

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кашкарьов Антон Олександрович

УДК 004.94:681.5

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМ
КОМПЛЕКСОМ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ
НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ

Спеціальність 05.13.07 – Автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизації сільськогосподарського виробництва Таврійського державного агротехнологічного університету Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
Діордієв Володимир Трифонович,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
завідуючий кафедрою автоматизації сільськогосподарського виробництва.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фурман Ілля Олександрович,
Харківський національний технічний університет сільськогосподарства ім. Петра Василенка,
завідуючий кафедрою автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій;

кандидат технічних наук, доцент
Смітюх Ярослав Володимирович,
Національний університет харчових технологій,
доцент кафедри автоматизації процесів управління.

Захист відбудеться «24» березня 2013 р. о 16:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 у Національному університеті харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, корпус А, аудиторія № А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «22» березня 2013 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
К 26.058.05,

к.т.н., доцент

В. М. Філоненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Відомо, що комбікорми відіграють важливу роль у сучасному тваринництві. У структурі собівартості продукції тваринництва вони займають до 55%. У Державній цільовій програмі розвитку українського села на період до 2015 року та пріоритетних завдань аграрної науки України для розвитку тваринництва передбачено концентрацію виробництва продукції тваринництва переважно у селянських господарствах шляхом формування кооперативних об'єднань. При розв'язанні поставлених завдань головним стримуючим фактором є розрізненість результатів досліджень щодо оптимізації роботи технологічних модулів організаційно-технічних комплексів (ОТК) виробництва комбікормів (ВК), які спрямовані на оптимізацію режимів роботи силового енергоємного обладнання шляхом розробки сучасного технічного та алгоритмічного забезпечення автоматичних систем керування (АСК) технологічним процесом.

Питання виробництва комбікормів та автоматизація даного класу технологічних процесів представлена у наукових роботах Єгорова Б.В., Храмцової Н.П., Сторожук Л.О. (технологічні схеми ОТК ВК), Сироватки В.І., Хобіна В.А., Гіруцького І.І., Діордієва В.Т., Чаусова С.В. (автоматизація ОТК ВК). Доцільно спиратись на результати робіт Слепцова А.І., Зайцева Д.А., Стеценко І.В., які слід розглядати у контексті модульного проектування ОТК та АСК ним з урахуванням можливостей сучасних засобів автоматизації. Такий підхід поєднує результати досліджень науковців різних напрямків та дозволяє уніфікувати проектування автоматичних систем керування та розширити її інформаційні функції.

Отже, обґрунтування, розробка та удосконалення забезпечення інформаційних функцій, а також їх впровадження, - є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до науково-технічної програми №1 Таврійського державного агротехнологічного університету на 2007-2010 роки «Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України» (№ ДР 0102U000678): Підпрограма 1.7 «Автоматизація технологічних процесів»; напрямок 1.7.1. «АСУ ТП малогабаритних комбікормових установок»; «Автоматизація технологічних процесів виробництва та переробки продукції сільського господарства» (№ ДР 0111U002548, 2011-2015 р.).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення надійності роботи організаційно-технічних комплексів виробництва комбікормів в умовах господарств шляхом розширення інформаційних функцій системи керування.

Досягнення поставленої мети реалізується через формулювання та розв'язання наступних задач теоретичних та експериментальних досліджень:

- аналіз технологічних схем ВК в умовах господарств АПК та причин зниження надійності та ритмічності роботи ОТК;
- аналіз функцій АСК роботою технологічних комплексів ВК;
- обґрунтування математичного забезпечення АСК;
- синтез АСК технологічним комплексом ВК з урахуванням технологічної схеми та параметрів, які підлягають контролю, керуванню та реєстрації;

- розробка імітаційних моделей технологічних модулів;
- формалізація алгоритмічного забезпечення інформаційних функцій АСК;
- експериментальне дослідження та виробниче випробування запропонованих інформаційних функцій;
- розробка програмного забезпечення АСК ОТК ВК.

Об'єкт дослідження – автоматизовані системи керування організаційно-технічними комплексами виробництва комбікормів.

Предмет дослідження – інформаційне забезпечення системи керування організаційно-технічним комплексом виробництва комбікормів на основі еталонної моделі.

Методи дослідження. Для аналізу ОТК ВК в умовах господарств та методів реалізації АСК були використані інструменти системного аналізу: аналіз теоретичної інформації про структуру ОТК; використання функціонально різнотипного математичного забезпечення; узгодження алгоритмів оцінки роботи технологічного обладнання з його принципом дії та подальше їх узагальнення; аналіз інформативності давачів та АСК. При розробці АСК ОТК використані об'єктно-орієнтовані технології та математичний апарат мереж Петрі. З метою визначення характеру зв'язків між елементами ТК ВК (засувка, транспортер, вимірювальні пристрої положення об'єктів та рівня) та біологічними об'єктами (компоненти комбікормів, готовий комбікорм) використані засоби імітаційного моделювання. Отримані теоретичні дані оброблялись відомими статистичними методами, математичним апаратом гармонійного аналізу (дискретне перетворення Фур'є).

Обробка результатів досліджень здійснювалась з використанням офісного пакету Microsoft Excel, Matlab (simulink) та програм власної розробки.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше:

- класифіковано події, які призводять до зниження надійності роботи організаційно-технічного комплексу, якості комбікормів, збільшення втрат ресурсів та аварійної ситуації, на відміну від відомих принципів класифікації за окремими технологічними модулями, що дозволило обґрунтувати розгляд технологічного процесу виробництва комбікормів як дискретного у просторі, а також напрям удосконалення інформаційного забезпечення автоматичних систем керування;
- на відміну від поширеного співставлення елементів мережі подіям виконавчі елементи та датчики узгоджено з елементами мереж Петрі, що дозволило реалізувати автоматичну систему керування організаційно-технічним комплексом виробництва комбікормів з формалізацією процесу його проектування, керування та реалізації інформаційних функцій;
- проаналізовано час спрацювання датчиків та час генерації команд керування дискретним перетворенням Фур'є, на відміну від стандартних методів ідентифікації похибок, що дозволяє на основі мінімального набору еталонних даних зробити висновок про режим роботи та стан організаційно-технічного комплексу.

Поширено дію:

- відомого принципу модульного проектування об'єктів керування на інжиніринг організаційно-технічного комплексу виробництва комбікормів, що дозволяє

уніфікувати задачі керування технологічними модулями та автоматизувати розробку еталонної імітаційної моделі на основі мереж Петрі;

- принципу імітаційного моделювання на оцінювання впливу параметрів мережі живлення та фізико-механічних властивостей компонентів комбікормів на тривалість роботи технічних засобів автоматизації організаційно-технічного комплексу, що дозволило обґрунтувати функції інформаційного забезпечення.

Дістало подальший розвиток застосування:

- математичного апарату мереж Петрі при проектуванні систем автоматичного керування технологічними процесами, що дозволило узгодити програмну та технічну реалізацію результатів досліджень;
- дискретного перетворення Фур'є при обробці виробничих даних, що дозволило забезпечити уніфікацію алгоритмів аналізу вхідних даних та мінімізацію об'єму еталонної вибірки.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблена методика синтезу технологічної схеми ВК покладена в основу програмного забезпечення проектування ОТК ВК за умовами господарств;
- розроблені заходи підвищення інформативності АСК дозволяють попередити вихід з ладу силового обладнання, оцінити режим роботи основних елементів ОТК ВК, впровадити нові параметри контролю ТП, стану ОТК та ефективності роботи автоматичної системи керування;
- результати досліджень передані у ВАТ «Уманьферммаш» (Черкаська обл., м. Умань), ПрАТ «Симферопольський ремонтно-механічний завод» (АР Крим, м. Симферополь), впроваджені у комбікормовому цеху №2 ТОВ «Агропромислова компанія» (Запорізька обл., м. Мелітополь) та можуть бути покладені в основу вітчизняної SCADA-системи для аналогічних ОТК з дискретним характером роботи виконавчих елементів.

Особистий внесок здобувача. Результати, які складають основний зміст дисертації, автором отримано самостійно. В опублікованих роботах, виконаних самостійно та у співавторстві, здобувачеві належать такі ідеї і розробки: аналіз енергоощадних технологій підготовки компонентів комбікормів до переробки та готового комбікорму на основі принципу модульного проектування [1, 2, 3, 4]; формалізація функціонального забезпечення [5, 6] та теоретичне обґрунтування математичного апарату АСК ОТК в умовах господарств [7, 8]; методи та алгоритми отримання вхідної інформації про стан ОТК ВК, його окремих елементів [9, 10] та компонентів комбікорму [11, 12, 13]; використання мереж Петрі у задачах проектування ОТК ВК та АСК ним [14, 15, 16, 17] з подальшим впровадженням [18].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включено в дисертацію, представлено і схвалено на науково-технічних конференціях різного рівня: науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу аспірантів і співробітників ТДАТУ (м. Мелітополь, 2007-2012 р.); Міжнародні науково-технічні конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (КПІ, 2008 р., 2009 р., 2010 р., 2011 р., м. Київ), «Інформатика та комп'ютерні технології. ІКТ-2009» (ДонНТУ, 2009 р., м. Донецьк), «Керування, автоматизація та оточуюче середовище» (конференція молодих учених, аспірантів та студентів у Сев-

НТУ, 2011 р., м. Севастополь); Міжнародні науково-практичні конференції присвяченої пам'яті академіка Петра Василенка (Львівський НАУ, 2008 р., м. Львів), «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2009 р., 2010 р., 2011 р., 2012 р., м. Харків), «Моделювання технологічних процесів в АПК» (ТДАТУ, 2010 р., м. Мелітополь), «Інформаційні технології в освіті та управлінні» (НКПІ, 2012 р., м. Нова-Каховка); Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2012» (НУХТ, 2012 р., м. Київ).

Публікації. За матеріалами дисертаційних досліджень, в період з 2007 по 2012 роки, опубліковано 16 наукових праць у фахових виданнях, за переліком затвердженим ВАК України, в яких опубліковані основні наукові результати досліджень. Отримано 2 патенти на корисну модель (№30697, №54511) та свідоцтво про реєстрацію авторського твору (програмне забезпечення АСК ТК ВК «MiniAPCSCombi» №36841). Також було опубліковано 6 наукових праць у фахових виданнях та 8 публікацій у збірниках праць наукових конференцій, які додатково відображають результати дисертації.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, переліку умовних позначень, 4 основних розділів, додатків, списку використаних джерел (150 найменування). Загальний обсяг роботи становить 197 сторінок, з яких 144 сторінки основного тексту та 47 рисунків і 17 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її новизну та практичне значення, а також показано зв'язок роботи з науковими програмами, темами, сформульовано мету та завдання досліджень, викладена наукова новизна, практична цінність отриманих результатів.

У першому розділі проаналізовано технологічні схеми ОТК ВК та технологічний процес його виробництва як об'єкти автоматизації у контексті розширення функціонального забезпечення автоматичної системи керування.

Стаціонарні ОТК ВК проектуються за порційно-періодичним принципом дії, що спрощує технологічну схему, забезпечує випуск широкого асортименту комбікормів, уніфікує налагодження комплексу та його експлуатацію, спрощує АСК ним, дозволяє використовувати прості індивідуальні інжинірингові рішення. При цьому, потенціал сучасних засобів автоматизації та обчислювальна потужність залишаються не використаними у повному обсязі. Розглянуто питання готовності господарств використовувати АСК на основі сучасних засобів автоматизації.

Аналіз АСК ОТК ВК у господарствах показав недостатній рівень автоматизації ТП при відносно низьких показниках її надійності. Пов'язано це з застосуванням морально застарілих технічних засобів автоматизації, апаратури керування та захисту, а також умовами експлуатації і впливом оточуючого середовища (рис. 1). Вплив цих недоліків намагаються зменшити шляхом якісного обслуговування ОТК та придбання надійної апаратури керування та захисту, але у традиційній формі реалізації ці заходи мають високу капітальну вартість.

Технологічні модулі та ОТК ВК в умовах господарств мають дискретний режим роботи виконавчих елементів або такий, який можна звести до нього. Отже, апriorне обмеження гнучкості АСК на сучасній елементній базі обумовлено розг-

лядом ТП ВК у контексті неперервності завантаження енергоємного технологічного обладнання. Такий розгляд ТП та умов роботи обладнання є антагоністичним. Представлення ТП ВК як дискретного у просторі є тривіальним, однак, у такому разі можна отримати модель придатну для оцінки ТП в цілому.

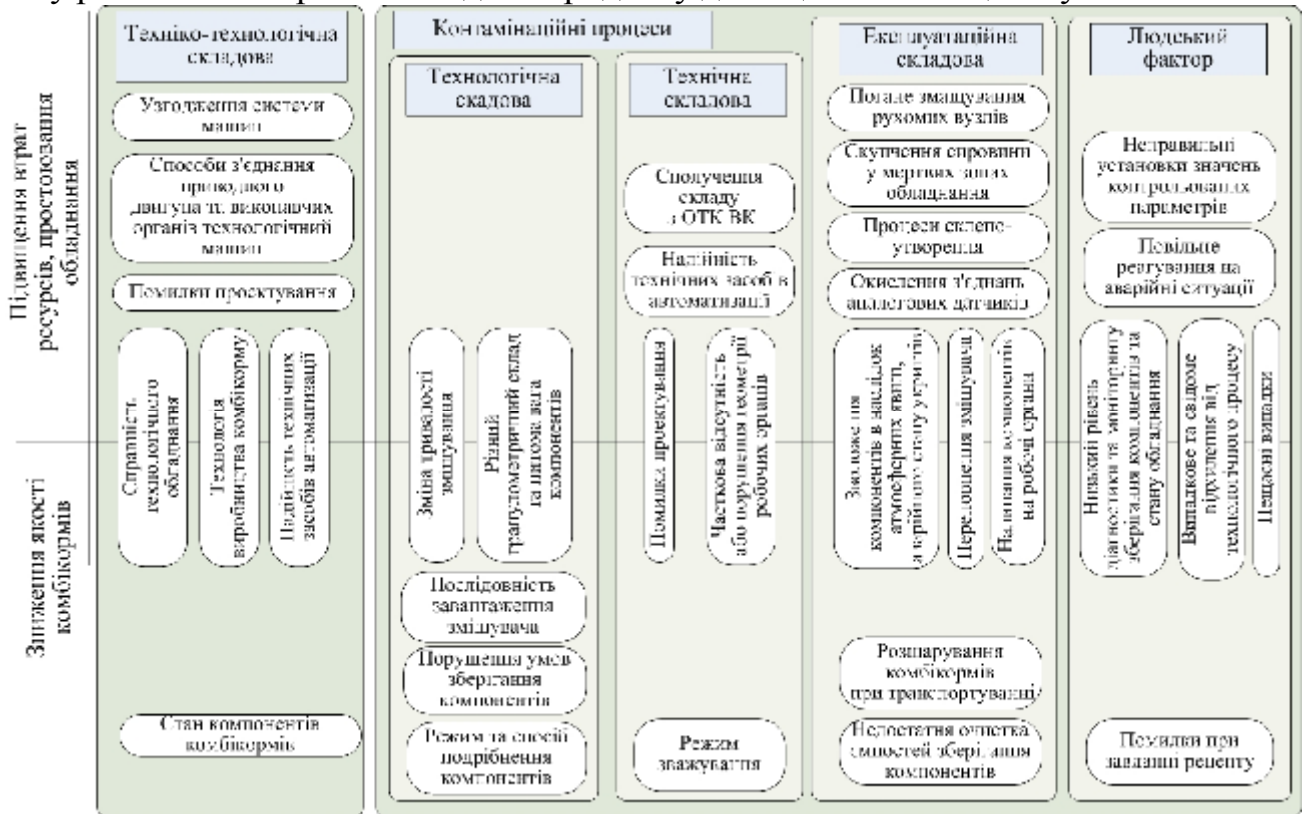


Рис. 1. Чинники зниження ефективності виробництва комбікорнів на ОТК

Тому, задача синтезу АСК ТК ВК в умовах господарств полягає в тому, щоб за отриманими вхідними даними про технологічну схему комплексу ВК синтезувати імітаційну модель ТК та узгодити її з засобами керування, що забезпечить розширення функцій спостереження. Розв'язання поставленої задачі здійснюється шляхом виконання ряду взаємопов'язаних етапів (рис. 2).

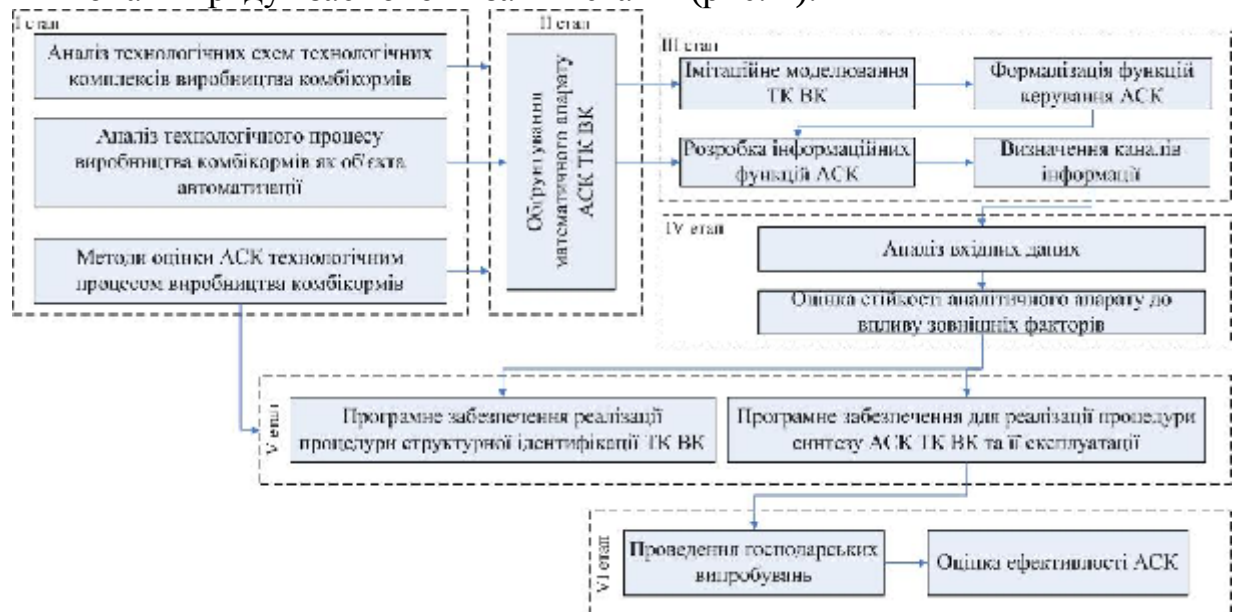


Рис. 2. Етапи проектування АСК ОТК ВК за умовами господарств

Другий розділ присвячено обґрунтуванню математичного забезпечення системи керування та інформаційних функцій. Процедура синтезу АСК формалізована з урахуванням технологічної схеми ОТК та параметрів, які підлягають контролю, керуванню та реєстрації. Основною метою розділу є теоретичне дослідження АСК на підставі аналізу методів математичного представлення ТП ВК у контексті проектування та експлуатації автоматичних систем керування ОТК. У результаті проведеного аналізу формалізовано методики оцінки поточного стану технологічного процесу при організації АСК ТП на базі сучасних технічних засобів автоматизації.

Мережі Петрі (МП) дозволяють реалізувати додаткові інформаційні функції, які ґрунтуються на інформативності часу спрацювання виконавчих елементів та датчиків, який у нормальному режимі роботи елементів ОТК знаходиться у заданому діапазоні, обумовленому розрахунковими умовами експлуатації.

З метою контролю заданого алгоритму роботи ОТК ВК, або окремого етапу ТП, як правило, процеси протоколюються за допомогою часових діаграм. Такий спосіб опису процесів, по-перше, громіздкий, а по-друге, має певні недоліки часового представлення процесів в асинхронних системах:

- необхідно враховувати стан усіх компонентів при кожній зміні її загального стану, що робить модель та протокол громіздкими, особливо у випадках локальної зміни невеликого фрагменту мережі;
- зникає інформація про причинно-наслідковий зв'язок між подіями в мережі;
- в асинхронних системах події можуть відбуватись у межах невинновдано великих інтервалів часу, тому складно або неможливо прогнозувати більш точний час початку, кінця та тривалості події.

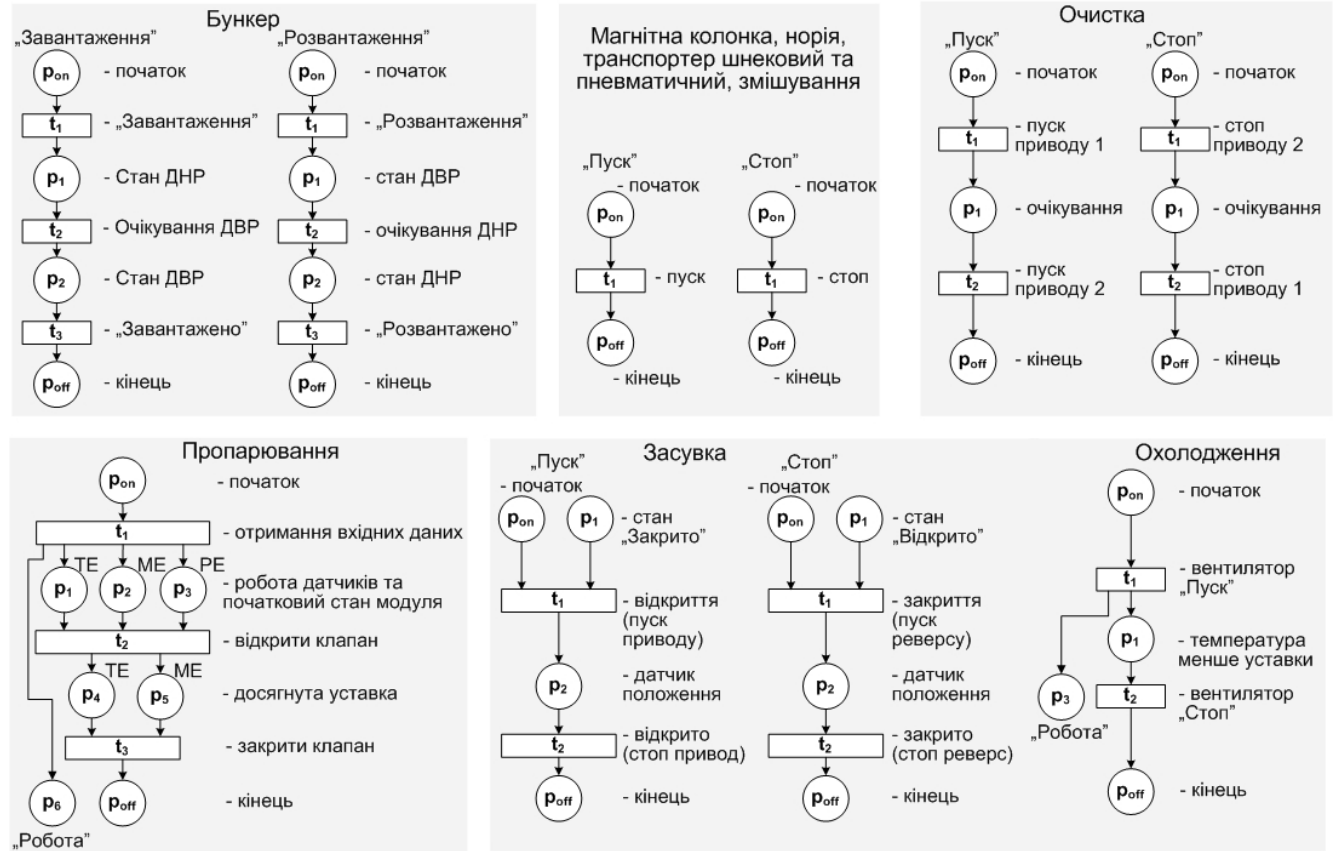
Пошук нових форм представлення процесів, які б були позбавлені вказаних недоліків, призвів до ідеї формалізації процесів у вигляді структур мережевого типу. При такому визначенні процес виглядає як сукупність реалізацій подій та змін умов мережі, пов'язаних відношеннями різного типу, і задає не один часовий протокол функціонування системи, а деяку множину часових протоколів, які різняться конкретними прив'язками дій до часу.

Спираючись на результати робіт Діордієва В. Т. та Єгорова Б. В. та тенденцій до об'єктного представлення технологічних систем, запропоновано реалізувати мережні моделі типових технологічних модулів відповідно до їх принципу дії, АСК ними, їх компоновки у цілісний ТК ВК та побудови комплексної АСК (рис. 3) за еталонною моделлю.

Керування технологічними модулями (ТМ) за допомогою мережних моделей реалізується таким чином: команди на включення та відключення виконавчих елементів, очікування та запити на отримання стану системи (функції керування) відповідають переходам мережі, а індикативні функції – вузлам. Режими пуску та зупинки ТМ можуть мати різні алгоритми, а відповідно й різні мережні моделі. Виконання починається з надання оператором або АСК маркеру (дозвіл виконання) вузлу P_{on} (пуск/початок); зупинка – P_{off} (стоп/кінець).

Представлені ТМ дозволяють побудувати будь-яку технологічну схему комплексу ВК в умовах господарств. Тому задачею комплексної АСК є координація спрацювань ТМ з урахуванням технологічної схеми та показань датчиків стану

виконавчих елементів та етапу ТП. Пропонована АСК будується на основі багаторівневої структури, що забезпечує гнучкий рівень деталізації та глибину протоколювання процесів за допомогою часових діаграм, а також дозволяє зберегти інформацію про причинно-наслідкові зв'язки між подіями в мережі при різних параметрах детермінованості процесів.



ДНР – датчик нижнього рівня; ДВР – датчик верхнього рівня.

Рис. 3. Мережні моделі типових простих технологічних модулів для ВК

Розглянуто методи виключення грубих помилок з вибірових сукупностей та обґрунтовано приділення уваги швидкому перетворенню Фур'є у контексті визначення стаціонарності процесів та технічної значущості відхилень контрольованої величини.

Розроблена методика оцінки таймінгу виконавчих механізмів та датчиків, спираючись на площу амплітудної характеристики (сумах амплітуд A_X) S_{AX} , яка отримана в результаті застосування ШПФ до не оброблених вхідних даних, які складаються з вибірок отриманих з розрахунків або є накопиченими при експлуатації ТК. Для розрахунку S_{AX} використано дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) з кількістю даних 2^n ($n \in 1, 2, \dots$), що дозволяє використовувати алгоритм швидкого перетворення. Тоді визначення площі амплітудної характеристики матиме вигляд

$$S_{AX} = \int_0^N y(t) dt, \quad (1)$$

або у дискретній формі для амплітуди

$$S_{AX} = \sum_{i=1}^m \sqrt{a_m^2 + b_m^2}. \quad (2)$$

Формальним критерієм аномальності результату спостереження (часу спрацювання), а відповідно і висновку про належність даних до еталонної групи вимірювань, виступає нерівність

$$|S_{AX\partial} - S_{AXe}| < \varepsilon, \quad (3)$$

де $S_{AX\partial}$ – дослідне значення арифметичної суми амплітуд;

S_{AXe} – еталонне значення арифметичної суми амплітуд, яке отримується на етапі проектних робіт, як результат експертних оцінок роботи ТК або тестування ТК;

ε – дозволене відхилення, яке може бути обумовлене статистичною та/або технічною значущістю умов роботи елементів ОТК.

У випадку аналізу таймінгу датчиків необхідно визначити належність поточного значення до нормального або такого, що потребує уваги оператора – аварійного. Тому на етапах проектування та налагодження створюється база еталонних даних (БЕД) із значеннями часу, що відбивають розрахунковий хід ТП ВК.

З огляду на зручність застосування, данні досліджень представляти у відносних одиницях – нормовані данні відносно середнього арифметичного

$$x_{ni} = \frac{x_i}{\bar{X}}, \quad (4)$$

де x_i – поточні значення вибірки даних;

$\bar{X}$ – середнє арифметичне вибірки.

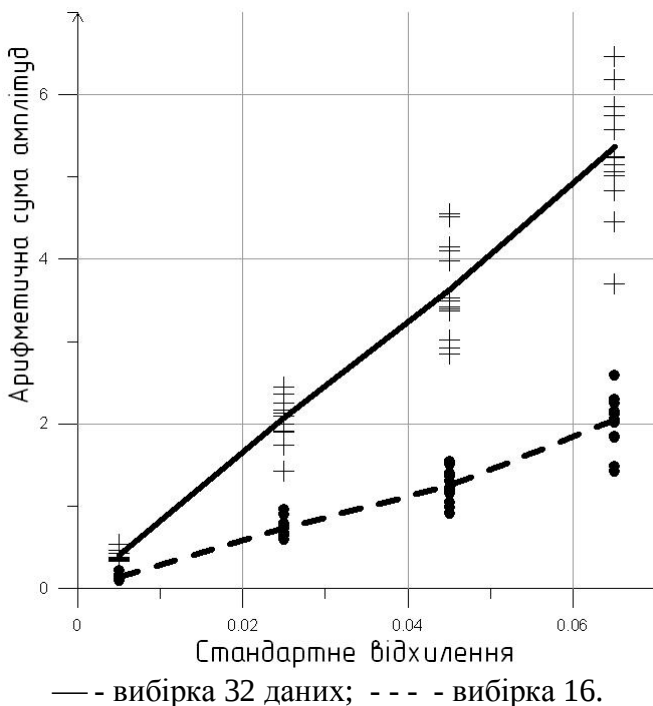


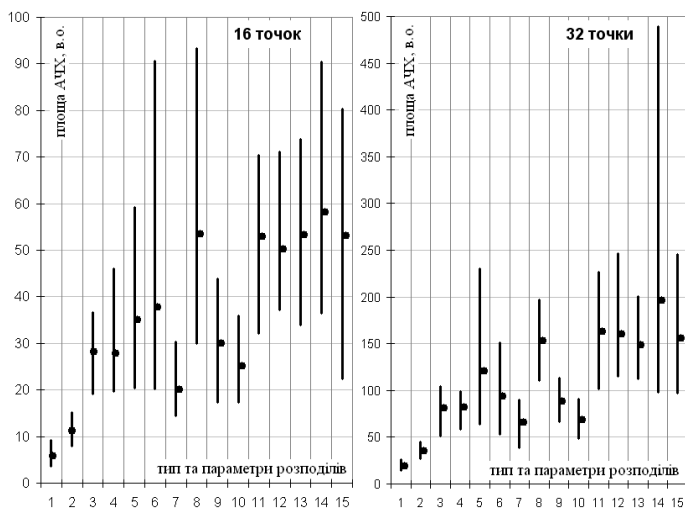
Рис. 4. Аналіз нормального розподілу за допомогою ШПФ (середньоарифметичні значення поєднанні)

Таке представлення вхідних даних (4) узагальнює їх обробку та дослідження впливу відхилень при різних законах розподілу контрольованих параметрів. Результати аналізу нормального розподілу свідчать про статистично значущу залежність арифметичної суми амплітуд від стандартного відхилення (рис. 4), коефіцієнт кореляції яких склав 0,99. Виникає можливість вирішення задачі побічної оцінки параметрів статистичних даних.

За аналогічним принципом були розглянуті інші види розподілів (рис. 5). Визначено, що значення сум доцільно використовувати у межах нормального розподілу та розподілу Стюдента.

Досліджено вплив можливих хибних даних x^* на суму гармонік. Для цього приймаємо «ідеальні» умови визначення суми гармонік АЧХ. Об'єм даних, які підлягатимуть аналізу, дорівнює 2^n , з них 2^{n-1} значень дорівнюють «1». При цьому 2^n -й елемент множини є змінним і являє собою потенційну похибку або відхилен-

ня від ідеальних умов. В результаті аналізу отриманих даних можна зробити висновки про необхідність врахування об'єму вибірки, можливості точного визначення значення стандартного відхилення S , помилкових вхідних даних та їх ймовірного закону розподілу.



1 - розподіл Стюдента; 2 - χ^2 ; 3 - рівномірний розподіл; 4-7 - розподіл Фішера; 8-10 - розподіл Пуассона; 11-13 - експоненціальний розподіл; 14 - лог-нормальний розподіл.

Рис. 5. Результати застосування ДПФ до сигналів з контрольованим розподілом

Теоретичні дослідження щодо таймінгу роботи виконавчих механізмів та датчиків ТК, можна відзначити можливість використання арифметичної суми амплітуд гармонік АЧХ (результат обробки вхідних даних апаратом дискретного перетворення Фур'є (ДПФ)), як критерію нормального режиму роботи елементів технологічного комплексу в умовах обмеженої кількості вхідних даних.

Третій розділ відповідає 4-му етапу досліджень, в якому перевіряється достовірність гіпотези про інформаційні функції АСК на основі МП. З метою відпрацювання функції таймінгу виконавчих елементів та датчиків, а також до-

слідження їх реакції на вплив зовнішніх факторів, виконано такі дослідження:

- вплив властивостей компонентів комбікормів на роботу транспортерів;
- вплив мережі живлення на роботу приводів транспортерів та засувки;
- вплив властивостей компонентів комбікормів на таймінг датчиків рівня;
- перевірка інформативності таймінгу виконавчих елементів та давачів.

При відокремленні параметрів, котрі відображають конструктивні особливості технологічних елементів (5-7), відзначається вплив властивостей компонентів комбікорму, змінюється і продуктивність відповідних технологічних елементів, що повинно враховуватись АСК:

$$\text{норія} \quad Q_{\text{т.н.}} = K_{\text{н}} \cdot \psi \cdot \gamma \cdot V_{\text{л}}, \quad (5)$$

$$\text{шнек}, \quad Q_{\text{т.ш.}} = K_{\text{ш}} \cdot \gamma \cdot n, \quad (6)$$

$$\text{бункер} \quad Q_{\text{б}} = K_{\text{б}} \cdot \lambda \cdot \gamma \cdot R^{5/2}, \quad (7)$$

де $V_{\text{л}}$ – швидкість руху стрічки, м/с (приймається у діапазоні 1÷2 м/с);

ψ – коефіцієнт заповнення ковшів, норія – 0,5÷0,7, шнек – 0,3÷0,5;

γ – об'ємна вага матеріалу, т/м³;

n – частота обертання шнека, об/хв. (для зерна $n=60\div400$ об/хв);

R – гідравлічний радіус, м;

$K_{\text{н}}$, $K_{\text{ш}}$, $K_{\text{б}}$ – коефіцієнти, які враховують конструктивні параметри норії, шнеку та бункеру відповідно.

У випадку моделювання продуктивності норії та шнеку перехідна складова матиме ланку чистого запізнення, обумовлену поступовим пересуванням компоненту. При моделюванні роботи засувки бункеру необхідно враховувати гідравлічний радіус. У першому наближенні чисте запізнення можна виразити так:

$$\text{норія} \quad t_{3.н} = \frac{H}{V_{л}}, \quad \text{шнек} \quad t_{3.ш} = \frac{60 \cdot L}{S \cdot n}, \quad \text{заслінка} \quad t_{3.з} = \frac{R_{\min}}{V_r},$$

де H – висота норії, м;

L – довжина шнеку, м;

S – довжина кроку гвинтів шнеку, м;

$R_{\min}$ – мінімальний гідравлічний радіус, м;

V_r – швидкість відкриття засувки, м/с.

Контрольованою величиною є t_x , яка визначалась за формулами:

$$\text{норія} \quad t_x = t_{3.н.} + \frac{Q_{т.н.}}{K_n \cdot \psi \cdot \gamma \cdot V_{с.л.}}, \quad (8)$$

$$\text{шнек} \quad t_x = t_{3.ш.} + \frac{Q_{т.ш.}}{K_{ш} \cdot k_v \cdot \gamma \cdot n_c}, \quad (9)$$

$$\text{заслінка} \quad t_x = \left(\frac{Q_6}{K_6 \cdot \lambda \cdot \gamma} - \sqrt[5]{\frac{2}{\int_{t_1-t_{3.з.}} R_{п.}(t) dt}} \right)^{2/5} \cdot \frac{1}{R_c} + t_1 + t_{3.з.}, \quad (10)$$

де $V_{с.л.}$ – постійне значення швидкості стрічки норії, м/с;

n_c – постійне значення швидкості обертання валу шнека, об/хв.;

R_c – постійне значення гідравлічного радіусу, м.

Ці спрощені формули дозволили визначити діапазон часу спрацювань виконавчих елементів та датчиків при виконанні теоретичних, експериментальних та виробничих досліджень.

Оцінка результатів досліджень базується на достовірності мережної моделі ТК ВК та його керованості. Оцінка інформаційних функцій АСК обмежується здатністю ідентифікувати ймовірну аварійну ситуацію або таку, яка потребує уваги оператора чи обслуговуючого персоналу, що реалізовано на основі складання амплітуд гармонік АЧХ, яка отримується шляхом обробки певного об'єму модельованих, експериментальних та виробничих даних.

На етапах отримання та обробки експериментальних даних використовувались сучасні технічні засоби. Вхідною інформацією є:

- АСК: структура ТК, його ТС, еталонна мережа Петрі;
- інформаційні функції АСК: час, тривалість і періодичність початку та закінчення роботи виконавчих елементів, а також спрацювання датчиків (положення, рівня); напруга живлення комплексу.

Вихідною інформацією є: графічне й аналітичне представлення інтервалів часу роботи виконавчих елементів та спрацювань датчиків; час команд керування.

Для дослідження роботи електрифікованої засувки використано стенд: комп'ютер з розробленим програмним забезпеченням, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) WAD-AIK-BUS, плата сполучення Velleman VM110; проміжні

реле JZC-20F; магнітні пускачі; засувка. Вихідною інформацією робочої станції є керуючі впливи на включення або виключення відповідних виконавчих елементів.

Вхідною інформацією є час спрацювання датчиків положення затвору засувки, які відображають тривалість її роботи. Отримана інформація аналізується робочою станцією (персональний комп'ютер, який має відповідне ПЗ для роботи плати сполучення та АЦП, USB або RS-485).

Виробничі дослідження часу спрацювання датчиків рівня виконані на базі ОТК ВК цеху № 2 ТОВ «Агропромислової компанії» Запорізької області у м. Мелітополі). Вхідною інформацією виступає: параметри ОТК, час спрацювання дискретних давачів та виконавчих елементів, еталонна мережа Петрі, ділянок ОТК, які досліджуються. Отримання інформації здійснювалось з журналів звіту та засобами автоматизації комплексу.

Експериментальні дані отримані у результаті виконання експериментів та виробничих випробувань з однаковими об'ємами вибірки двома методами: методом виключення грубих похибок за критерієм Стюдента, на основі пропонованої арифметичної суми амплітуд. При цьому отримані дані співставляються з технічним станом елементів ОТК, станом апаратури керування, захисту та АСК. Результати експериментальних досліджень приймалися без застосування статистичних методів виключення хибних значень або грубих помилок з наступним аналізом причин відхилень. Тривалість відкриття та закриття електрифікованих засувок досліджувалась за аналогічним принципом.

Метою обробки експериментальних даних є перевірка гіпотези, згідно якої досягнення поставленої мети можливе шляхом використання інформаційних функцій АСК на основі контролю тривалості роботи виконавчих елементів та часу спрацювань датчиків від еталонної моделі ОТК ВК. За результатами експериментів визначено, що у лабораторних умовах запропоновані алгоритми розширення функцій спостереження АСК дієздатні.

Дослідження часу спрацювання вимірювальних перетворювачів рівня та виробничі випробування виконані на базі ТК ВК цеху № 2 ТОВ «Агропромислової компанії» (Запорізька обл., м. Мелітополь) на окремих ділянках ТК (рис. 6).

На основі конструктивних параметрів та довідкових залежностей продуктивності транспортерів, розрахункового часу завантаження бункерів (рис. 7) та запропонованого алгоритму побудови еталонної мережної моделі ТП ВК складена модель роботи відповідної ділянки цеху № 2 ТОВ «Агропромислова компанія» (рис. 7). Представлені мережні моделі у своїй основі мають відповідне матричне представлення. Враховуючи умови проведення виробничих випробувань, акцентована увага на мережах 2-го рівня, оскільки саме у них виконується прив'язка до керуючих впливів (табл. 1).

Економічна ефективність від впровадження інформаційних функцій АСК ТП ВК на основі МП обумовлена: підвищенням надійності роботи ОТК та зменшенням часу реагування на несправність елементів ОТК й АСК.

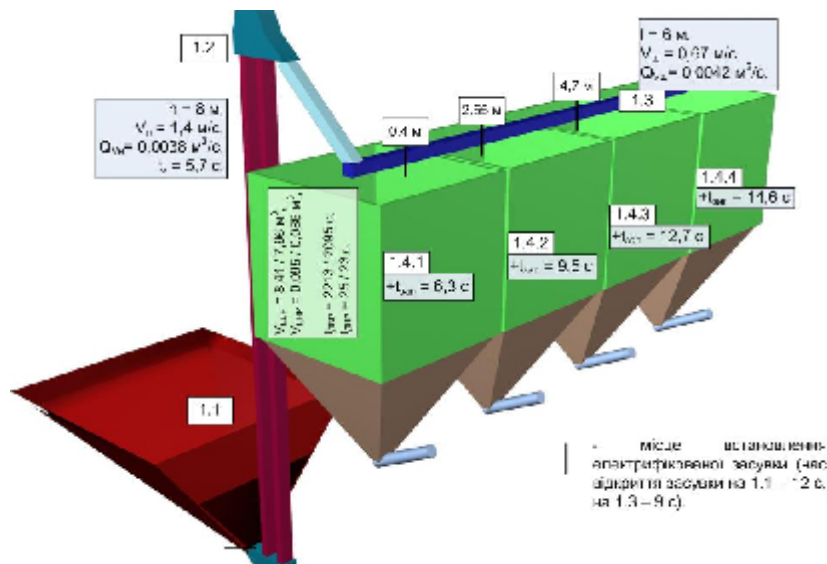
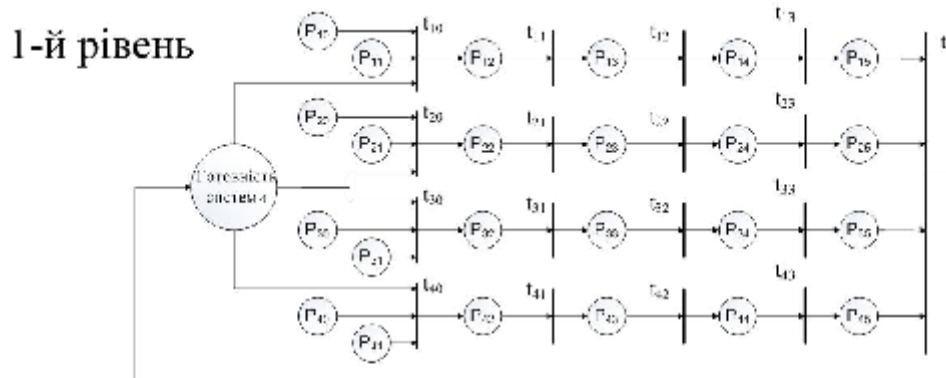


Рис. 6. Ділянка ТК ВК завантаження компонентів комбікормів, які підлягають подрібненню



P_{10} – i -й бункер порожній;

P_{11} – команда на завантаження i -го бункеру;

P_{12} – відкриття i -го бункеру для завантаження;

P_{13} – початок завантаження i -го бункеру;

P_{14} – i -й бункер завантажено;

P_{15} – i -й бункер повний;

$i \in [1, 2, 3, 4]$.

2-й рівень

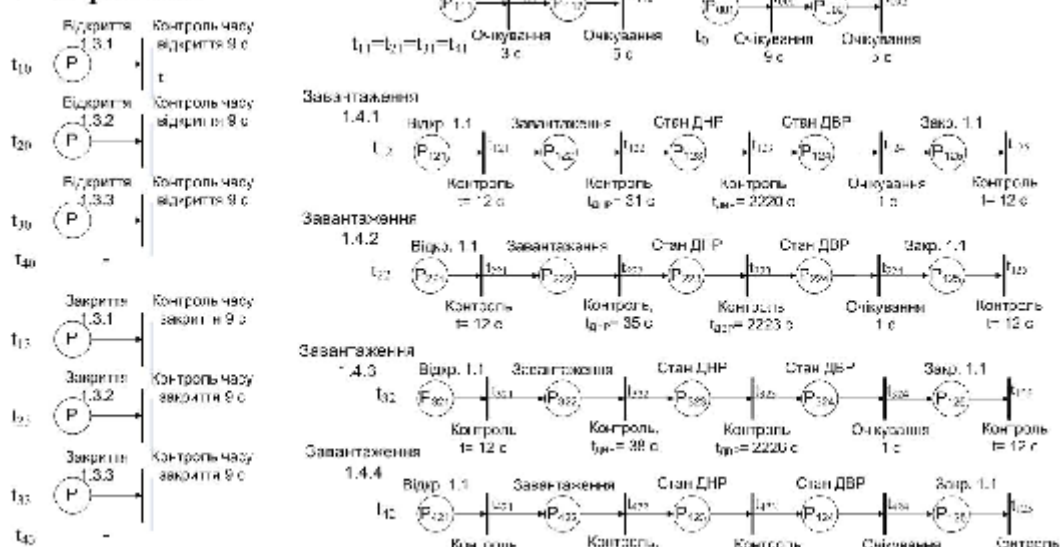


Рис. 7. Мережна модель ділянки ТК ВК завантаження компонентів комбікормів, які підлягають подрібненню

Таблиця 1 –

Матричне представлення моделі роботи ділянки ТК ВК завантаження компонентів комбікормів, які потребують подрібнення

Позначення переходу 1-го рівня	Представлення 2-го рівня складеного переходу 1-го рівня																																								
$t_{i0} = t_{i3}$ $i \in [1, 2, 3, 4]$	<table><tr><td></td><td colspan="2">l</td></tr><tr><td></td><td>P</td><td>$Start$</td></tr></table>						l			P	$Start$																														
	l																																								
	P	$Start$																																							
$t_{i1} = t_0$ $i \in [1, 2, 3, 4]$	<table><tr><td></td><td>t_{i11}</td><td>t_{i12}</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>P_{i11}</td><td>1</td><td>-1</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>P_{i12}</td><td></td><td>1</td><td colspan="3"></td></tr></table>						t_{i11}	t_{i12}				P_{i11}	1	-1				P_{i12}		1																					
	t_{i11}	t_{i12}																																							
P_{i11}	1	-1																																							
P_{i12}		1																																							
t_{i2} $i \in [1, 2, 3, 4]$	<table><tr><td></td><td>t_{i21}</td><td>t_{i22}</td><td>t_{i23}</td><td>t_{i24}</td><td>t_{i25}</td></tr><tr><td>P_{i21}</td><td>1</td><td>-1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>P_{i22}</td><td></td><td>1</td><td>-1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>P_{i23}</td><td></td><td></td><td>1</td><td>-1</td><td></td></tr><tr><td>P_{i24}</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>-1</td></tr><tr><td>P_{i25}</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>						t_{i21}	t_{i22}	t_{i23}	t_{i24}	t_{i25}	P_{i21}	1	-1				P_{i22}		1	-1			P_{i23}			1	-1		P_{i24}				1	-1	P_{i25}					1
	t_{i21}	t_{i22}	t_{i23}	t_{i24}	t_{i25}																																				
P_{i21}	1	-1																																							
P_{i22}		1	-1																																						
P_{i23}			1	-1																																					
P_{i24}				1	-1																																				
P_{i25}					1																																				

Обробка експериментальних даних малими вибірками з використанням критерію Стюдента та суми амплітуд (S_{AXH}) показала, що коефіцієнт кореляції між ними складав менше 0,3 у різних варіантах повторів. Збільшення об'єму вибірки дозволило оцінити кореляцію між критеріальним значенням (табл. 2).

Таблиця 2 –

Аналіз таймінгу роботи заслінки 1.1

Об'єм вибірки	Коефіцієнт кореляції критеріальним значенням Стюдента t та S_{AXH}		
	амплітудна	дійсна	уявна
4	-0,0613	0,1007	0,3077
8	-0,0308	0,1893	0,3461
16	0,9761	-0,9356	0,3759

Виробничі випробування виконувались на окремих ділянках цеху ВК ТОВ «Агропромислова компанія»: завантаження компонентів комбікормів, які потребують подрібнення, завантаження компонентів попередньої суміші, змішування та тимчасове зберігання готової продукції. У результаті впровадження запропонованих функцій оцінки таймінгу датчиків за жовтень-листопад 2010 року попереджено 2 аварійні ситуації, що склало 7,7% від загальної кількості несправностей за 2010 рік, дозволило забезпечити економію експлуатаційних витрат (150грн/міс) та підвищення продуктивності ТК на 0,5 т/добу, що обумовлено переходом на інший рецепт, маршрут компонентів якого минав аварійну ділянку. При розвантаженні бункеру готового комбікорму («пухкі корми») мав місце випадок сводоутворення, що було зареєстровано тривалим неспрацюванням датчиків верхнього рівня. Аналіз журналу несправностей цеху з виробництва комбікормів дозволив констатувати підвищення річної продуктивності комплексу на 21 т, а річну економію експлуатаційних витрат забезпечити у межах 1500 грн.

У **четвертому розділі** наведено розроблене програмне забезпечення (ПЗ), яке дозволяє автоматизувати проектування ОТК ВК за умовами господарств (рис. 8),

В результаті аналізу конкурентоспроможності та комерційного потенціалу пропонованого ПЗ можна акцентувати увагу на подальшій розробці та супроводу АСК у контексті інших ТП з дискретним характером роботи ВМ та датчиків з можливістю впровадження в інших галузях сільського господарства та промисловості. Крім того, поєднання запропонованого підходу, апарату функціональних мереж Петрі та розповсюдженості мови програмування SFC можна розв'язати низку навчально-практичних задач з вивчення АСК різних ТП з основами MES.

ВИСНОВКИ

У дисертації розв'язується науково-прикладна задача удосконалення інформаційних функцій автоматичної системи керування організаційно-технічним комплексом виробництва комбікормів в умовах господарств за рахунок удосконалення засобів інформаційного забезпечення. Запропонований в роботі підхід до синтезу АСК ОТК ВК полягає у тому, що розширення функцій спостереження можливе шляхом розроблення та експлуатації автоматизованої системи керування процесами в організаційно-технічному комплексі виробництва комбікормів на основі еталонної мережної моделі, а реалізація функції спостереження – протоколювання керуючих впливів системи керування та процесів в організаційно-технічному комплексі за допомогою часових діаграм та розмітки мережної моделі, оцінка яких виконується математичним апаратом гармонійного аналізу.

За результатами досліджень, виконаних в дисертаційній роботі, можна зробити такі висновки:

1. В результаті аналізу наукових досліджень щодо проектування ОТК ВК, його узгодження із технологією господарства, синтезу АСК та класифікації подій, які призводять до зниження надійності роботи ОТК, якості комбікормів, збільшення втрат ресурсів та аварійної ситуації ним встановлено, що керованість ОТК, надійність його роботи та удосконалення інформаційних функцій АСК забезпечується при розгляді ТП ВК як дискретного у просторі.

2. Аналіз ОТК з дискретним режимом роботи елементів дозволив визначити, що для проектування АСК ВК на ТК, розробки імітаційних моделей ТП ВК, моніторингу ТП та стану елементів ТК необхідно використовувати розмічені ординарні та живі мережі Петрі з функціональними підмережами.

3. Узгодження виконавчих елементів та датчиків з мережною моделлю ОТК (з елементами мереж Петрі), дозволило реалізувати АСК ним та окремо технологічними модулями, а також формалізувати процес проектування системи керування та практичної реалізації інформаційних функцій;

4. Вплив коливання властивостей компонентів комбікорму та параметрів мережі живлення у зоні припустимих відхилень 5% на роботу транспортерів, таймінг логічних давачів положення та рівня статистично незначущий. При порушенні кругового магнітного поля хід засувки стандартної заслінки склав $0,147 \pm 0,0044$ м ($\pm 3\%$), а при несиметрії напруги – $\pm 1,3\%$. Отже, при припустимій похибці 5% відхилення показань може бути технічно значущим і відбивати потенційно аварійну ситуацію. Отже, відхилення від нормального режиму роботи обумовлено зміною властивостей компонентів комбікормів, порушенням техно-

логічного процесу, не розрахунковим, потенційно аварійним або аварійним режимом роботи елементів ОТК.

5. Вхідні дані спрацювання дискретних датчиків та виконавчих елементів необхідно представляти у нормованому виді ($x_{ni} = x_i / X$) – відносно середнього арифметичного, що дозволяє узагальнити вхідну інформацію відносно різного технологічного обладнання та різних законів розподілу.

6. В результаті аналізу теоретичних та експериментальних даних доведена інформативність арифметичної суми гармонік амплітудно-частотної характеристики вибірки даних аналізованих швидким перетворенням Фур'є, на основі якої приймається рішення про технічну або статистичну значущість події (мінімальний об'єм вибірки – 16).

7. Наукові результати, отримані у роботі, дозволили:

- розробити нову методику та програмне забезпечення для синтезу АСК ТК ВК відповідно до вимог господарств за результатами аналізу технологічної схеми та вибраного обладнання ТК, методику оцінки часу спрацювання виконавчих елементів та датчиків;
- отримати імітаційні моделі роботи технологічного обладнання та виробництва комбікорму з використанням ОТК на основі функціональних мереж Петрі та формалізувати правила складання мережних моделей технологічного процесу;
- забезпечити гнучкість та універсальність алгоритму оцінки поточних даних часу спрацювань виконавчих елементів та датчиків, застосувати математичний апарат гармонійного аналізу для визначення аварійних режимів роботи ділянок ОТК або таких, що потребують уваги оператора (при виробничих випробуваннях кількість аварій знижена на 7,7%);
- удосконалити математичне та інформаційне забезпечення АСК ТК на основі мережних моделей ТП ВК на проектуваному ОТК.

8. Господарські випробування проведені на ТОВ «Агропромислова компанія» м. Мелітополя Запорізької області підтвердили ефективність застосування розроблених методик у складі існуючих АСК у формі методики оцінки часових діаграм, таблиць еталонного часу роботи елементів ТК та наочної інформації. Проектований економічний ефект за цінами 2010 року складає 92 тис. грн. за рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Діордієв В. Т.* Енергозбереження на етапі складання рецептів комбікормів [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь ТДАТА, 2007. – Вип. 7, Т. 1. – С. 26-33.

2. *Діордієв В. Т.* Використання програмних комплексів оптимізації рецептів комбікормів та заходів з підготовки компонентів для подрібнення [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8, Т. 1. – С. 23-30.

3. *Діордієв В. Т.* Синтез та формалізація технологічних схем приготування комбікормів на малогабаритних комбікормових установках [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8, Т. 5. – С. 26-36.

4. Пат. №30697 Україна. МПК⁶ B02B1/00. Пристрій для обробки зерна ультразвуком у потоці / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* / Заявник та власник патенту Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u200711839 заявл. 26.10.2007; опубл. 11.03.2008, бюл. № 5/2008.

5. *Диордиев В. Т.* Системо- и схемотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств [Текст] / *В. Т. Диордиев, А. А. Кашкарёв* // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. – Київ: Інститут електродинаміки НАН України, – 2008. – Ч. 5. – С. 102-108.

6. *Діордієв В. Т.* Функціональність АСК технологічним комплексом виробництва комбікормів [Електронний ресурс] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, Т. 2. – Режим доступу: www.nbuuv.gov.ua/e-journals/nvtdau.

7. *Діордієв В. Т.* Засоби моделювання технологічних комплексів виробництва комбікормів малої продуктивності [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т. 8. – С. 51-58. – Режим доступу: www.nbuuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau.

8. *Діордієв В. Т.* Теоретические аспекты математического описания процесса производства комбикормов [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 87. – С. 45-49. – Режим доступу: www.nbuuv.gov.ua/portal/Natural/Vkhdtsug/2009_87/zmist.htm.

9. *Діордієв В. Т.* Таймінг датчиків технологічного комплексу виробництва комбікорму як сервісна функція автоматизованої системи управління на базі мереж Петрі [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // «Проблеми сучасної електротехніки-2010»: Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції, ПСЕ-2010, К.: НАН України, 31 травня – 4 червня 2010 р. – Ч. 2. – С. 169-173. – Режим доступу: fel.kpi.ua/ppredisc/doc/s5/5_8.pdf.

10. *Діордієв В. Т.* Ідентифікація режиму роботи елементів технологічних комплексів виробництва комбікормів [Електронний ресурс] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, Т. 1. – Режим доступу: www.nbuuv.gov.ua/e-journals/nvtdau.

11. *Діордієв В. Т.* Методика експериментальних досліджень АСУ комплексом виробництва комбікормів [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т. 9. – С. 187-193. – Режим доступу: nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau.

12. *Кашкарьов А. О.* Аналіз випадкових процесів за допомогою швидкого перетворення Фур'є [Текст] / *А. О. Кашкарьов, О. М. Терентьєв* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. –

Вип. 10, Т. 10. – С. 158-162. – Режим доступу: www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau.

13. *Діордієв В. Т.* Автоматизація електротехнологічного комплексу виробництва комбікорму в умовах господарств [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2010. – №2. – С. 169-173. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Vddau/2010_2.

14. *Діордієв В. Т.* Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбікормів [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – № 12., Т. 2. – С. 55-61.

15. *Діордієв В. Т.* Автоматична система керування організаційно-технічними комплексами виробництва комбікормів [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. – Запоріжжя: ІМТ НААН. – 2012. – Вип. 1. – С. 44-58.

16. Пат. №54511 Україна. МПК⁹ A23N 17/00, G06Q 10/00. Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму [Текст] / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* / Заявник та власник патенту Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201006332; заявл. 25.05.2010; опубл. 10.11.2010, бюл. № 21/2010.

17. А.с. 36841 України Комп'ютерна програма «MiniAPCSCombi» / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов* / Заявник та власник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № 37087; заявл. 08.12.2010; опубл. 08.02.2011.

18. *Кашкарьов А. О.* Спосіб моніторингу та діагностування організаційно-технічних комплексів виробництва комбікормів [Текст] / *А. О. Кашкарьов* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2012. – Вип. 130. – С. 47-49.

АНОТАЦІЯ

Кашкарьов А. О. Удосконалення інформаційного забезпечення системи керування організаційно-технічним комплексом виробництва комбікормів на основі еталонної моделі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук з спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація процесів керування. Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2012.

Дисертація присвячена розв'язанню науково-прикладної задачі щодо удосконалення інформаційних функцій системи керування організаційно-технічним комплексом (ОТК) виробництва комбікормів (ВК) на основі еталонної моделі, що дозволяє підвищити його надійність та забезпечити неперервність технологічного процесу виробництва продукції тваринництва.

Для розв'язання поставлених завдань у роботі проаналізовано технологічні схеми ВК та автоматичні системи керування (АСК) технологічним процесом. Приділена увага причинам зниження надійності та ритмічності роботи ОТК. Досліджені функції АСК, технологічні модулі як об'єкти керування з дискретним ха-

рактером роботи виконавчих елементів та давачів. Обґрунтовано використання математичного апарату функціональних мереж Петрі для синтезу ОТК, його імітаційної моделі та АСК ним з урахуванням технологічної схеми та параметрів, які підлягають контролю, керуванню та реєстрації. Розроблено алгоритм оцінки часу спрацювання виконавчих елементів та давачів на основі гармонійного аналізу, який покладено в основу алгоритмічного забезпечення інформаційних функцій. Наведена структура програмного забезпечення АСК ОТК ВК. Представлені результати експериментальних та виробничих досліджень, які підтверджують доцільність впровадження результатів досліджень.

Ключові слова: автоматична система керування, організаційно-технічний комплекс, інформаційні функції, мережа Петрі, перетворення Фур'є, виробництво комбікорму, час спрацювання.

АННОТАЦИЯ

Кашкарёв А. А. Усовершенствование информационного обеспечения системы управления организационно-техническим комплексом производства комбикормов на основе эталонной модели. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – Автоматизация процессов управления. – Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, 2012.

В диссертации решается научно-прикладная задача совершенствования информационных функций системы управления организационно-техническим комплексом (ОТК) производства комбикормов (ПК) на основе эталонной модели, что позволяет повысить надежность и обеспечить непрерывность технологического процесса производства продукции животноводства.

Для решения поставленных задач в работе проанализированы технологические схемы ПК и автоматические системы управления (АСУ) технологическим процессом. Особое внимание уделено причинам снижения надежности и ритмичности их работы ОТК, что позволило обосновать направление усовершенствования информационного обеспечения АСУ. Исследована функциональность АСУ в контексте работы в условиях хозяйств и возможности модернизации ОТК. В работе сделан акцент на рассмотрении технологических модулей производства комбикормов как объектов управления с дискретным характером работы исполнительных элементов и датчиков.

Обосновано использование математического аппарата сетей Петри для синтеза ОТК, его эталонной модели и АСУ с учетом технологической схемы и параметров, подлежащих контролю и управлению. Для реализации управляющих функций предложено сопоставить алгоритм работы ОТК, события (срабатывание датчиков) и команды оперативного управления технологическим процессом с элементами сетевой модели ОТК.

Разработан алгоритм оценки времени срабатывания исполнительных элементов, датчиков и команд оперативного управления с помощью гармонического анализа (дискретное преобразование Фурье), который положен в основу алгоритмического обеспечения информационных функций. Такой подход позволил опре-

делять потенциально аварийную ситуацию в ОТК производства комбикормов на основе минимального объема эталонных данных.

Разработано программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать проектирование ОТК ПК по заданным условиям хозяйств и АСУ им на основе формирования эталонной модели, согласованной с исполнительными механизмами, датчиками и управляющими воздействиями. Приведена структура программного обеспечения АСУ ОТК ПК.

Экономическая эффективность внедрения информационных функций на основе сетей Петри рассматривается в контексте повышения надежности работы ОТК, уменьшения времени реагирования на неисправность элементов ОТК. Также показаны результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний, подтверждающих актуальность полученных результатов.

Ключевые слова: автоматическая система управления, организационно-технический комплекс, информационные функции, сеть Петри, преобразование Фурье, производство комбикорма, время срабатывания.

THE SUMMARY

Kashkarov A.O. The data management improvement for the control system of organizational and technical complex for mixed fodder manufacture based on the model reference. – Manuscript.

Thesis for the degree of Ph.D. in the specialty 05.13.07 – Automation of control. – Tavria state agrotechnological university, Melitopol, 2013.

Thesis deals with the theoretical and practical problem of the information functions upgrade for automatic control system (ACS) for organizational and technical complex (OTC) for mixed fodder manufacture (MFM) based on the reference model that improves reliability and provide the continuity of the technological process.

The technological circuits and MFM ACS were analyzed to solve the problems. Special attention was paid to the reasons of reliability reduction and work rhythm problems of OTC. The function of ACS and technological modules were under research as objects of control under the discrete character of the actuators and sensors.

Implementation of the mathematical apparatus of Petri nets was justified for the synthesis of OTC, its model simulation and ACS, including the technologically scheme and parameters for monitoring, management and registration. The algorithm for estimation of the response time of actuators and sensors was developed on the base of harmonic analysis and it was the basis for algorithmic support of information functions. The structure of the ACS software for MFM OTC was presented. The feasibility of the research results was confirmed by the results of experimental and industrial research.

Keywords: automatic control system, organizational and technical complex, information functions, Petri nets, Fourier transform, mixed fodder manufacture, timing.

