матеріалу є дуже складним та трудоемким процесом, а вологість сипкого матеріалу впливає на результат вимірювання.

На основі вдосконаленої математичної моделі переміщення сипкого матеріалу по похилій площині отримано залежність для знаходження загальної маси витрати сипкого матеріалу, що дозволяє оцінювати продуктивність конвеєрної лінії дозування, не враховуючи швидкість переміщення сипкого матеріалу.

Миттєва маса M сипкого матеріалу з урахуванням вологості матеріалу визначається за наступними формулами:

$$M = (A + B) \sqrt{\frac{F}{6gLA}} . \quad (1)$$

$$F = \left(\frac{(A - B) + 2(A + 2B)}{3} \right) \operatorname{tg} \alpha - f_d \left(1 + \frac{nh}{b} \right) \nu \rho (1 + W) g \cos \alpha , \quad (2)$$

де A , B – сили, що вимірюються тензометричними датчиками; F – сила тертя; g – прискорення вільного падіння; L – довжина ваговимірювального лотка; α – кут нахилу ваговимірювального лотка; f_d – коефіцієнт тертя сипкого матеріалу в русі; $(1 + nh/b)$ – коефіцієнт, що враховує опір бокових стінок лотка; ρ – щільність сипкого матеріалу; V – об'єм сипкого матеріалу; W – вологість сипкого матеріалу.

Отримані результати математичного моделювання переміщення сипкого матеріалу по похилій площині лоткового дозатора були використані при подальшому проектуванні підсистеми вимірювання поточної маси сипких матеріалів.

У **третьому розділі** проведено моделювання та визначення кута нахилу ваговимірювального лотка від властивостей сипкого матеріалу, що використовується при автоматизованому керуванні процесом дозування. В процесі моделювання підсистеми вимірювання поточної маси сипких матеріалів із залученням методів планування експерименту використовувалась експериментальна установка, схему якої наведено на рис. 2.

При моделюванні ваговимірювальної системи на основі факторного експерименту в якості критеріїв оптимізації були обрані наступні показники якості безпервного дозування сипкого матеріалу: зведена похибка системи δ (%) та чутливість вимірювального лотка S (відношення змінювання вихідного сигналу до абсолютного змінювання вимірюваної величини).

Для визначення закономірностей процесу дозування та визначення оптимального кута нахилу лотка для змінних фізико-механічних властивостей матеріалів було сплановано та проведено багатфакторний експеримент типу 2^k , де кількість факторів $k = 3$, кількість дослідів $N = 8$, кількість повторних замірів в кожному досліді дорівнює 5.

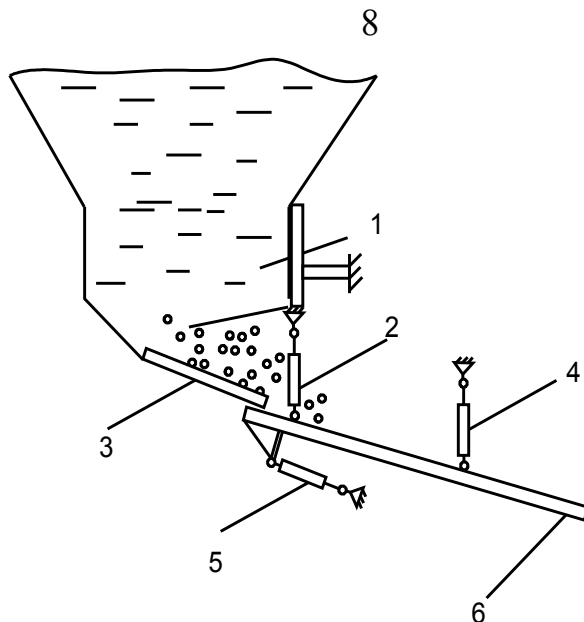


Рис. 2. Схема експериментальної установки:
 1 – бункер; 2, 4, 5 – тензометричні датчики сили; 3 – спрямовуючий лоток; 6 – ваговимірювальний лоток

На основі попередніх експериментів виявлено фактори, що найбільш впливають на процес безперервного дозування сипкого матеріалу в ваговимірювальній системі лоткового типу. До них належать: x_1 – кут нахилу ваговимірювального лотка, α , градуси; x_2 – вологість сипкого матеріалу, W , %; x_3 – коефіцієнт тертя сипкого матеріалу в русі, f_d .

Дослідження проводилися на сипких матеріалах різної вологості та з різними коефіцієнтами тертя (при варіюванні x_2 і x_3). За результатами попередніх досліджень були обрані основний рівень та інтервал варіювання по фактору $x_1(\alpha)$, а по факторам $x_2(W)$ і $x_3(f_d)$ – виходячи з довідкових даних фізико-хімічних властивостей сипких матеріалів. Рівні й інтервали варіювання по кожному з факторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Рівні і інтервали варіювання факторів

Фактори	Рівні факторів			Інтервали варіювання	Розмірність
	–	0	+		
$x_1(\alpha)$	30	37,5	45	7,5	градуси
$x_2(W)$	5	15	25	10	%
$x_3(f_d)$	0,48	0,58	0,68	0,10	–

Матриця планування та результати експериментів наведено в табл. 2, графічну залежність миттєвої витрати сипкого матеріалу від часу проведення експерименту наведено на рис. 3.

Матриця планування та результати експериментів

№ п/п	x_1	x_2	x_3	y	M , кг	ΔM , кг	δ , %	S
1	–	–	–	y_1	29,35	0,65	2,17	1,03
2	+	–	–	y_2	29,08	0,92	3,06	1,04
3	–	+	–	y_3	30,80	0,80	2,67	0,95
4	+	+	–	y_4	30,75	0,75	2,5	0,97
5	–	–	+	y_5	29,44	0,56	1,87	1,01
6	+	–	+	y_6	29,91	0,09	0,31	1,00
7	–	+	+	y_7	30,63	0,63	2,11	0,98
8	+	+	+	y_8	30,16	0,16	0,53	0,99

Общий расход

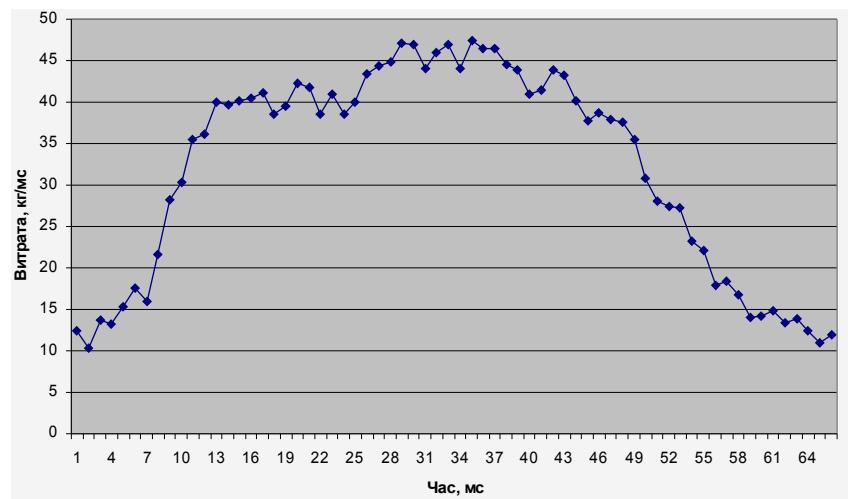


Рис. 3. Графічна залежність миттєвої витрати сипкого матеріалу від часу проведення експерименту

В процесі експериментального дослідження підсистеми вимірювання поточної маси сипких матеріалів та статистичної обробки результатів повного багатофакторного експерименту одержані математичні моделі (3) показників якості $Y(\delta)$ та $Y(S)$. Ці моделі визначають залежність від кута нахилу лотка та фізико-механічних властивостей сипкого матеріалу таких точнісних характеристик ваговимірювальної системи як похибка виміру δ (%) та чутливість вимірювального лотка S :

$$y(\delta) = 1,903 - 0,301x_1 + 0,050x_2 - 0,699x_3 - 0,676x_1x_2 - \\ - 1,026x_1x_3 + 0,064x_2x_3 + 0,128x_1x_2x_3; \quad (3)$$

$$y(S) = 0,998 + 0,0013x_1 - 0,0189x_2 + 0,0013x_3 - 0,366x_1x_2 -$$

$$-0,2586x_1x_3 + 0,0063x_2x_3 + 0,0038x_1x_2x_3 .$$

Достовірність отриманих результатів експериментів визначено за критерієм Стюдента. Адекватність математичних моделей визначено за критерієм Фішера.

В результаті інтерпретації коефіцієнтів математичних моделей (3) зроблені наступні висновки:

– найбільший вплив на похибку вимірювань (δ) має коефіцієнт тертя f_d сипкого матеріалу при переміщенні, що є одним з множників в залежності (2), яка показує залежність сили тертя від вологості сипкого матеріалу W . Значення сили тертя враховується при розрахунку продуктивності ваговимірювальної системи;

– найбільший вплив на чутливість ваговимірювального лотка S має вологість сипкого матеріалу W ;

– коефіцієнт тертя f_d сипкого матеріалу при переміщенні та кут нахилу ваговимірювального лотка α при сумісній взаємодії мають найбільший вплив на похибку вимірювань (δ);

– вологість сипкого матеріалу W та кут нахилу ваговимірювального лотка α при сумісній взаємодії мають найбільший вплив на чутливість ваговимірювального лотка S .

Проведені дослідження дозволили описати поведінку сипкого матеріалу в процесі переміщення по похилій площині ваговимірювального лотка при різних кутах нахилу й вологості сипкого матеріалу, виявити ступінь впливу окремих факторів, розкрити можливості поліпшення технічних показників системи, а також одержати певну інформацію для здійснення даної можливості. Встановлено, що кут нахилу ваговимірювального лотка необхідно змінювати в залежності від вологості сипкого матеріалу.

За результатами експериментів сформовано рекомендації з вибору раціональних значень кута нахилу ваговимірювального лотка в залежності від характеристик сипкого матеріалу, що дозується. Зокрема, для сипкого матеріалу (проблематичного в дозуванні) з коефіцієнтом тертя сипкого матеріалу $f_d=0,70$ та вологістю сипкого матеріалу $W = 14\%$ раціональним є кут нахилу ваговимірювального лотка $\alpha = 41,9^\circ$. При таких параметрах ваговимірювальна система має мінімальну похибку вимірювань ($\delta = 0,20\%$), як показали проведені експериментальні дослідження системи. Для інших значень факторів W і f_d кути нахилу лотка будуть мати інші раціональні значення, що знаходяться за допомогою моделей (3).

При експериментальному дослідженні процесу дозування сипкого матеріалу вологістю W від 5 до 23% та незмінним коефіцієнтом тертя сипкого матеріалу $f_d=0,70$ шляхом змінення кута нахилу ваговимірювального лотка α від 39 до 45° досягнута мінімальна похибка вимірювань ($\delta=0,20\%$).

Показники якості макетної моделі підсистеми вимірювання поточної маси сипких матеріалів з таким кутом нахилу лотка в достатній мірі збігаються з показниками, які визначені при оптимізації системи за математичними

моделями. А це, у свою чергу, підтверджує адекватність математичних моделей і правильність рішення оптимізаційної задачі.

У **четвертому розділі** розглянуті задачі автоматизації процесів керування безперервним дозуванням сипких матеріалів, що подаються на ваговимірювальний лоток з електроприводом по транспортеру конвеєрного типу з електроприводом. Запропонований варіант модернізації традиційної структури системи керування дозуванням передбачає використання двухконтурного цифрового керування вихідною продуктивністю та кутом нахилу лотка, що впливає на точність дозування. Для розрахунку вхідних уставок цифрових регуляторів використовуються моделі, що наведені в другому розділі дисертаційної роботи.

На рис. 4 наведена загальна структура технологічної лінії конвеєрно-лоткового дозування сипких матеріалів, до складу якої входять підсистема вимірювання поточної маси сипких матеріалів і виконуючі механізми.

В бункері 1 з сипким матеріалом, що дозується, розміщено електровібратор 2 та датчик 3 вологості матеріалу. Під бункером встановлено стрічковий конвеєр 4, на якому закріплені кінцеві вимикачі 5, датчик 6 розтягування стрічки конвеєра, датчик 7 швидкості руху стрічки конвеєра та електропривід 8 конвеєра. Під конвеєром закріплено автоматизований ваговимірювальний лоток 12, що зв'язаний шарнірним з'єднанням з тензометричними датчиками сили 9, 10, демпфером 11, і датчик 13 температури. Тензометричний датчик 10 закріплено до електроприводу 14 автоматизованого ваговимірювального лотка.

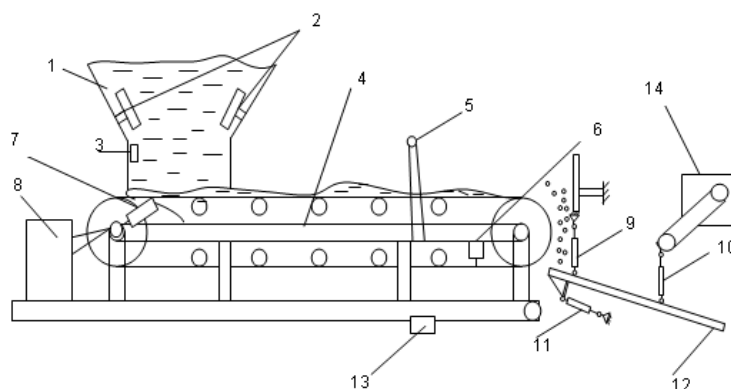


Рис. 4. Схема конвеєрно-лоткового дозування сипких матеріалів

У відповідності до схеми технологічного процесу дозування (рис. 5), як об'єкта керування, система керування цим процесом дозування повинна включати у своєму складі контури керування поточною вихідною продуктивністю, яка оцінюється в онлайн-режимі за допомогою запропонованої ваговимірювальної системи лоткового типу, та керування кутом нахилу лотка, що впливає на похибку вимірювання в залежності від поточних значень процесу, які контролюються (вологості та хімічного складу дозуемого сипкого матеріалу, температури матеріалу та навколишнього середовища, прослизання стрічки конвеєра).

Залежність похибки вимірювання від кута нахилу ваговимірювального лотка для різних значень параметрів процесу дозування, що контролюються, може бути задана за допомогою відповідних моделей, наведених у третьому розділі дисертаційної роботи. Враховуючи вплив на вихід таких моделей вологості сипкого матеріалу, що контролюється за допомогою датчика вологості у витратному бункері, в спрощеному варіанті системи керування для формування задаючих уставок в контурі керування кутом нахилу лотка можливо обмежитися вживанням залежності вигляду «вологість матеріалу – бажане значення кута нахилу лотка».



Рис. 5. Схема технологічного процесу дозування як об'єкта керування

На рис. 6 наведена схема контура цифрового керування продуктивністю дозуючої лінії. На схемі прийняті наступні умовні позначення: $y_1(t)$ – поточне значення продуктивності лінії (визначається за допомогою ваговимірювального лотка); $y_1^0(t)$ – задане значення продуктивності лінії (задається цифровою обчислювальною машиною верхнього рівня автоматизованої системи керування технологічним процесом); $e_1(t)$ – сигнал помилки керування; $U_1(k)$ – керуючий вплив; АЦП 1 – аналого-цифровий перетворювач; ЦР 1 – цифровий регулятор; ЦАП 1 – цифро-аналоговий перетворювач; ВМ 1 – виконуючий механізм (електропривід конвеєра); ОК 1 – конвеєрно-лотковий дозатор з тензодатчиками; $G_1(s)$ – передаточна функція безперервної частини контура; t , k – аргументи безперервного та дискретного часу відповідно.

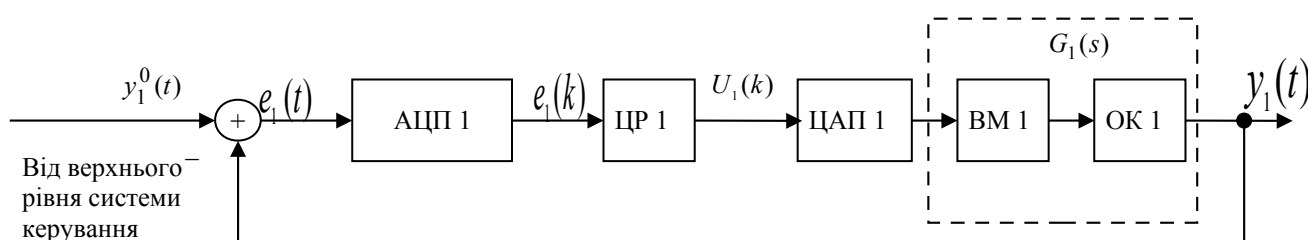


Рис. 6. Контур керування продуктивністю дозатора

На рис. 7 наведена схема контура цифрового керування кутом нахилу ваговимірювального лотка. На схемі прийняті наступні умовні позначення: $W(t)$ – поточне значення вологості сипкого матеріалу (визначається за допомогою датчика вологості у витратному бункері); $y_2(t)$ – поточне значення кута нахилу ваговимірювального лотка (визначається за допомогою датчика кута нахилу); $y_2^0(t)$ – задане значення кута нахилу ваговимірювального лотка (задається за допомогою моделі задання кута нахилу); $e_2(t)$ – сигнал помилки керування; $U_2(k)$ – керуючий вплив; АЦП2 – аналого-цифровий перетворювач; ЦР2 – цифровий регулятор; ЦАП2 – цифро-аналоговий перетворювач; ВМ2 – виконуючий механізм (електропривід лотка); ОК2 – ваговимірювальний лоток з датчиком кута нахилу; $G_2(s)$ – передаточна функція безперервної частини контура; t, k – аргументи безперервного та дискретного часу відповідно.

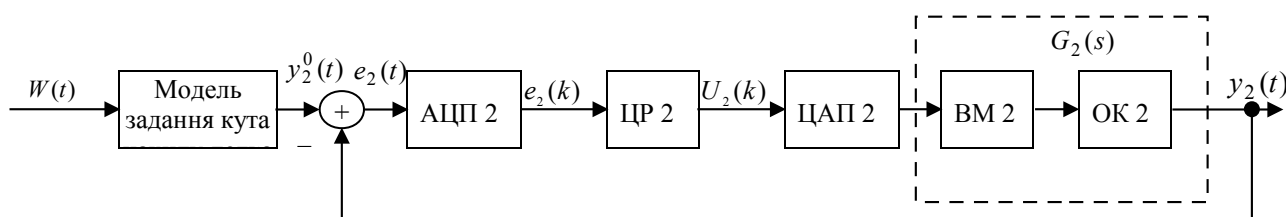


Рис. 7. Контур керування кутом нахилу ваговимірювального лотка

Схеми керування, що наведені на рис. 6 і 7, можна вважати незалежними, через те, що модель задання кута нахилу лотка не залежить від швидкості переміщення сипкого матеріалу по лотку, а, отже, незалежними є регульовані змінні $y_1(t)$ і $y_2(t)$, як це було встановлено в другому розділі дисертаційної роботи. На рис.8 наведено схему керування процесом дозованої подачі сипких компонентів.

Для побудови динамічних моделей безперервної частини системи керування (по каналам керування продуктивністю та кутом нахилу лотка) були використані дані пасивного реєстраційного експерименту.

Результати вимірювань використовувались в якості даних для розрахунків параметрів динамічної моделі об'єкта керування по модифікованому методу Сімою.

Для побудови передаточної функції були обрані інтервали обробки даних пасивного експерименту, що відображають характер протікання процесу при зміні продуктивності від 0,8 до 1,2 т/год і при зміні вологості шихти в бункері від 5 до 11%.

В результаті були отримані наступні передаточні функції, які найкраще апроксимують динамічні властивості об'єкту, що ідентифікується:

а) по каналу регулювання продуктивності

$$G_1(s) = \frac{5,07}{1,21S^2 + 3,75S + 1,09} \cdot e^{-3S}; \quad (4)$$

б) по каналу регулювання кута нахилу лотка

$$G_2(s) = \frac{3,25}{0,35S^2 + 2,1S + 1,1} \cdot e^{-3S}. \quad (5)$$

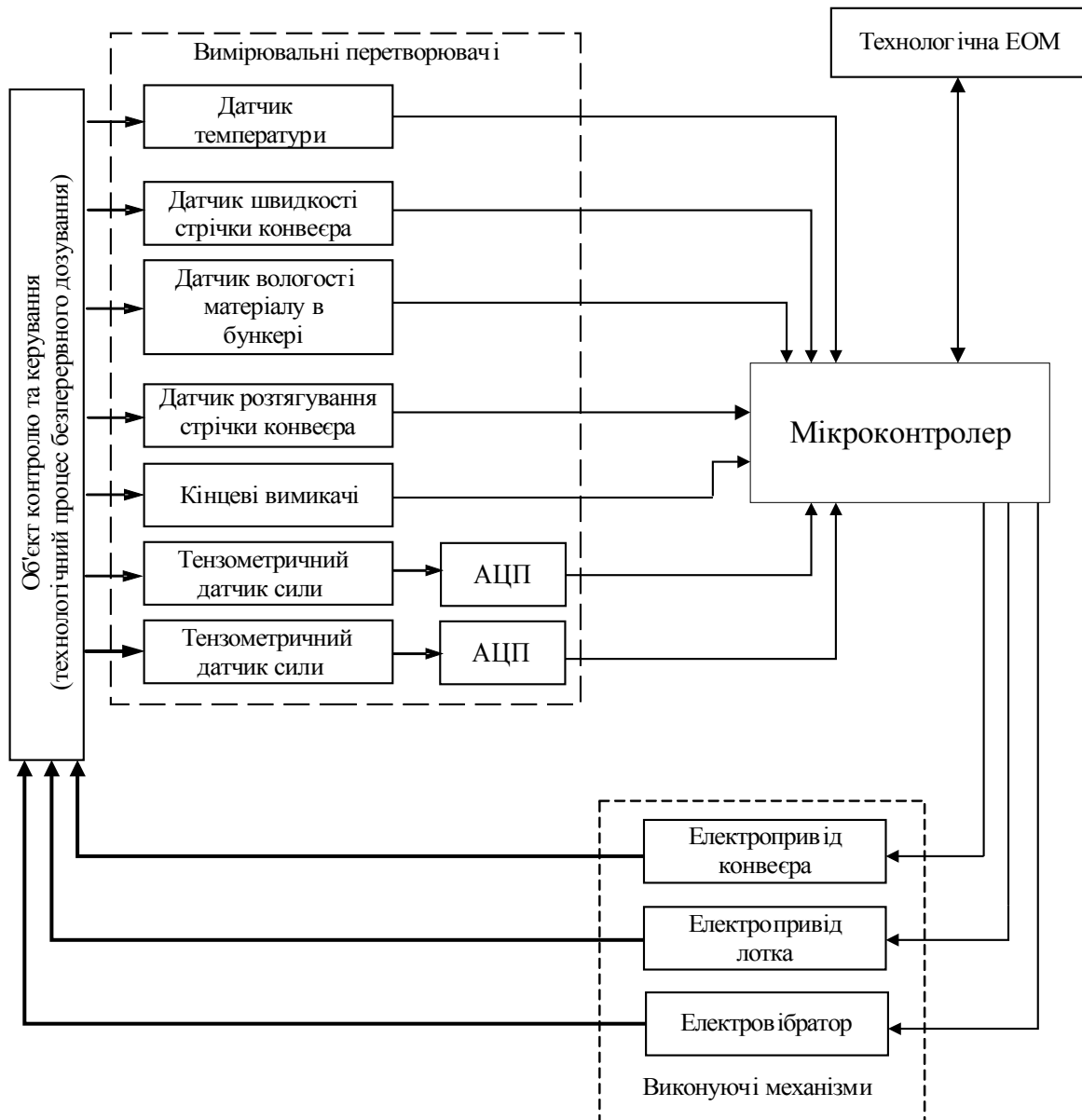


Рис. 8. Схема керування процесом дозованої подачі сипких матеріалів

Передаточні функції (4) і (5) були використані для визначення параметрів цифрових регуляторів ЦР1 (контур керування продуктивністю) і ЦР2 (контур керування кутом нахилу лотка) та моделювання роботи мікроконтролерної системи керування дозуванням шихти.

Амплітуда скачків на вході схем моделювання була обрана у відповідності до амплітуд скачків у фрагментах реєстраційних експериментів, що були використані для динамічної ідентифікації об'єктів керування.

Результати моделювання цифрового керування продуктивністю та кутом нахилу лотка наведено відповідно на рис. 9 і 10.

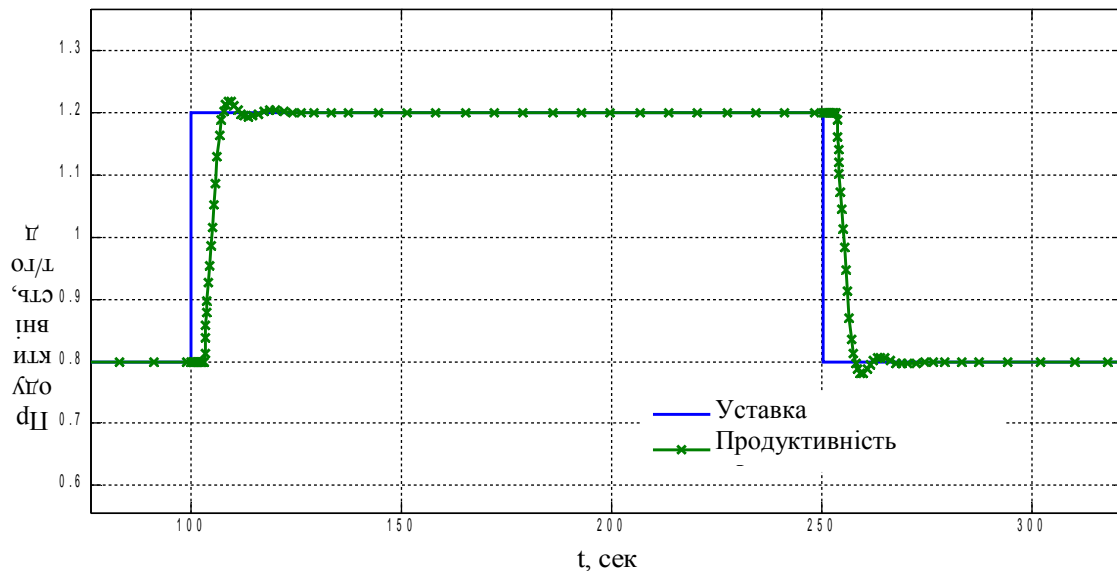


Рис. 9. Результати моделювання цифрового керування продуктивністю

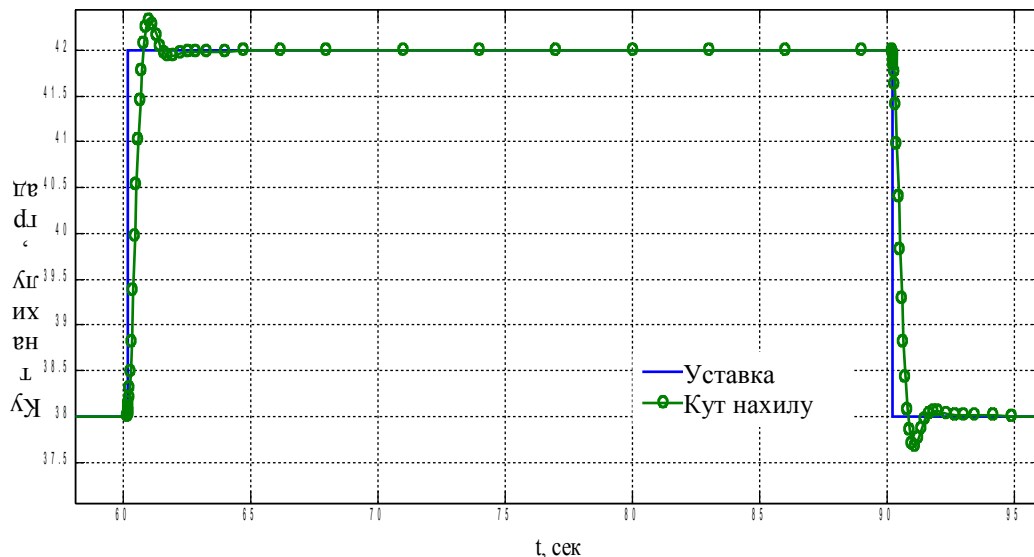


Рис. 10. Результати моделювання цифрового керування кутом нахилу лотка

Результати моделювання свідчать про високу якість синтезованої системи цифрового керування (час переходних процесів – 2,3 с і 1,8 с для каналів керування продуктивністю та кутом нахилу лотка відповідно, перерегулювання – 2,1% і 3,8% для каналів керування продуктивністю та кутом нахилу лотка відповідно). Розроблена автоматизована ваговимірювальна система має високі точнісні характеристики (похибка вимірювань не перевищує 0,35%).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково - технічна задача з розробки моделей та засобів автоматизації процесів керування дозуванням сипких матеріалів.

У ході досліджень отримані такі основні наукові й практичні результати:

1. Проведений аналіз показав, що ваговимірювальні системи є невід'ємною складовою сучасних коксохімічних виробництв і вмонтовуються в існуючі лінії транспортування сипких матеріалів для приготування багатокомпонентних сумішей. У роботі розглянуті й проаналізовані переваги й недоліки існуючих ваговимірювальних систем та засобів автоматизації, що застосовуються для безперервного дозування сипких матеріалів. Визначено, що існуючі системи мають недостатньо високу точність дозування.

2. Здійснено аналіз фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, що впливають на процеси їх витікання з бункера, транспортування стрічковим конвеєром й руху по похилій поверхні автоматизованого ваговимірювального лотка і на загальну похибку безперервного дозування в розробленій автоматизованій ваговимірювальній системі. Виконано моделювання режимів роботи системи для безперервного дозування сипких матеріалів при зміні їх фізико - механічних властивостей, спрямоване на підвищення точності дозування.

3. Вперше побудовано математичну модель безперервного дозування сипких матеріалів для автоматизованої ваговимірювальної системи, яка на відміну від існуючих моделей описує зв'язок точнісних характеристик з керованим кутом нахилу лотка та характеристиками сипкого матеріалу.

4. Вперше запропоновано підсистему вимірювання поточної маси сипких матеріалів з використанням лотка з тензометричними датчиками сили та змінним кутом нахилу, що дозволило підвищити точність автоматизованого дозування сипких матеріалів в порівнянні з існуючими аналогами.

5. Отримав подальший розвиток метод керування дозуванням сипких матеріалів на основі вимірювання їх вагових характеристик на конвеєрних лініях з застосуванням додаткового контуру керування кутом нахилу автоматизованого ваговимірювального лотка, що дозволило реалізувати модернізовану схему керування конвеєрно-лотковими технологічними процесами дозування підвищеної точності.

6. Вдосконалено математичну модель руху сипкого матеріалу по похилій площині, закріпленій на тензометричних датчиках сили, що на відміну від існуючих моделей дозволяє враховувати поточну вологість цього матеріалу та виключити з алгоритму керування ваговимірювальним лотком параметр швидкості переміщення сипкого матеріалу.

7. Побудовано макетну модель ваговимірювальної системи та проведено експериментальні дослідження за допомогою методів планування багатофакторного експерименту. При експериментальному дослідженні процесу дозування сипкого матеріалу вологістю W від 5 до 23 % з незмінним

коефіцієнтом тертя сипкого матеріалу при переміщенні $f_d = 0,70$ шляхом зміни кута нахилу ваговимірювального лотка α від 39 до 45° досягнута мінімальна похибка вимірювання $\delta = 0,20\%$, що в $2,5$ рази менше, ніж відповідна похибка для існуючих аналогів. Отримано залежність рекомендованих значень кута нахилу лотка від поточної вологості матеріалу, що в подальшому використано в системі керування процесом дозування.

8. Макетна модель ваговимірювальної системи дозволила дослідити сили, що впливають на ваговимірювальний лоток при переміщенні по його поверхні сипкого матеріалу, та підтвердила працездатність розробленої конструкції автоматизованого ваговимірювального лотка й способу кріплення тензометричних датчиків.

9. Модернізовано структуру автоматизованої дворівневої системи керування безперервним дозуванням сипких матеріалів шляхом введення до її складу контурів мікроконтролерного керування продуктивністю конвеєрної лінії та кутом нахилу ваговимірювального лотка. Отримані передаточні функції, які найкраще апроксимують динамічні властивості об'єкту, що ідентифікується, по каналу регулювання продуктивності та каналу регулювання кута нахилу лотка. Проведено моделювання контурів цифрового керування продуктивністю та кутом нахилу лотка. Результати моделювання свідчать про високу якість синтезованої системи цифрового керування.

10. Отримані результати розширюють науково-технічну базу проектування ваговимірювальних систем з високими техніко-економічними показниками, а їх достовірність підтверджується апробацією й впровадженням у практику підприємств: Харківське державне авіаційне виробниче підприємство, ТОВ «Інженерне бюро авіаційного інститута» (м. Харків), Харківський госпрозрахунковий підрозділ «Сертифікаційний центр автоматичних систем керування» та в навчальні процеси Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» і Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Калашников Е.Е. Экспериментальное исследование весоизмерительной системы непрерывного действия / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Научно-технический журнал Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии».— Харьков: ХАИ. —2007. — Вып.35. — С. 196–199.

2. Калашников Е. Е. Весоизмерительная система для непрерывного дозирования сыпучих материалов / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Научно-технический журнал Национального

аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии».– Харьков: ХАИ. – 2008.– Вып.38. – С. 146–149.

3. Калашников Е.Е. Оценка точности непрерывного дозирования сыпучих материалов / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Научно-технический журнал Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» «Радіоелектронні і комп'ютерні системи».– Харьков: ХАИ. –2008.– Вып.1. – С. 143–147.

4. Калашников Е.Е. Моделирование и оптимизация весоизмерительной системы для непрерывного дозирования сыпучих материалов / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, Г.А. Черепашук // Науковий журнал Запорізького національного технічного університету «Радіоелектроніка, інформатика, управління».– Запорожье: ЗНТУ. – 2010.– Вып. 1 (22) – С. 78–82.

5. Калашников Е.Е. Автоматизированная весоизмерительная система / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. –2005.– Т.2, №2. – С.179–182.

6. Калашников Е.Е. Способ модернизации существующих весоизмерительных систем на базе ленточного конвейера / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук. – Севастополь: Вестник СевГТУ.–2009.– Вып.95. – С.36–39.

7. Калашников Е.Е. Оптимальное планирование эксперимента при исследовании погрешностей приборов и систем / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба «Системи обробки інформації». – Харьков: ХУ ПС.–2010.–Вып.4 (85).–С.89–91.

8. Пат. 18286, Украина, МПК G 01 F 11/00. Весоизмерительная система / Кошевой Н.Д., Черепашук Г.А., Калашников Е.Е.; заявитель и патентообладатель Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». – Заявл. 20.03.06; Оpubл. 15.11.06, Бюл. N 11.

9. Пат. 27285, Украина, МПК G 01 F 11/00. Весоизмерительная система / Кошевой Н.Д., Черепашук Г.А., Калашников Е.Е.; заявитель и патентообладатель Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». – Заявл. 08.06.07; Оpubл. 25.10.07, Бюл. N 17.

10. Калашніков Є.Є. Аналіз керування процесом дозування сипких сумішей / Є. Є. Калашніков // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні «ІКТМ – 2005»: Міжнар. наук.-техн. конф. 23–28 лист. 2005 г.: Тези доп. – Харків: ХАІ. – 2005. – С.173.

11. Калашніков Є.Є. Ваговимірвальна система для дозування сипких матеріалів / Є.Є. Калашніков, М.Д. Кошовий, Г.О. Черепашук // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні «ІКТМ – 2006»: Міжнар. наук.-техн. конф. 14–17 лист. 2006 г.: Тези доп.– Харків: ХАІ. – 2006. – С. 126.

12. Калашников Е.Е. Весоизмерительная система для приготовления сыпучих смесей / Е. Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2008: Міжнар. наук.-практ. конф. 19–21 травня 2008 г.: Тези доп.– Полтава: Вид-во «Інтер Графіка», 2008. – Т.8. – С.122.

13. Калашников Е.Е. Об одном процессе приготовления сыпучих смесей / Е.Е. Калашников, Н.Д. Кошевой, Г.А. Черепашук // Управление, автоматизация и окружающая среда: Междунар. научно – практ. конф. 8 – 13 сент. 2008 г.: Тезисы докл. – Севастополь: СевГТУ, 2008.–С.80–82.

АНОТАЦІЇ

Калашніков Є.Є. Моделі та засоби автоматизації процесів керування дозуванням сипких матеріалів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2011.

Дисертація присвячена розв’язанню важливої науково-технічної задачі з підвищення точності роботи систем автоматизованого керування процесами дозування сипких матеріалів.

Вдосконалено математичну модель руху сипкого матеріалу по похилій площині, закріпленій на тензометричних датчиках сили, що дозволяє, на відміну від існуючих моделей, врахувати фізико-механічні властивості цього матеріалу та виключити з алгоритму керування ваговимірювальним лотком параметр швидкості переміщення сипкого матеріалу.

Отримав подальший розвиток метод керування дозуванням сипких матеріалів на основі вимірювання їх вагових характеристик на конвеєрних лініях з застосуванням автоматизованого ваговимірювального лотка.

Вдосконалено структуру автоматизованої ваговимірювальної системи шляхом використання автоматизованого ваговимірювального лотка, закріпленого шарнірними з’єднаннями з тензометричними датчиками сили. Введення до складу системи автоматизованого ваговимірювального лотка з оригінальною конструкцією дозволило виключити недоліки, властиві системам, побудованим на базі конвеєрних ваг, і зменшити похибку дозування.

Ключові слова: автоматизація, керування, ваговимірювальний лоток, мікроконтролер, сипкий матеріал, безперервність дозування, похибка дозування.

Калашников Е.Е. Модели и средства автоматизации процессов управления дозированием сыпучих материалов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – автоматизация процессов управления. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2011.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-технической задачи по повышению точности работы систем

автоматизированного управления процессами дозирования сыпучих материалов.

Процесс автоматизированного управления дозированием сыпучих материалов и приготовления многокомпонентных смесей является неотъемлемой частью технологических процессов предприятий горнодобывающей, химической и пищевой промышленности. Определение таких параметров технологического процесса, как вес или расход материала, позволяет контролировать и регистрировать данные этого процесса, а также непосредственно управлять им и влиять на него. Повышение эффективности управления технологическим процессом невозможно без внедрения автоматизированных систем.

Возрастающие требования к качеству производимой предприятиями продукции обуславливают ужесточение требований к качеству управления технологическими процессами. В частности, одной из наиболее важных задач систем непрерывного дозирования, входящих в технологический цикл многих предприятий химической, энергетической и пищевой промышленности, является обеспечение равномерной подачи материала строго в соответствии с рецептурой, что становится возможным лишь за счет повышения качества процесса управления и повышения уровня автоматизации.

Таким образом, актуальным представляется выполнение научных исследований по разработке эффективных методов и средств автоматизированного контроля и управления технологическими процессами дозирования сыпучих материалов для весоизмерительных систем конвейерного типа с лотковыми дозаторами.

В диссертации проведен анализ физико-механических свойств сыпучих материалов, влияющих на процессы истечения из бункера и движения по наклонной поверхности автоматизированного весоизмерительного лотка, и, следовательно, на точность непрерывного дозирования в разработанной автоматизированной весоизмерительной системе. Выполнено моделирование режимов работы системы для непрерывного дозирования сыпучих материалов при изменении физико-механических свойств сыпучих материалов, направленное на повышение точности дозирования.

Впервые построена математическая модель непрерывного дозирования сыпучих материалов для автоматизированной весоизмерительной системы, которая в отличие от существующих моделей описывает связь ее точностных характеристик с управляемым углом наклона лотка и свойствами сыпучего материала.

Впервые предложена подсистема измерения текущей массы сыпучих материалов с использованием лотка с тензометрическими датчиками силы и сменным углом наклона, что позволило повысить точность автоматизированного дозирования сыпучих материалов в сравнении с существующими аналогами.

Получил дальнейшее развитие метод управления дозированием сыпучих материалов на основе измерения их весовых характеристик на конвейерных линиях с использованием дополнительного контура управления углом наклона

автоматизированного весоизмерительного лотка, что позволило реализовать модернизированную схему управления конвейерно-лотковыми технологическими процессами дозирования повышенной точности.

Усовершенствована математическая модель движения сыпучего материала по наклонной плоскости, закрепленной на тензометрических датчиках силы, которая в отличие от существующих моделей позволяет учитывать текущую влажность этого материала и исключить с алгоритма управления весоизмерительным лотком параметр скорости перемещения сыпучего материала.

Получены передаточные функции, наилучшим образом аппроксимирующие динамические свойства идентифицируемого объекта, по каналу регулирования производительности и каналу регулирования угла наклона лотка. Проведено моделирование контуров цифрового управления производительностью и углом наклона лотка. Результаты моделирования свидетельствуют о высоком качестве синтезированной системы цифрового управления.

Ключевые слова: автоматизация, управление, весоизмерительный лоток, микроконтроллер, сыпучий материал, непрерывность дозирования, погрешность дозирования.

Kalashnikov E.E. Models and automation facilities for the processes of loose material dosing control. – Manuscript.

Candidate's thesis for obtaining the scientific degree of engineering sciences on speciality 05.13.07 – automation of control processes. – Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, 2011.

The thesis covers an important scientific and technical problem related to the development of models and automation facilities for the processes of loose material dosing control.

The mathematical model of the movement of loose material on an inclined surface fixed on three tensometric force transducers has been improved which allows to consider physical and mechanical properties of the material (in particular, its humidity) and to exclude the parameter of loose material velocity from the algorithm of weight-metering tray control.

The method of loose material dosing control on the basis of weight characteristics measurement on a conveyor line using an automated weight-metering tray has received further development.

The structure of the automated two-level control system of continuous dosing of loose materials is modernized by embedding microcontroller contours into the system for the control of conveyor line capacity and inclination angle of weight-metering tray.

Key words: automation, control, weight-metering tray, microcontroller, loose material, continuity of dosing, dosing inaccuracy.

Підп. до друку 25.05.2011. Формат 60x84 1/16. Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 2,1. Облік. вид. арк. 2,0 Тираж 100 прим.
Ціна договірна Зам №2-448

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14