

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Середа Олександр Дмитрович

УДК 681.268.4:62.189.2

**ВИСОКОТОЧНІ ДОЗУЮЧІ ПРИСТРОЇ З ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛОМ
СКЛАДОВИХ ДОЗИ ДЛЯ ФАСОВОЧНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.13.05 – елементи та пристрої обчислювальної техніки
та систем керування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Овчаренко Олександр Іванович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри вимірювально-інформаційної техніки

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Дмитрієнко Валерій Дмитрович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри обчислювальної техніки і програмування,

кандидат технічних наук, доцент
Ситнік Борис Тимофійович,
Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків
доцент кафедри автоматики і комп’ютерних систем управління

Провідна установа:

Одеський національний політехнічний університет,
кафедра комп’ютерних систем,
Міністерство освіти і науки України, м. Одеса

Захист відбудеться “ 27 ” 04 2004 р. о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий “ 25 ” березня 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Голоскоков О.Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення точності фасування сипких продуктів є актуальною задачею, вирішення якої зменшує ризики виробника й покупця у переробній і харчовій промисловості, сільському господарстві, будівництві, торгівлі. Після тотального переходу при ваговому дозуванні на тензOMETричні давачі і пневматику, які забезпечують максимальну швидкість керування виконавчими елементами, фактично не виконувалися системні дослідження проблем підвищення точності дозування як взагалі, так і за допомогою розподілу складових дози, зокрема у часі. Разом з тим, використання лише тензOMETричних давачів дає не дуже значний виграш у точності тому, що проблема підвищення точності є комплексною. Зокрема, для узгодження продуктивності дозатора й пакувальника застосовують багатоканальні дозатори, точносна нерівномірність роботи яких накладає специфічні відбитки на точність фасовочних систем. Специфікою є й домінування динамічної складової похибки дозування. Це дозволяє стверджувати, що ступінь дослідження даної тематики явно недостатній, а проблеми досліджень і розробок в області підвищення точності дискретних дозаторів з часовим розподілом складових дози (ДДРЧ) є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі вимірювально-інформаційної техніки НТУ «Харківський політехнічний інститут» у рамках її наукового напрямку «Оптимальне керування динамічними системами в умовах невизначеності з урахуванням можливості їх самоконтролю» на протязі 2000–2002 рр. У межах цього напрямку було виконано господарсько-договірної роботу № 61999 від 17.06.2002г. між НТУ «ХПІ» і ТОВ «Виробнича група «ТФК» по розробці метода та алгоритмів для інформаційно-діагностичної системи дискретних дозаторів фасовочно-пакувальних систем, яка координувалась держбюджетною темою «Дослідження проблем прикладної метрології при вирішенні задач управління якістю промислової продукції та самоконтролю технічних систем» (план прикладних робіт МОН України, ДР № 010U0001647). Також робота виконувалась у відповідності з господарськими договорами між підприємством ТОВ «Інженерна група «ТФК» і підприємством з іноземними інвестиціями «Боніта» за № 26 від 09.08.2001 р.; з АТ «Харківська бісквітна фабрика» за № 36 від 28.05.2002 р.; з АТ «Хмельницька макаронна фабрика» за № 33 від 23.05.2002 р. по розробці високошвидкісних та високоточних пристроїв дозування і пакування.

Мета і задачі дослідження. Метою даної дисертаційної роботи є підвищення точності фасовочних систем з дискретними дозаторами з розподілом складових дози у часі на основі нових пристроїв й алгоритмів контролю і керування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні задачі:

- класифікувати дозатори, пристрої для їх керування і порушення точності у багатоканальних дозаторах та створити методику дослідження цих порушень;
- виявити процеси й пристрої, які є потенційно слабкими за точністю та розробити пристрої й алгоритми їх функціонування, які здатні підвищити точність ДДРЧ;
- дослідити фактори, що впливають на сипкість продукту та створити методику синтезу комплексних моделей сипкості продуктів, що дозуються;
- створити й дослідити пристрої керування, які б забезпечили стабілізацію продуктивності ДДРЧ в умовах різних, змінюючихся у часі параметрів як продуктів, що дозуються, так і трубопроводів;
- на основі виконаних досліджень розробити комплекс уніфікованих технічних засобів для побудови систем контролю й керування дозаторами;
- впровадити результати дисертаційної роботи у промисловість у вигляді фасовочних систем, що випускаються серійно, та комплексів уніфікованих технічних засобів для їх побудови.

Предмет дослідження : методи та засоби підвищення точності фасування сипких продуктів.

Об'єкт дослідження: дозатори сипких продуктів з розподілом складових дози у часі.

Методи дослідження, що застосовані в роботі: теорія безперервних й дискретних систем управління, теорія електричних ланцюгів; теорія цифрової обробки сигналів; теорія ідентифікації; цифрове моделювання; регресійний, дисперсійний та кореляційний аналіз; метрологія й теорія точності.

Наукова новина одержаних результатів роботи полягає в наступному:

- запропоновано нові класифікатори дозаторів за ознакою «спосіб розподілу складових дози» та пристроїв керування ними і порушень точності;
- отримано аналітичний вираз для оцінки динамічної похибки ДДРЧ, яке є функцією насипної щільності дозуємого продукту, об'ємної витрати у дозуючих вузлах й транспортного запізнення у дозаторі;
- одержані аналітичні умови для геометрії бункеру, при виконанні яких можна застосовувати методи аналізу систем з постійними параметрами, а також аналітичні вирази для амплітуди й періоду автоколивань для транспортних систем регулювання рівня продукту у приймаючому бункері дозатора;
- розроблено методику оцінювання сипкості дозуємих продуктів, в наслідок використання якої можуть бути отримані регресійні моделі питомої витрати сипучого продукту, що застосовуються для адаптивного керування ДДРЧ;
- запропоновано новий спосіб аналого-цифрового перетворення амплітудних значень періодичних сигналів на основі квадратичної регресії.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі розроблених теоретичних положень та виконаних експериментальних дос-

ліджень розроблені, досліджені і впроваджені у промисловість комплекси технічних засобів й ДДРЧ на їхній основі.

Результати роботи у виді ДДРЧ впроваджені на найбільших макаронних підприємствах України та Росії (фабрика «Боніта», Луцьк; АТ «Хмельницька макаронна фабрика», АТ «Харківська бісквітна фабрика», АТ «Смоленська макаронна фабрика» і ін.), а також у ряді малих та середніх підприємств. Окремі положення й результати роботи застосовуються на кафедрі вимірювально-інформаційної техніки НТУ «ХПІ», на філії цієї кафедри – підприємстві ТОВ «Інженерна група «ТФК» у лекційних курсах «Основи ідентифікації», «Основи мікропроцесорної техніки», а також при виконанні курсових та дипломних робіт.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем запропонована нова методика системного аналізу якості процесів дозування сипких продуктів, в основі якої лежить динамічна похибка, запропонована класифікація ДДРЧ та їх складових, сформульовані методичні основи оптимального параметричного синтезу алгоритмів дозування та укладені теоретичні основи побудови всіх основних пристроїв для систем дозування. Вся практична робота з розробки та дослідження нових пристроїв керування дозаторами виконана здобувачем особисто, а роботи з впровадження цих пристроїв у складі фасовочно-пакувальних систем – під керівництвом здобувача і при його особистій участі.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати, положення дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції MicroCAD-2001 «Наука і соціальні проблеми суспільства: людина, техніка, технологія, довкілля». - Харків: НТУ «ХПІ». – 2001; X міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2002; 15-й міжнародній школі-семінарі «Перспективні системи керування на залізничному, промисловому та міському транспорті». – Алушта: УкрДАЗТ. - 2002; 3-й міжнародній конференції «Машинобудівники – підприємствам галузі хлібопродуктів». - Москва: Пищепромиздат. – 2002; 2-й міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатики і моделювання». – Харків: НТУ «ХПІ». - 2002; 2-й міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційна техніка та електромеханіка» (ІТЕМ-2003). – Луганськ: СЛУ. – 2003 (3 доповіді).

Розроблені пристрої у складі ФУО демонструвалися і були відзначені грамотами на виставках: «Продукспо» (Москва); «Продпакекспо» (Москва); «Пак Україна» (Київ); «Росупак» (Москва); «Агропродмаш» (Москва) у 2000–2003рр.. Апробація результатів роботи також здійснена шляхом промислової експлуатації дозаторів та фасовочно-пакувального обладнання серії ТФК ПАК-3 на підприємствах України та Росії.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані автором в 17 нау-

кових роботах, з них: 6 статей у журналах та збірниках наукових праць, що рекомендовані ВАК України, у тому числі 4 статті у наукових журналах та 2 статті у збірниках наукових праць; 1 патент України на промисловий зразок; 8 доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях і 2 публікації у науково-технічних журналах.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел й додатків. Повний обсяг дисертації складає 218 сторінок: 70 ілюстрацій за текстом; 17 таблиць за текстом, 2 таблиці на 4 сторінках; 5 додатків на 67 сторінках; 80 найменувань використаних літературних джерел на 7 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показане використання ДДРЧ, як основного дозуючого пристрою, обґрунтована актуальність теми дисертації; сформульовані мета та основні задачі роботи, наукова новизна і практичне значення результатів. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, наведені відомості щодо публікацій та особистого внеску здобувача.

У першому розділі проведено огляд і аналіз стану проблеми. Наведено стислу характеристику сучасних промислових фасовочних систем. Дозатор, який є найбільш складним у технічному й алгоритмічному відношеннях пристрій, визначає основні характеристики технологічних ліній (продуктивність, точність й вартість).

Розглянуто принципи побудови вагових та об'ємних дозаторів. Показано, що високу точність принципово здатні забезпечувати тільки вагові дозатори з тензометричними давачами маси. Встановлено, що завдяки застосуванню сучасних пневматичних виконавчих елементів досягнута майже гранична швидкодія дозаторів. Однак, точність лінійних дозуючих пристроїв, у тому числі й багатоканальних, залишає бажати кращого. Це пов'язано з недосконалістю елементарної бази цих дозаторів та алгоритмів керування ними. У багатоканальних дозаторах виникають специфічні проблеми порушення точності, пов'язані саме з багатоканальністю. Більш того, проблеми точності стають причиною порушень у швидкості роботи каналів, що призводить до створення черг в обслуговуванні пакувальником і, як наслідок, до зниження продуктивності.

Аналіз існуючих засобів дозування показав: усі вони використовують принцип поділу дози на складові. Цей принцип у підсумку зменшує динамічну похибку, яка є домінуючою і має місце при інтегруванні витрати сипкої речовини за часом. Тільки за допомогою цього принципу можливе дозування з наведеними похибками на рівні десятих часток відсотка і менше. Здобувачем запропонована коренева морфологічна класифікаційна ознака - спосіб розподілу

процедур формування складових дози. За цією ознакою всі дискретні дозатори можна розділити на три групи: з розподілом у часі (лінійні дозатори), з просторовим розподілом у (комбінаційні дозатори), з розподілом у часі і просторі (дозатори Попова). Лінійні дозатори, в наслідок своєї простоти, надійності, відносно низької ціни, знайшли широке застосування у практиці фасування. Саме вони обрані у якості предмета досліджень дисертації. Здобувачем запропонована розширена класифікація (ДДРЧ), яка приведена на рис.1.

Під час метрологічного обстеження фасовочних систем можуть виникнути різні сполучення взаємного розташування між центром розподілу маси одиниці фасування та границями допусків.

Класифікаційна ознака	Алгоритмічний різновид	
Спосіб дозування	Брутто 1	Нетто 0
Кількість рівнобіжно працюючих каналів	Один 1	Декілька 0
Наявність протифазних Підканалів у каналі	Немає 1	Є 0
Спосіб регулювання витрати	Швидкість Потоку 1	Площа перетину 0
Спосіб формування Складових дози	Ваговий 1	Об'ємно-ваговий 0

Рис.1. Класифікація алгоритмів ДДРЧ

Окремо для одномодальних і двомодальних розподілів розглянуті можливі випадки сполучень систематичних та випадкових похибок у багатоканальних дозаторах. Досліджено основні джерела виникнення похибок. Показано, що динамічна похибка є домінуючою та визначає клас точності дозаторів.

Отримано вираз для середньоквадратичної похибки маси дози:

$$\sigma_M = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial \gamma}\right)^2 \sigma_\gamma^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial R}\right)^2 \sigma_R^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial \tau}\right)^2 \sigma_\tau^2} = \sqrt{(R\tau\sigma_\gamma)^2 + (\gamma\tau\sigma_R)^2 + (\gamma R\sigma_\tau)^2}, \quad (1)$$

де M [кг] – маса дози; R [м³/с] – об'ємні витрати продукту через регулюючий орган; γ [кг/м³] – насипна щільність продукту; τ [с] – транспортне запізнення від моменту досягнення заданої маси дози до моменту перекриття потоку продукту.

На підставі виразу (1) сформульовані основні вимоги до конструкції дозаторів та продуктів, що дозуються з точки зору мінімізації математичного очікування динамічної похибки і позначені основні шляхи щодо усунення або зменшення дії впливаючих факторів.

Наприкінці розділу сформульовані основні задачі досліджень.

У другому розділі досліджено порушення точності у багатоканальних дозаторах та розроблені методи їхнього виявлення й оцінювання. Відзначено, що порушення у багатоканальних дозаторах можуть бути амплітудними (точнос-

ними) та часовими. Для подальших досліджень важливо виявити модельний характер відзначених порушень (рис.2), обмежений практично важливим випадком чотирьохканальних дозаторів. Загальний запис циклічного часового ряду (приведений в термінах абсолютних похибок):

$$q_{k+1} = q_1; q_{k+2} = q_2; \dots q_{k+k} = q_k; \dots q_N = q_k, \quad (2)$$

де N – число членів часового ряду, причому $N/k \in 1, 2, \dots p$; $q_i = M_i - M_3$; M_3 – задане значення дози.

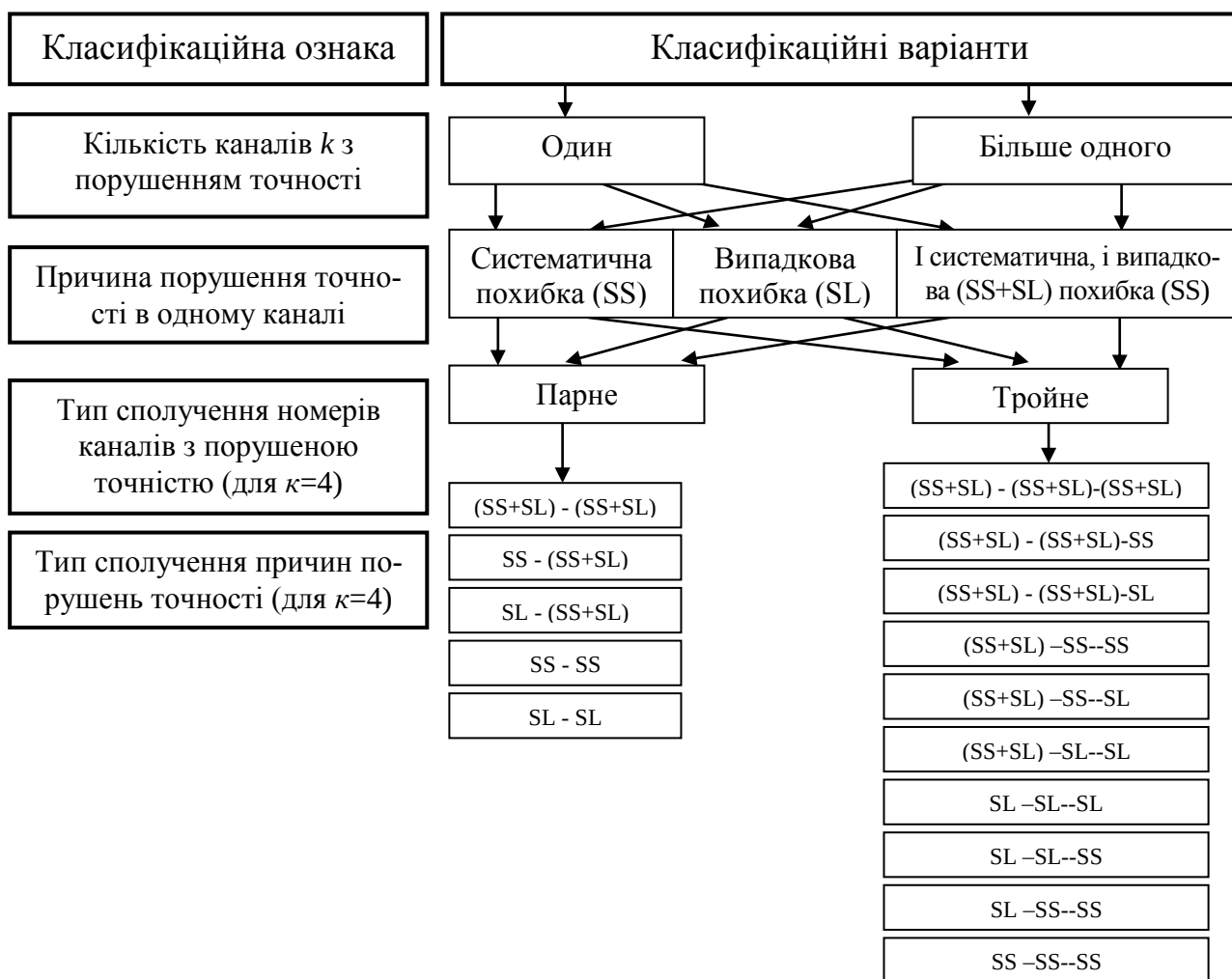


Рис.2. Класифікаційний граф варіантів порушення точності, обмежений випадком чотирьохканальних дозаторів

Ряди з коректно (за змістом ефекту Слуцкого-Юла) виключеним трендом з порушеною точністю на періодах циклічності можна представити у вигляді:

а) для однократних порушень (наприклад, у першому каналі):

[illegible]

де $\xi = SS$ (систематична), або $\xi = SL$ (випадкова похибка), або $\xi = SS+SL$ (їх

сума), у кожному з 3-х випадків перевищує задану величину похибки каналу; ε_i (для $i \in \{1, 2, \dots, N\}$) – розподілена за нормальним законом випадкова величина з нульовим середнім значенням і дисперсією, що задовольняє вимогам до точності каналу. Обмеження на ε_i припускають, що у каналах, які працюють без порушення точності, систематична похибка зведена до нуля чи зневажливо мала в порівнянні з випадковою похибкою величини.

б) для дворазових порушень (наприклад, у каналах із сусідніми номерами):

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \zeta + \varepsilon_1; q_2 = \zeta + \varepsilon_2; \dots q_k = \varepsilon_k; \\ q_{k+1} = \zeta + \varepsilon_{\kappa+1}; q_{k+2} = \zeta + \varepsilon_{\kappa+2}; \dots q_{k+\kappa} = \varepsilon_{k+\kappa}; \\ q_{2k+1} = \zeta + \varepsilon_{2\kappa+1}; q_{2k+2} = \zeta + \varepsilon_{2\kappa+2}; \dots q_{2k+\kappa} = \varepsilon_{2k+\kappa}; \\ \dots\dots\dots \\ q_{(p-1)k+1} = \zeta + \varepsilon_{(p-1)\kappa+1}; q_{(p-1)k+2} = \zeta + \varepsilon_{(p-1)\kappa+2}; \dots q_N = \varepsilon_N, \end{array} \right. \quad (4)$$

в) для триразових порушень (наприклад, у каналах з першим, другим і третім номерами):

[illegible]

Далі передбачається, що (3) ... (5) – репрезентативні вибірки з генеральної (генеральних) розподіленої за нормальним законом сукупності, а процеси у ДДРЧ ергодичні. Апостеріорні дослідження окремих реалізацій процесу (обробка в пакетному режимі) провадяться з метою виявлення основних його властивостей (визначення стаціонарності, включаючи виявлення наявності трендів й періодичних компонентів; ідентифікація закону розподілу, ін.) та числових характеристик (математичне очікування, дисперсія, ін.). Рішення цієї задачі покликане відповісти на основне запитання: “Чи відповідають метрологічні характеристики ДДРЧ декларованим?” Крім того, як добре відомо, аналіз особливостей процесу дуже часто дозволяє виявити та, відповідно, усунути причини, з яких відповідь на основне питання виявилася негативною.

Структурно-логічна схема досліджень, виконаних у даному розділі, приведена на рис. 3. Визначення стаціонарності процесу у загальній структурі досліджень (рис. 3) є первісним і в зв'язку з цим здійснюється, як правило, за непараметричними критеріями, не потребуючими апріорного знання розподілів оцінок процесу.

Дослідження показали, що найбільш ефективними для моделей процесу у вигляді адитивної суміші нормального шуму, лінійного тренду та моногармонічної компоненти є критерій перевищень (КП) й медіанний критерій кількості серій (МККС). Ці критерії прийняті за основу при розробці методики метрологічних досліджень ДДРЧ.

Для стаціонарних процесів наявність періодичності визначається за допо-

могою кореляційного чи спектрального аналізів, однозначно пов'язаних рівнянням Вінера-Хінчіна. Частіше використовують спектральний аналіз, причому в даний час у переважній більшості випадків у формі швидкого перетворення Фур'є. Менш відомий, принаймні для розглянутих додатків, підхід, заснований на тестуванні однорідності κ вибірок з генеральної сукупності. Класичний і найбільш розповсюджений випадок $\kappa=2$ добре відомий (в основному використовують різні модифікації t-критерію Ст'юдента) і занесений у вигляді пакетів аналізу в ряд програмних продуктів. Для відомих дозаторів число каналів становить від 2 до 16, а для ДДРЧ – від 2 до 4.

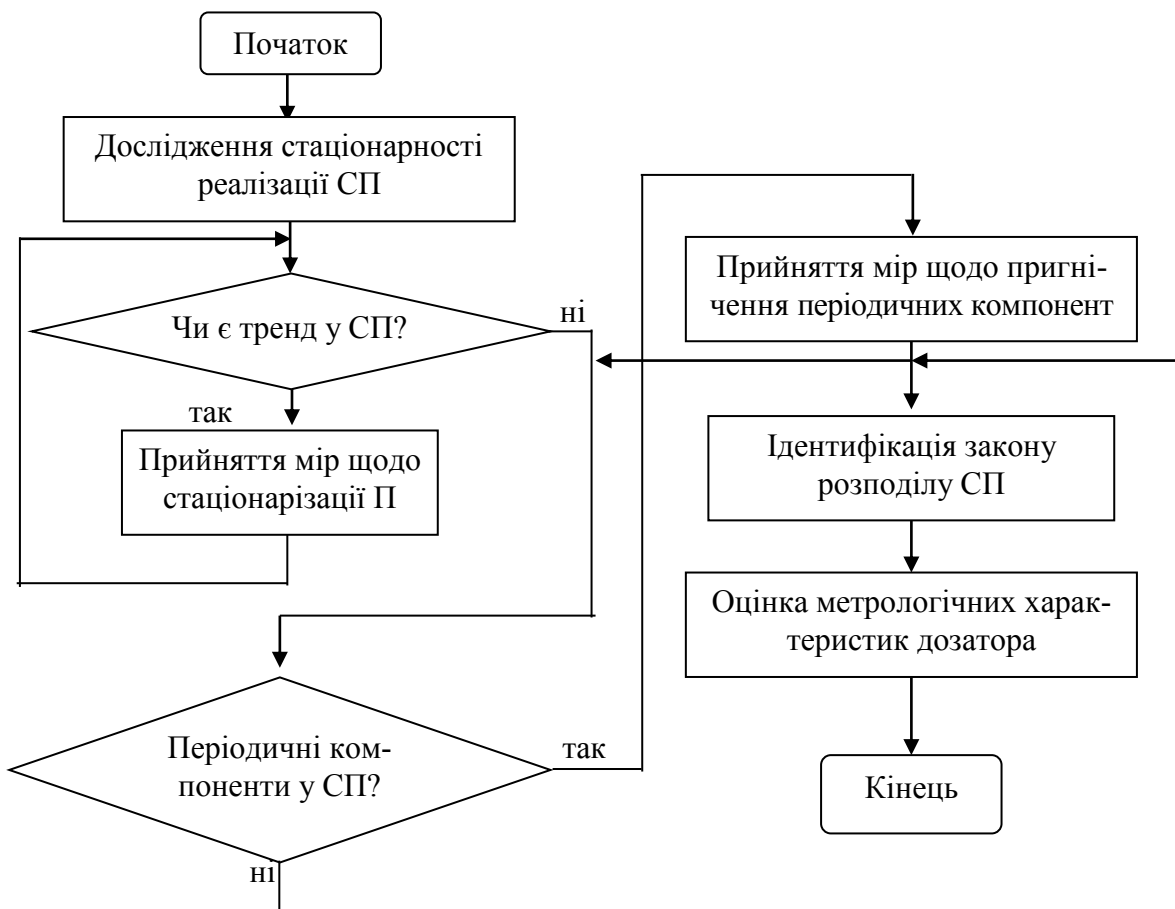


Рис.3. Структурно-логічна схема досліджень похибок

Таким чином, необхідно розробити методики оцінювання однорідності вибірок з генеральної сукупності для $\kappa \geq 2$. Відзначимо, що тестові процедури вигідно відрізняються, адже в них дуже просто формулюється вирішальне правило щодо наявності періодичності. Кореляційна і спектральна процедури всеж-таки орієнтовані, насамперед, на візуалізацію і перегляд оброблених даних.

Для випадку $N_1 = N_2 = \dots = N_k$ отримано формулу для розрахунку контрольної статистики:

$$\hat{F}(k-1, N-k) = \frac{\frac{N/k}{k-1} \sum_{j=1}^k [\bar{q}_j(N_j) - \bar{q}(N)]^2}{\tilde{s}^2(N)},$$

$$\text{де } \bar{q}(N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_i, \quad (6)$$

$$\tilde{s}^2 = \frac{(N/k)-1}{N-1} \sum_{j=1}^k s_j^2(N/k)$$

Статистика (6) при виконанні гіпотези однорідності щодо законів розподілу $H_F : F_1(q) \equiv F_2(q) \equiv F_3(q) \equiv \dots \equiv F_k(q)$ підкоряється F-закону розподілу з числами ступенів вільності чисельника $(k-1)$ і знаменника $(N-k)$. Тому, якщо $\hat{F}(k-1, N-k) \leq F_\alpha(k-1, N-k)$, тоді гіпотеза щодо однорідності вибірок приймається з рівнем значущості α . У протилежному випадку неминуче виникає питання про причину неоднорідності, тобто, чи не виконується гіпотеза про однорідність середніх та гіпотеза про однорідність дисперсій? Для перевірки однорідності дисперсій використовують критерії Кохрена, рідше - Бартлетта.

Для побудови оцінок наближення законів розподілів до нормального використаний критерій Пірсона χ^2 . Практичні дослідження імпортованих та вітчизняних дозаторів на макаронних фабриках показали, що закони розподілу близькі до нормального. Це є наслідком центральної граничної теореми і наявності у дозаторах дуже значної кількості джерел похибок, які зазначені вище. Після ідентифікації закону розподілу оцінюються метрологічні характеристики дозаторів, а саме, математичне очікування дози, і на її основі - систематична складова похибка, середньоквадратичне відхилення дози і на її основі при відомому законі розподілу – границі можливих відхилень із заданою довірчою ймовірністю.

Метрологічні дослідження виконують не тільки свою основну роль – декларування якості фасування (дозування), але й дуже часто дозволяють визначити причини виникнення похибки, та, відповідно, дають можливість мінімізувати їх. Практика оцінювання метрологічних характеристик дала можливість виявити причинно-наслідкові зв'язки між метрологічними характеристиками й конструктивними рішеннями основних вузлів дозатора. Значення систематичних та випадкових похибок у випадку, якщо вони не відповідають заданим чи бажаним значенням, є предметом обговорення базових рішень, прийнятих при конструюванні дозатора: повнота використання точностних можливостей датчиків маси і правильності вибору кінематичних зв'язків датчика з механічними елементами конструкції; конструктивне виконання заслінок, тип і потужність приводу та величини транспортних запізнювань й інерційностей; розміри й взаємне розташування каналів, які подають, заслінок та нагромаджувачів продукту; рівномірність (у точностному розумінні) роботи каналів дозування, які працюють на єдиний пакувальник; раціональність вибору параметрів циклограми дозатору (координати крапки перегину циклограми, витрати продукту на ета-

пах грубого й точного дозування та ін.).

Методика оцінки метрологічних характеристик дозаторів й відповідні алгоритми використані при побудові автономної інформаційно-діагностичної системи, яка використана на зазначених вище підприємствах при запуску, налагодженні та переналагодженні дозаторів. Передбачається оснащення подібними, але вбудованими системами дозатори підвищеної точності та продуктивності.

У третьому розділі розроблені, та досліджені пристрої підвищення точності ДДРЧ з примусовою подачею продукту і алгоритми їх функціонування.

Як основний елемент живильників, які здійснюють примусову подачу продукту, виділено вібралоток. Замість концепції екстенсивного підвищення стабільності об'ємної витрати продукту, реалізованої в даний час послідовним включенням вібралотків, запропоновано використовувати замкнені структури з негативним зворотним зв'язком. Для їхньої реалізації обґрунтовані припущення й отримана передаточна функція беззупинної частини вібралотка

$$W(s) = K/s(T_m^2 s^2 + 2\zeta T_m s + 1). \quad (7)$$

У режимі малих відхилень, які властиві добре демпфированим системам з негативним зворотним зв'язком, однополуперіодний тиристорний керований випрямувач, як елемент із широтно-імпульсною модуляцією, може бути замінений лінійним амплітудно-імпульсним елементом. У цьому випадку для одержання дискретної передаточної функції об'єкта можна застосувати до (7) Z-перетворення. У підсумку маємо:

$$W(z) = K \left[\frac{z}{z-1} - \frac{z^2 - ze^{-\zeta T_0/T} \sec \lambda \cos \left(\frac{T_0}{T} \sqrt{1-\xi^2} + \lambda \right)}{z^2 - 2ze^{-\zeta T_0/T} \left(\cos \frac{T_0}{T} \sqrt{1-\xi^2} \right) + e^{-2\zeta T_0/T}} \right], \text{ де } \lambda = \arctg \left(-\frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \right). \quad (8)$$

За (7) і (8) синтезовані передатні функції аналогового і цифрового ПД-регуляторів амплітуди вібрацій:

$$W_{\text{пид}}(s) = K_{\text{п}} + \frac{K_{\text{и}}}{s} + \frac{K_{\text{д}}(T_{\text{д}}s + 1)}{(T_{\Sigma}s + 1)}, \quad W_{\text{пид}}(z) = K_{\text{п}} + \frac{K_{\text{и}}z}{z-1} + \frac{K_{\text{д}}}{T_{\Sigma}} \left[T_{\text{д}} + \left(1 - \frac{T_{\text{д}}}{T_{\Sigma}} \right) \frac{z}{z - e^{-\frac{T_0}{T_{\Sigma}}}} \right].$$

Виявлено принципові недоліки аналогового пристрою регулювання, обумовлені залежністю похибки вимірювального перетворення в ланцюзі зворотного зв'язку від форми кривої струму в котушці електромагніта, тобто від рівня вібрацій. Для усунення цього недоліку для цифрових пристроїв керування вібралотками запропоновані два аналого-цифрових перетворювачі амплітудних значень у код. Перший з них, програмний, використовує регресійний аналіз у реальному часі. Нехай $Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_{N-1}$ - відлики беззупинної гладкої унімодальної (на інтервалі відліків) функції $f(t)$, отримані в результаті рівномірної дискретизації з періодом $T_0 = \text{const}$. Побудуємо за цими даними регресію, причому на підставі апроксимації гармонічного сигналу порядок регресії не може

бути меншим двох, але й не може бути більшим за умов роботи у реальному часі:

$$\hat{Y} = \alpha t^2 + \beta t + \gamma. \quad (9)$$

Рішенням рівняння (9) є координати точки екстремуму $t_{ext} = -\frac{b}{2a}$; $\hat{Y}_{ext} = c - \frac{b^2}{4a}$.

Другий із запропонованих перетворювачів (апаратний) використовує принцип стежучої «дельта-сигма» модуляції. Для обох перетворювачів досліджені характеристики швидкодії й точності.

Підвищення точності фасування сипучих продуктів у тому числі пов'язано із рівномірністю подачі продукту з прийомного бункера дозатора на віброролотки. У термінах автоматичного регулювання вимога рівномірності подачі формулюється як стабільність маси продукту, що знаходиться в бункері. При допущеннях про сталість насипної щільності продукту і геометрії бункера (останнє виконується з високою точністю), як регульовану координату, можна прийнятий рівень насипу h . Особливістю пристроїв стабілізації рівня є переважне використання, в силу високої експлуатаційної надійності, релейних давачів рівня, що робить релейним і пристрій керування в цілому.

Для бункера рівної ширини (вхідний перетин u^*a , вихідний перетин a^*a) отримана аналітична умова $h/a > 4,5$, при виконанні якої, з достатньою для практики похибкою (5...10 %), можна вважати коефіцієнт передачі бункера постійним $K_3 = \text{const}$. Для такого бункера розглянута побудова двох варіантів пристроїв керування:

- з релейним елементом, який має нульовий нижній рівень, верхній рівень, рівний R_T , та гистерезис ($h_e - h_n$), де h_e і h_n – верхній і нижній рівні установки датчиків. Отримано вираження для розмаху і періоду автоколивань: $\Delta h = (h_e - h_n) + (K_1 R_T - K_2 R_d) \tau$; $T = 4[\tau + (h_e - h_n)/K_3 (K_1 - K_2) R_T]$; де $K_1 R_T$ – прихід із транспортера в бункер, $K_2 R_d$ – витрата в дозатор з бункера;

- з релейним елементом без введення навмисно гистерезиса та з рівнями R_{Tmax} і R_{Tmin} (з «власним» гистерезисом), що реалізує беззупинну роботу транспортера й релейне керування витратою з віброролотку. Отримано вираз для розмаху і періоду автоколивань: $\Delta h = K_1 K_3 (\tau + \tau_T) (R_{Tmax} - R_{Tmin})$; $T = 2[(\tau + \tau_T) + \Delta h / 2[K_3 (K_1 R_{Tmax} - K_2 R_d)]]$.

Показано переваги по точності другого пристрою, та розглянуті можливості побудови на його основі адаптивної системи стабілізації рівня з адаптацією величин R_{Tmax} і R_{Tmin} .

Запропоновано концепцію відхилення помилкової дози (ВПД). Головне питання при алгоритмізації ВПД – це призначення границь цензурування, тобто мінімального порогу маси дози. У найпростішому випадку це може бути нижня границя маси дози, що задається нормативними документами. У більш склад-

них випадках використовуються статистичні критерії, наприклад, у вигляді границь цензурування:

$$X_{zp} = \begin{cases} 4s, & \text{при } 6 < n \leq 100, \\ 4,5s, & \text{при } 100 < n \leq 1000, \\ 5s, & \text{при } 1000 < n \leq 10000, \end{cases}$$

де $s = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ – оцінка середньоквадратичного відхилення, розрахована

по n членах вибірки X_i , $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ – оцінка центра розподілу вибірки.

У четвертому розділі розроблено методику синтезу моделей сипкості продуктів, що дозуються і досліджено пристрої для стабілізації продуктивності і технічної діагностики ДДРЧ. Дослідження проведені для найбільш уживаних продуктів, дозуємих на гравітаційних ДДРЧ (сіль, цукор, крупи), дозволили виділити у якості базової трьохфакторну регресійну модель виду:

$$R = F(\alpha, \varphi, W), \quad (10)$$

де α – кут природного укосу [град], φ – кут тертя [град], W – вологість [%].

Запропоновано методику синтезу моделей сипкості у вигляді (10). Математичне формулювання поставленої задачі стабілізації продуктивності записується у вигляді вимоги до інваріантності циклу дозування T щодо параметрів сипкості продукту (10) та адгезії матеріалу конструкції:

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \text{const.}$$

Розроблено розширену класифікацію пристроїв керування гравітаційними ДДРЧ з компенсуючим каналом (рис.4).

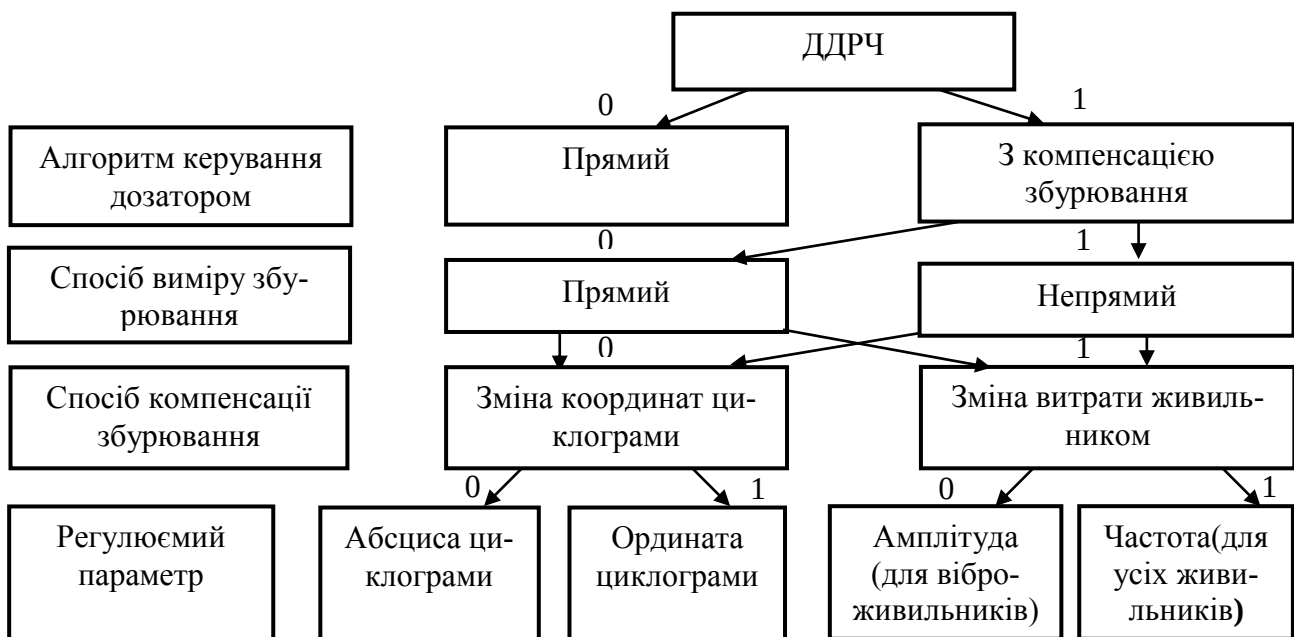


Рис.4. Класифікація пристроїв керування ДДРЧ з компенсуючим каналом

Розроблено алгоритми керування та виконано аналіз ДДРЧ із регулюванням координат циклограми (варіанти 1100 і 1101 класифікації). Критерієм оптимізації обране адаптоване значення витрати R_2' на другому етапі (досипанні). Цей критерій побічно характеризує динамічну похибку, яка прямопропорційна цій витраті. Для вибору оптимального, у зазначеному (точностному) змісті, алгоритму необхідно використовувати відношення значень змінених витрат на другому етапі, що характеризує алгоритми 1100 і 1101:

$$\Xi = \frac{R_{2(1100)}'}{R_{2(1101)}'} = \frac{1 - \alpha\delta}{(\alpha - \alpha/h + 1)(1 - \alpha\delta h)}, \quad (11)$$

де $\alpha = \Delta t_1 / \Delta t_2$ – відношення тривалостей першого і другого етапів; $\delta = R_1 / R_2$ – відношення витрат на першому і другому етапах; $h = R_1' / R_1 \leq 1$ – відношення витрати, що змінилося, до вихідної установленної витрати на першому етапі циклу.

Правилами вибору оптимального в розглянутому змісті алгоритму є:

$$\begin{cases} \text{при } \Xi > 1 \text{ оптимальним визнається алгоритм 1101,} \\ \text{при } \Xi < 1 \text{ оптимальним визнається алгоритм 1100.} \end{cases} \quad (12)$$

Сімейство залежностей (11) наведене на рис. 5. Встановлено, що значення Ξ (11) практично не залежить від δ . З рис.5 очевидно, що у всій області параметрів відповідно до (12) оптимальним повинен бути визнаний алгоритм 1101 з регулюванням ординат циклограми. На підставі виконаних досліджень розроблена методика синтезу параметрів пристроїв керування ДДРЧ зі високо-стабільною продуктивністю.

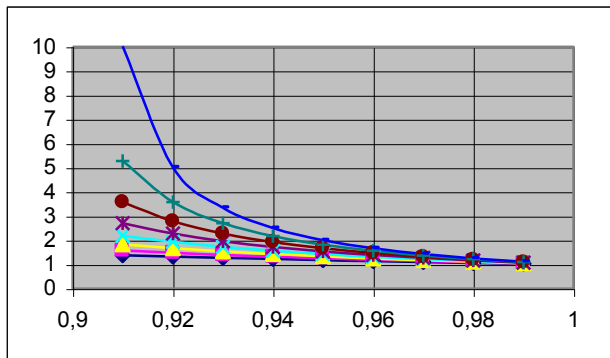


Рис.5. Сімейство залежностей Ξ від h для $\delta=5$ і різних значень α (верхнім характеристикам відповідає $\alpha=9$, нижнім - $\alpha=2$)

Досліджено два фільтри – лінійний регресійний (ЛРФ) та інтегруюче-різностний (ІРФ):

$$\hat{b} = \frac{12 \sum_{i=1}^N i R_i - 6(N+1) \sum_{i=1}^N R_i}{TN(N-1)(N+1)}, \quad (13),$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=(N/2)+1}^N R_i - \sum_{i=1}^{N/2} R_i}{TN^2/4}, \quad (14)$$

де $\hat{b}$ - оцінка крутості лінійного тренда, T -період дискретизації, N -число відліків.

У порівняльному аналізі точності алгоритмів (13), (14) передбачалося, що

процес, крім лінійного тренда, містить нормально розподілену перешкоду та моногармонічну компоненту. Показано, що за відносною похибкою оцінювання $\delta = (M\{\hat{b}\} - b) * 100 / b$ більш кращим є ІРФ. На підставі проведених досліджень у задачах технічної діагностики рекомендується використовувати ІРФ, як більш точний у порівнянні з ЛРФ. При цьому для забезпечення $\delta \leq 1 \%$ для трендів з $b > 0,1$ [1/сек] необхідно мати число осереднених реалізацій $m \geq 60$ і число відліків у реалізації $N \geq 60$.

У п'ятому розділі розглянуто питання практичної реалізації отриманих результатів. Наведено перелік місць впровадження, описи розроблених пристроїв, а також практичні результати застосування розроблених пристроїв, систем і методик.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена актуальна наукова задача підвищення точності дозаторів з розподілом складових дози у часі для фасовочних систем. У результаті виконання даної дисертаційної роботи отримані наступні основні результати:

- розроблено класифікації дозаторів за ознакою «спосіб розподілу складових дози» та класифікації самих ДДРЧ, пристроїв керування ними та порушень точності у багатоканальних ДДРЧ; розроблено методику й алгоритми виявлення та оцінювання типових для багатоканальних ДДРЧ порушень точності;
- розроблено пристрої й алгоритми їхнього функціонування, які підвищують точність і продуктивність ДДРЧ із примусовою подачею продукту, включаючи пристрої стабілізації вібролотків, пристрої відхилення помилкової дози, аналогові й аналого-цифрові перетворювачі вібрацій (програмний - на основі регресійних моделей і апаратний – на основі дельта-сигма-АЦП), пристрої стабілізації подачі продукту на вібролотки;
- розроблено методику оцінювання сипкості дозуємих продуктів, у результаті використання якої можуть бути отримані регресійні моделі питомої витрати сипучого продукту, застосовувані для адаптивного керування ДДРЧ;
- отримано аналітичний вираз для оцінки динамічної похибки ДДРЧ, яке є функцією насипної щільності дозуємого продукту, об'ємної витрати у дозуючих вузлах й транспортному запізненні у дозаторі;
- для транспортних систем регулювання рівня продукту отримані аналітичні умови, при виконанні яких можна застосовувати методи аналізу систем з постійними параметрами, а також аналітичні вирази для амплітуди та періоду автоколивань у прийомному бункері дозатора;
- на основі виконаних досліджень розроблено комплекс уніфікованих технічних засобів, призначених для побудови систем контролю й керування дозаторами фасовочно-пакувальних систем;
- запропоновано спосіб аналого-цифрового перетворення амплітудних зна-

чень періодичних сигналів на основі квадратичної регресії;

- запропоновано розширену класифікацію пристроїв керування ДДРЧ із компенсуючим каналом, яка включає 8 нових варіантів; у рамках структур з компенсуючим каналом знайдений оптимальний за точністю дозування алгоритм з регулюванням ординати циклограми;

- вирішено задачу прогнозування технічного стану гравітаційних ДДРЧ (поточної частини) за допомогою цифрових фільтрів; показані переваги інтегруючо-різносного фільтра (ІРФ) для вирішення задачі оцінки параметрів тренду витрати, визначені його раціональні параметри;

- результати дисертаційної роботи впроваджені у промисловість у вигляді фасовочно-пакувальних систем, що випускаються серійно, та комплексів уніфікованих технічних засобів для їхньої побудови, а також в учбовий процес.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Овчаренко А. И., Серeda А.Д. Классификация алгоритмов дискретного весового дозирования // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ» – 2002. - Т.7, № 9. – С. 143-146.

Здобувачем запропонована класифікація алгоритмів дозування ДДРЧ.

2. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Фасовочно-упаковочное оборудование для сыпучих пищевых продуктов // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск: ООО ИА «АПК-ЗЕРНО» – 2001. - № 11 (29). – С. 47-48.

Здобувачем дано обґрунтування багатозонного дозування у фасовочних системах підвищеної точності для сипучих матеріалів.

3. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Динамическая погрешность весовых дозаторов и способ ее минимизации // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ» – 2002. – № 18. – С. 91-96.

Здобувачем проведено аналіз складових динамічної похибки та аналіз впливу регулятора вібропереміщень на ці складові.

4. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. О стабилизации производительности дискретных весовых дозаторов с разделением процесса формирования составляющих дозы во времени // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск: ООО ИА «АПК-ЗЕРНО» – 2002. - № 9 (39). – С. 55 –57.

Здобувачем розроблені алгоритми адаптивного керування дозаторами з гравітаційною подачею продукту і результати їхнього порівняльного аналізу.

5. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Исследования погрешности дозирования // Упаковка. – Киев: ИАЦ «Упаковка». – 2002. - № 5. – С. 30-32.

Здобувачем проведено аналіз складової динамічної похибки дозування та розроблено методи і засоби її мінімізації.

6. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Анализ систем регулирования транспорте-

ров, подаючих сыпучий продукт к дозаторам // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск: ООО ИА “АПК-ЗЕРНО” – 2002. - № 10 (40). – С. 64 –66.

Здобувачем розроблено формули для амплітуди і періоду автоколивань та умови сталості коефіцієнта передачі бункера.

7. Серeda О.Д. Шапіро М.В. Патент на промисловий зразок № 7100 від 17.03.2003р., Україна. Модуль пакувальний. Заяв. № 2002091179 від 23.09.2002р. Опубл. 17.03.2003 Бюл. № 3.

Здобувачем запропоновано систему відхилення хибної дози та бункер синхронізації.

8. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Признаки классификации дискретных дозаторов сыпучих продуктов // Брутто. – Киев: РИА “Сагитта”. – 2002. - № 5. – С. 42-44.

Здобувачем обґрунтовано взаємозв'язок способів формування складових дози зі швидкодією і точністю фасувально-пакувальне обладнання.

9. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Выбор и исследование оптимальной стратегии адаптивного управления дискретными весовыми дозаторами // Мир упаковки. – Киев: РИА “Марко Пак”. – 2002. - № 6 (26). – С. 35-37.

Здобувачем запропонована методика модельного оцінювання крутості трендів і розроблено програмне забезпечення в середовищі типу EXCEL.

10. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Оценка динамической погрешности в двузонных дозаторах // Труды Международной научно-практической конференции «Наука и социальные проблемы общества: человек, техника, технология, окружающая среда MicroCAD-2001».- Харьков:НТУ“ХПИ”. - 2001. – С. 17.

Здобувачем визначена динамічна похибка як домінуюча у пристроях розглянутого класу.

11. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Оценивание крутизны линейного тренда // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті // Тези доповідей учасників 15-ї міжнародної школи-семінару «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті». – Алушта: УкрДАЗТ – 2002. - № 4, 5(37). – С. 31, 47.

Здобувачем запропонована методика модельного оцінювання крутості трендів і розроблене програмне забезпечення в середовищі типу EXCEL.

12. Серeda А.Д., Овчаренко А.И. Современные и перспективные средства автоматизации предприятия «Инженерная группа ТФК» (г. Харьков) для пищевой промышленности // Материалы третьей международной конференции «Машиностроители – предприятиям отрасли хлебопродуктов». - Москва: Пищепромиздат. – 2002. – С. 111-113.

Здобувачем проведено системний аналіз комплексу технічних засобів для побудови дозаторів і інших засобів автоматизації.

13. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Классификация и оценивание характерис-

тик дискретных весовых дозаторов сыпучих продуктов // Труды X международной научно-практической конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – С. 17.

Здобувачем запропонована класифікація високоточних дозаторів за принципом формування остаточної дози.

14. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Оценивание и минимизация динамической погрешности весовых дозаторов // Материалы II международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – С. 18.

Здобувачем запропоновано формулу динамічної похибки та проведено аналіз її складових.

15. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Сигнализатор уровня сыпучих продуктов // Материалы другой международной научно-технической конференции «Информационная техника та электромеханика» (ИТЕМ-2003). – Луганск: СНУ. – 2003. – С. 12.

Здобувачем запропоновані конструктивні заходи щодо поліпшення характеристик сигналізаторів рівня сипучих продуктів.

16. Овчаренко А.И., Серeda А.Д. Выбор оптимальной стратегии адаптивного управления дискретными весовыми дозаторами // Материалы другой международной научно-технической конференции «Информационная техника та электромеханика» (ИТЕМ-2003). – Луганск: СНУ. – 2003. – С. 12.

Здобувачем обрана оптимальна стратегія адаптивного керування дискретними ваговими дозаторами.

17. Серeda А.Д. Промышленные дозаторы ТФК-ПАК // Материалы другой международной научно-технической конференции «Информационная техника та электромеханика». – Луганск: СНУ. – 2003. – С. 12.

АНОТАЦІЇ

Середа О.Д. Високоточні дозуючі пристрої з часовим розподілом складових дози для фасовочних систем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – елементи і пристрої обчислювальної техніки та систем управління. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2003.

Дисертація присвячена підвищенню точності дозуючих пристроїв з часовим розподілом складових дози. Розроблено: класифікатори самих ДДРЧ, пристроїв управління ними, порушень точності; методику й алгоритми виявлення та оцінювання типових порушень точності. Отримано аналітичний вираз оцінювання динамічної похибки ДДРЧ і аналітичні умови геометрії бункера, при виконанні яких можна застосовувати методи аналізу систем з постійними параметрами та аналітичні вирази для амплітуди і періоду автоколивань рівня у приймаючому бункері дозатора. Розроблено методику оцінювання сипкості дозуємих продуктів. Запропоновано спосіб та пристрої аналого-цифрового перетворення амплітудних значень періодичних сигналів на основі квадратичної регресії. Розроблено пристрої, що підвищують точність і продуктивність ДДРЧ, включаючи пристрої стабілізації самих вібротоків та подачі на них продукту, пристрої відхилення помилкової дози, аналогові й аналого-цифрові перетворювачі вібрацій. Запропоновано розширену класифікацію пристроїв управління ДДРЧ з компенсуючим каналом, знайдено оптимальний за точністю алгоритм. Вирішено задачу прогнозування технічного стану потокової частини гравітаційних ДДРЧ. Результати впроваджені у промисловість.

Ключові слова: пристрої для управління, точність дискретних дозаторів, часовий розподіл складових дози, пристрої дозування і пакування, фасувальна система.

Середа А.Д. Високоточные дозирующие устройства с временным разделением составляющих дозы для фасовочных систем. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2003.

Диссертация посвящена повышению точности дозирующих устройств с временным разделением составляющих дозы для фасовочных систем. Разработаны классификаторы дозаторов по признаку «способ деления составляющих дозы», а также классификаторы самих ДДРЧ и устройств управления ими, нарушений точности в многоканальных ДДРЧ. Разработана методика и алго-

ритмы обнаружения и оценивания типичных для многоканальных ДДРЧ нарушений точности. Получено аналитическое выражение для оценивания динамической погрешности ДДРЧ, являющееся функцией насыпной плотности дозируемого продукта, объемного расхода в дозирующих узлах и транспортного запаздывания в дозаторе. Получены аналитические условия для геометрии бункера, при выполнении которых можно применять методы анализа систем с постоянными параметрами, а также аналитические выражения для амплитуды и периода автоколебаний для релейных транспортных систем регулирования уровня продукта в приемном бункере дозатора. Разработана методика оценивания сыпучести дозируемых продуктов, в результате использования которой могут быть получены регрессионные модели удельного расхода сыпучего продукта, применяемые для адаптивного управления ДДРЧ. Предложен способ аналого-цифрового преобразования амплитудных значений периодических сигналов на основе квадратичной регрессии. Разработаны устройства и алгоритмы их функционирования, повышающие точность и производительность ДДРЧ с принудительной подачей продукта, включая устройства стабилизации вибрототков, устройства отвода ложной дозы, аналоговые и аналого-цифровые (программный - на основе регрессионных моделей и аппаратный - дельта-сигма-АЦП) преобразователи вибраций, устройства стабилизации подачи продукта на вибрототки. Предложена расширенная классификация устройств управления ДДРЧ с компенсирующим каналом, включающая 8 новых вариантов; в рамках структур с компенсирующим каналом найден оптимальный по точности дозирования алгоритм – с регулированием ординаты циклограммы. Решена задача прогнозирования технического состояния гравитационных ДДРЧ (поточной части) с помощью цифровых фильтров; показаны преимущества интегрирующе-разностного фильтра (ИРФ) для решения задачи оценивания параметров тренда расхода и определены его рациональные параметры. На основе выполненных исследований разработан комплекс унифицированных технических средств, предназначенных для построения систем контроля и управления дозаторами фасовочно-упаковочных систем. Результаты диссертационной работы внедрены в промышленность в виде серийно выпускаемых фасовочно-упаковочных систем и комплексов унифицированных технических средств для их построения.

Ключевые слова: устройства для управления, точность дискретных дозаторов, временное разделение составляющих дозы, устройства дозирования и упаковки, фасовочная система.

Sereda O.D. Precision dosings of the system(device) with temporary distribution of a composite case dose for packing systems. - Manuscript.

Thesis on deriving of a scientific degree of the candidate of engineering science behind a speciality 05.13.05 - elements both systems(device) of computer facilities

and management systems. National engineering university « the Kharkov polytechnic institute », Kharkov, 2003.

The thesis is devoted to a heightening of an exactitude of dosings of systems(devices) with temporary distribution of a composite case dose. Is developed: classifiers most DDMTS* , has attached control by them, violations of an exactitude; a technique both algorithms of detection and estimation of typical violations of an exactitude. The analytical expression of an estimation of a dynamic error DDMTS and analytical conditions of geometry of the bin is obtained, at which execution it is possible to apply methods of the analysis of time-invariant systems and analytical expressions to amplitude and period of auto-oscillations of a level in the take up bin of a dispensing system. The technique of an estimation of day products which are dosed is developed. The method, system(device) of analog-digital transformation of amplitude values of periodic signals is offered on the basis of a square-law regression. The systems(device) are developed which increase an exactitude and productivity DDMTS, including systems(device) of stabilization of vibration chutes(tray) and feedings on them of a product, systems(device) of an aberration of an erratic case dose, analogue and analog-to-digital converters of vibrations. The extended classification of control units DDMTS with the compensating channel is offered, are retrieved optimum for exactitudes algorithm. The problem of prediction of availability index of product of a continuous part gravitation DDMTS is decided. The results are entered into an industry.

Keywords: system (device) for control, an exactitude of dispensing system, device for packing, temporary distribution of a composite case dose, packing system.

*Diskrit Dosage machine in time separation.

Підписано до друку р. Формат 145×215.
Формат паперу 60×90/16. Папір Могра. Друк - ризографія.
Обсяг 0,9 авт. арк. 1,6. Тираж 100 прим. Зам. № .

Видавничий центр НТУ “ХП”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Свідоцтво про реєстрацію ДК №196 від 10.07.2000.

Друкарня видавничого центру НТУ “ХП”