

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДІОРДІЄВ ВОЛОДИМИР ТРИФОНОВИЧ

УДК 631.363 - 52

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НА БАЗІ
МАЛОГАБАРИТНИХ КОМБІКОРМОВИХ АГРЕГАТІВ**

Спеціальність 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Мелітополь – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства аграрної політики та продовольства України

- Науковий консультант: доктор технічних наук, професор **Фурман Ілля Олександрович**, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор, **Котов Борис Іванович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри автоматики і робототехнічних систем ім. академіка І.І. Мартиненка;
- доктор технічних наук, професор **Каплун Віктор Володимирович**, Київський національний університет технологій та дизайну, проректор з наукової та інноваційної роботи, завідувач кафедри електроніки та електротехніки;
- доктор технічних наук, професор **Кошовий Микола Дмитрович**, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", завідувач кафедри авіаційних приладів та вимірювань.

Захист відбудеться "26" квітня 2013 р. о "10" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті, за адресою: 72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, просп. Б. Хмельницького, 18, головний навчальний корпус.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету, за адресою: 72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, просп. Б. Хмельницького, 18.

Автореферат розісланий "22" березня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ю.М. Федюшко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасне комбікормове виробництво, як об'єкт керування, є досить складною системою. Виробництво комбікормів пов'язане з використанням великої кількості компонентів, по кожному з яких повинна бути вичерпна інформація як кількісного, так і якісного характеру. Таку інформацію необхідно мати й для готової продукції, асортимент якої існує досить великий. Тому підприємства комбікормової промисловості за рівнем автоматизації, у тому числі й на рівні комп'ютерних технологій, займають одне із провідних місць не тільки в агропромисловій галузі, а й серед промислових підприємств України.

Але в умовах енергетичної кризи й росту цін як на самі корми, так і на традиційні види палива, частина транспортних витрат у вартості комбікорму різко зросла. Тому для невеликих фермерських і приватних господарств АПК придбання комбікормів і їх транспортування від спеціалізованих підприємств до місць споживання вимагає значних витрат, у результаті чого їх вартість виходить неприпустимо високою.

Тому виробництво повноцінних комбікормів і кормосумішей безпосередньо в господарствах із зерна власного виробництва й закуплених домішок (БВД, преміксів), дає можливість значно знизити собівартість продукції, одержувати комбікорм необхідного складу і якості в необхідній кількості й у будь-який час.

Виробництво якісних комбікормів безпосередньо в господарствах - один з методів їх здешевлення і, як наслідок, - продукції тваринництва в цілому, що обумовлено наступними факторами. По-перше, створюються умови, що забезпечують приготування різноманітних рецептів комбікормів, які відповідають структурі раціонів годівлі худоби залежно від напрямку розвитку місцевої кормової бази, продуктивності худоби та ін. За рахунок підвищення якості комбікормів краще використовуються поживні властивості фуражної сировини, так як споживання готової продукції тваринами здійснюється відразу після її приготування. По-друге, знижуються витрати на транспортування, так як потужності з виробництва комбікормів максимально наближені до об'єктів їх споживання.

Тому, як показав вітчизняний і закордонний досвід розвитку комбікормової промисловості, поряд з модернізацією технологічного й електросилового устаткування малогабаритних комбікормових агрегатів (МКА), надзвичайно важливим є удосконалення систем управління ними, у тому числі й на рівні комп'ютерних технологій, що базуються на сучасних принципах, при яких буде забезпечене керування автоматизованим технологічним комплексом (АТК) відповідно до деякого узагальненого економіко-технічного критерію. Це забезпечить одержання заданого обсягу продукції необхідної якості при мінімумі витрат енергії й часу. Такі системи повинні замінити багато в чому недосконалі існуючі САК стабілізацією активного струму навантаження приводних двигунів дробарок МКА, що не забезпечують одержання продукції необхідної якості.

У зв'язку з викладеним, слід вважати актуальною проблему удосконалення

систем керування електротехнологічними комплексами на базі МКА.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до: “Концепції Державної програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2011 року”, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 785 від 30 травня 2007 року, “Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року”, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1158 від 19 вересня 2007 року, “Державної програми сталого розвитку сільських територій України”, затвердженої Указом Президента України №500/2011, Науково-технічної програми №1 Таврійської державної агротехнічної академії на 2004-2010 роки "Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України" (державний реєстраційний номер 0102U000678), науково-дослідної роботи “Автоматизація технологічних процесів виробництва та переробки продукції сільського господарства” (державний реєстраційний номер 0114U002559) за тематичним планом НДДКР Таврійського державного агротехнологічного університету на 2011 – 2015 рр., де здобувач був керівником напрямку.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення якості та зниження собівартості комбікормів, вироблених електротехнологічними комплексами на базі малогабаритних комбікормових агрегатів шляхом удосконалення систем керування ними.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

1. Провести аналіз функціонування існуючих електротехнологічних комплексів з виробництва комбікормів в агропромисловому комплексі, систем керування ними, з'ясувати причини випуску продукції недостатньої якості і недопустимо підвищеної собівартості.

2. Аналітично дослідити й визначити особливості функціонування автоматизованих електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів у порівнянні з промисловими комбікормовими виробництвами.

3. Обґрунтувати вибір критерію і алгоритму функціонування автоматизованих електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів.

4. Виконати проектування й провести теоретичні дослідження узагальненої лінійаризованої структури автоматизованого електротехнологічного комплексу на основі синтезованого універсального малогабаритного комбікормового агрегату.

5. Реалізувати декомпозицію задачі ідентифікації технологічного процесу виробництва комбікормів в АПК з урахуванням наявності нелінійних функціональних зв'язків між елементами системи.

6. Формалізувати модель системного інжинірингу з визначенням функцій систем технології та керування у відповідності до прийнятих організаційних процедур з урахуванням особливостей функціонування таких комплексів у порівнянні з промисловими комбікормовими комплексами.

7. Виконати системну інтеграцію та верифікацію відповідно технічного й програмного забезпечення АТК виробництва комбікормів в АПК.

8. Провести експериментальну перевірку отриманих результатів і виконати їхню техніко-економічну оцінку.

Об'єкт дослідження – процес виробництва комбікормів в умовах господарств АПК.

Предмет дослідження – системи керування електротехнологічними комплексами на базі малогабаритних комбікормових агрегатів.

Методи дослідження. Для розв'язання поставленої проблеми були застосовані основні положення теорії інформації й масообміну, теорії автоматичного керування й регулювання із використанням розроблених і стандартних пакетів прикладних комп'ютерних програм.

Експериментальна перевірка теоретичних положень проводилася в реальних умовах з обробкою одержаних даних із використанням методів математичної статистики і теорії ймовірностей.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Уперше з використанням теорії інформації, теорії автоматичного керування і регулювання й теорії масообміну, отримана математична модель функціонування узагальненої структури автоматизованого технологічного комплексу з виробництва комбікормів в АПК, що враховує дисипативні характеристики технічних засобів автоматики й зерновик потоків як сипких середовищ.

2. Уперше виконане формування узагальненого векторного критерію якості функціонування АТК, що відрізняється від відомих критеріїв тим, що він додатково враховує стадії прогнозування стратегії економічного розвитку господарства з визначенням потреби в необхідних обсягах, номенклатурі, джерелах придбання й маршрутах доставки комбікормів і вихідних компонентів, вибору або синтезу оптимальної функціональної структури МКА, складання й реалізації виконавчого рецепту, що забезпечує необхідні якісні й енергетичні показники роботи електротехнічних комплексів.

3. Удосконалена методика проектування поточкових технологічних ліній виробництва комбікормів, яка відрізняється від відомого модульного методу, використанням об'єктно-орієнтованої декомпозиції ТП і мереж Петрі, які підвищують ефективність як використання інформаційних ресурсів, так і самого процесу проектування.

4. Одержало подальший розвиток теоретичне обґрунтування оптимізації фактичної продуктивності поточної технологічної лінії виробництва комбікормів у функції вологості, розмелездатності й енергоємності компонентів меню комбікорму, що забезпечує одержання продукції у відповідності до вимог базисних кондицій.

5. Удосконалена теорія формалізації функціонування електротехнічних комплексів на базі МКА, яка відрізняється від існуючих тим, що вона, навіть при наявності теоретично нестійких деяких контурів вихідної лініаризованої системи, дозволяє визначити параметри технічної стійкості автоматизованого об'єкта без синтезу компенсуючих ланок.

6. Одержала подальший розвиток розробка комплексу інтегрованих ма-

тематичних моделей опису об'єктів кормоприготування, що враховує особливості гнучкого виробництва, системного інжинірингу, підтримки рішень і наскрізних алгоритмів керування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в підвищенні ефективності функціонування автоматизованих електротехнологічних комбікормових комплексів за рахунок своєчасного збору, накопичення, зберігання, реєстрації, відновлення, аналізу, швидкої і якісної обробки й передачі інформації, необхідної для обґрунтованого прийняття рішень по ефективному управлінню АТК з виробництва комбікормів в АПК з метою забезпечення його оптимального енергозберігаючого режиму роботи й одержання продукції необхідної якості.

Розроблений комплекс технічних засобів, а також проектно-технічна документація системи керування електротехнологічними комплексами з виробництва комбікормів в АПК впроваджені й пройшли випробування в комбікормовому цеху №2 ТОВ “Агропромислова компанія” (Запорізька обл., м. Мелітополь), результати НДР по Програмі 1 ТГАТУ, напрямок 1.7.1 “АСУТП малогабаритних комбікормових установок” передані для впровадження на Сімферопольський ремонтно-механічний завод, а також на підприємство-виготовлювач МКА - ВАТ “Уманьферммаш”, з метою використання їх при розробці нових зразків МКА й систем керування ними, що підтверджується відповідними актами.

Результати роботи впроваджені у навчальний процес кафедри автоматизації сільськогосподарського виробництва ТГАТУ напрямку підготовки 6.100101, а також у практичній підготовці, курсовому й дипломному проектуванні.

Особистий внесок автора. Нові наукові результати дисертації отримані автором особисто. У наукових працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у наступному: у роботах [2, 6, 24, 27, 34, 41] авторові належить аналіз електротехнологічних комплексів на базі МКА, як об'єкта керування; у роботах [15, 35] автором запропонована математична модель функціонування узагальненої структури автоматизованого технічного комплексу; у роботах [4, 5, 11, 30, 36-38] автором виконаний синтез і умови реалізації узагальненого векторного критерію якості функціонування АТК, у роботах [13, 21] автор запропонував шляхи вдосконалення методики модульного методу проектування поточкових технологічних ліній з виробництва комбікормів; у роботах [12, 26, 28, 31, 33, 44, 45] виконаний аналіз якості функціонування автоматизованого технологічного комплексу; у роботах [22, 29, 32, 39] автором запропонований склад і розробка інтегрованих математичних моделей опису об'єктів кормоприготування; у роботах [3, 10, 25, 40, 42, 43] авторові належить розробка методики лабораторних і виробничих випробувань системи керування електротехнологічними комплексами з виробництва комбікормів в АПК, а також складання рекомендацій з їх використання.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень, що отримані в дисертації, заслухані й обговорені на міжнародних науково-технічних семінарах, симпозіумах і конференціях: Міжнародна науково-

практична конференція “Модельовання процесів і технологічного устаткування в сільському господарстві” (Мелітополь, МІМСГ, 1994 р.), Міжнародна науково-практична конференція “Экологические аспекты внесения удобрений і обработки почвы” (м. Варшава, Інститут будівництва, механізації й електрифікації в сільському господарстві, 1996 р.), Науковий симпозиум “Проблемы эксплуатации почвообрабатывающих машин” (м. Варшава, Варшавська політехніка, 1997 р.), Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу й аспірантів (м. Москва, МГАУ, 1997 р.), Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів і студентів (м. Мелітополь, ТДАТА, 1996 - 2007, рр.), Міжнародна науково-технічна конференція “Землеробська механіка на рубежі сторіч” (м. Мелітополь, ТДАТА, 2001 р.), Міжнародна науково-технічна конференція “Мікропроцессорные системы в земледелии” (м. Варшава, Варшавська політехніка, 1997 р.), Міжнародна науково-практична конференція “Проблеми енергопостачання й енергозбереження в АПК України” (м. Харків, ХНТУСГ, 2006 - 2011 рр.), Міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми сучасної електротехніки” (м. Київ, Інститут електродинаміки, ПСЕ-2000, ПСЕ-2004, ПСЕ-2008, ПСЕ-2010), Всеукраїнська науково-практична конференція “Сучасний стан і перспективи виробництва зерна в умовах інноваційного розвитку аграрного ринку України” (м. Дніпропетровськ. Інститут зернового господарства УААН України, 2008 р.), Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті П.М. Василенко (г., Київ, НАУ, 2007 р., м. Львов, ЛНАУ, 2008 р., м. Дніпропетровськ, ДГАУ, 2009 г), Міжнародна науково-технічна конференція “Системний аналіз і інформаційні технології” (м. Київ Національний технічний університет України «КПІ», 2008 - 2011р.р.), Науково-технічна конференція “Інформатика й комп'ютерні технології” (м. Донецьк, ДНТУ, 2009(г.), Міжнародна науково-технічна конференція "Керування, автоматизація й навколишнє середовище” (м. Севастополь, Севастопольський національний технічний університет, 2011 р.), Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів і студентів (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2008 - 2012 р.р.)

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 45 наукових працях, з яких статей - 32 (у фахових виданнях – 31), з них самостійно – 10, матеріали міжнародних науково-практичних конференцій – 9, патентів України – 3, авторських свідоцтв України – 1.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 315 найменувань, в тому числі 20 іноземних, та 6 додатків. Дисертація викладена на 345 сторінках основного тексту, містить 80 рисунків та 31 таблицю.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** сформульована науково-прикладна проблема і обґрунтована її актуальність, визначені мета і задачі дослідження, сформульовані наукова новизна і практичне значення отриманих результатів. Також наведені особистий

внесок здобувача, апробація результатів і зв'язок з державними програмами, планами та темами.

У **першому** розділі наведена загальна характеристика технологій і засобів виробництва комбікормів, визначено сучасний рівень їх автоматизації, обґрунтовані об'єктивні передумови вдосконалювання методів і засобів систем керування виробництвом комбікормів в АПК, сформульовані техніко-економічні вимоги, що висуваються до методів і засобів автоматизації електротехнологічних комплексів з виробництва комбікормів в умовах господарств.

Вагомий внесок у дослідження технологічних процесів виробництва комбікормів в АПК і систем керування ними зробили Б.В. Єгоров, В.М. Клейменов, Л.С. Кожарова, П.Н. Міончинський, Г.Г. Палкін, А.Т. Птушкін, А. Н. Пилипенко, Л.В. Погорілий, М.Б. Полякова, І.І. Ревенко, В.І. Сироватка, В.Я. Черкун, Н.П. Черняєв, В.Я. Максаков, Б.І. Котов, В.С. Федорейко, Л.С. Червінський, Д.В. Калашник, І.Д. Труфанов, В.Г. Лисогор, І.О. Фурман, А.А. Шевцова, О.А. Новицький, В.О. Чернишов та ін. Їхні наукові досягнення знайшли відображення в науковій і навчальній літературі.

Однак сучасний стан комбікормової промисловості в Україні вимагає подальшого удосконалення як самих електротехнологічних комплексів на базі МКА, так і систем керування ними.

В роботі складені техніко-економічні вимоги до систем керування електротехнологічними комплексами на базі малогабаритних комбікормових агрегатів. Розроблена функціональна структура системотехнічного комплексу на базі МКА. Наведено перелік і характеристики основних систем автоматизованого комплексу.

Основа автоматизованого електротехнологічного комплексу складає операційна (технологічна) система, що забезпечує у відповідності до свого призначення, розв'язання необхідного кола організаційно-технологічних задач виробництва: використання енергії, матеріалів (сировини, комплектуючих), робочого персоналу з визначенням осіб, що приймають рішення (ОПР).

Інформаційні зв'язки у сукупності складають підсистему комунікацій, основна задача якої полягає в організації зв'язку між енергоресурсами та енергопотоками, які мають місце і забезпечують виконання технологічного процесу.

Система забезпечення слугує для реалізації таких процедур, які створюють необхідні умови для працездатності комплексу.

У **другому** розділі виконані теоретичні дослідження технологічного процесу виробництва комбікормів в АПК як об'єкта керування.

Розроблені структури:

- системного інжинірингу;
- наскрізного циклу гнучкого виробництва;
- наскрізних алгоритмів керування;
- структури бібліотеки алгоритмів;
- структури підсистеми підтримки рішень.

При розробці високоефективних енергоекономічних систем технології й керування, необхідна реалізація автоматизованих підсистем проектування, планування, підготовки та реалізації виробництва. Зазначені процедури супроводжуються процесами комп'ютерного інжинірингу, модель якого показана на рис. 1. Особа, що приймає рішення (ОПР), на основі даних про інформаційний аналіз, допустимості корекції завдання й пріоритетів, вирішує питання реалізуєності на підставі математичних моделей, що описують зазначені процеси.

У цьому випадку формальне представлення моделі описується кортежем $(\bar{P}_0, \varphi_0, F, Q, T)$: $\bar{P}_0 = (P_0^1, \dots, P_0^i, \dots, P_0^j) \in E^j$ - вектор продуктивності робочих етапів;

j - номер робочого етапу або операції ($j = \overline{1, J}$); E^j - евклідовий простір

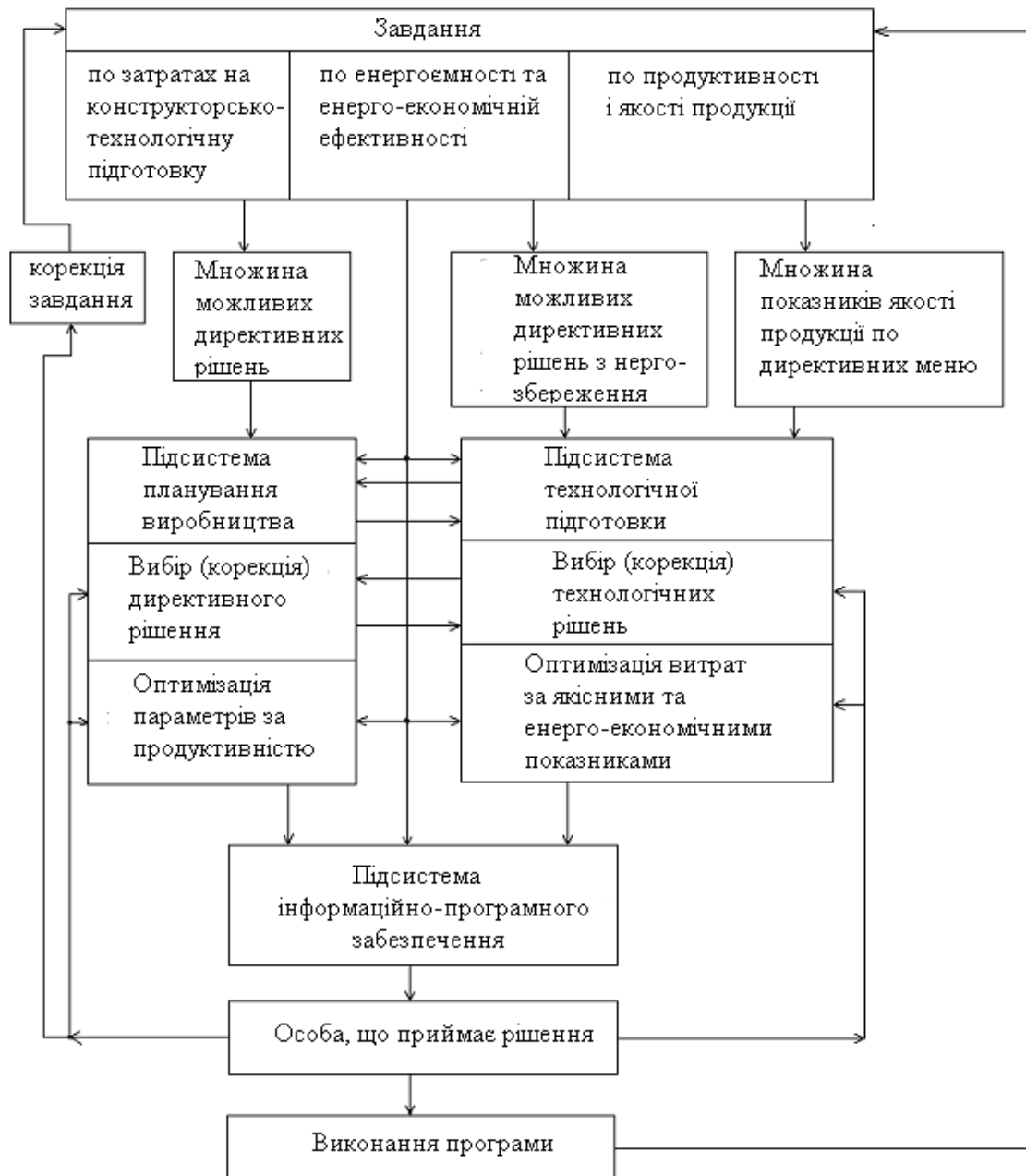


Рис.1. Структура моделі реалізації функцій інжиніринга.

розмірності J ; $\bar{\varphi}_0 = (\varphi_0^1, \dots, \varphi_0^i, \dots, \varphi_0^I) \in E^I$ - вектор потоків вимог (заявок) на виготовлення продукції; i - номер етапу (операції) ($i = \overline{1, I}$); E^I - евклідовий простір розмірності I ; F - продуктивність комплексу (виробництва); Q - сукупні енергетичні поточкоресурси для забезпечення продуктивності виробництва; T - розклад функціонування виробництва. Вектор $\bar{P}_0$ відповідає певному технологічному рішенню при витратах Q (у т.ч. при їхній вартості): $\bar{P}_0 = \bar{P}_0(Q)$, $\bar{P}_0(Q)$ - вектор - функція $E^I \rightarrow E^J$; вектор $\bar{\varphi}_0$ відповідає певному плановому рішенню при продуктивності F ; $\bar{\varphi}_0 = \varphi(F)$ - вектор - функція $E^I \rightarrow E^J$.

З плановим (φ) і технологічним (P) рішеннями однозначно зв'язана певна множина розкладів $D(\bar{\varphi}, \bar{P})$. Підсистема планування має опис виду $\langle \Phi; \bar{P}_0(Q^i) \rangle$; Φ - множина функцій $\bar{\varphi}$; де розв'язується завдання визначення $\min Q$ по всіх параметрах $(\bar{p}, Q)$, $p \in P$: $D'(\bar{\varphi}_0, \bar{p}, F^i, Q) \neq 0$. Зазначені тут умови фактично є завданнями складання розкладу, оптимального щодо деякого критерію, який визначає взаємозв'язок між підсистемами планування й технологічної підготовки.

А з урахуванням того, що у загальному випадку технологічний процес виробництва комбікормів являє собою багатомірний об'єкт керування з великою кількістю послідовних ланок, що відображають операції організаційного, підготовчого та технологічного характеру, то у якості критерію його оптимізації прийнятий певний узагальнений векторний перетворювач інформації, принцип формування й реалізації варіанта якого показано на рис. 2. Реалізації цієї проблеми повинне передувати досить ретельне прогнозування економічних аспектів розвитку як самого господарства, так і ситуації на ринку відповідної галузі сільськогосподарського виробництва, що на рис.1 відображено блоками 1-3.

Щодо вибору типу базового МКА (блок 4), то є очевидним, що для порівняння різних варіантів систем керування, тобто оптимізації функціонування автоматизованого технологічного комплексу (АТК), необхідні досить певні кількісні критерії, наприклад:

- кількість і якість продукції, що випускається;
- собівартість продукції;
- продуктивність праці;
- питомі витрати сировини й енергії;
- рентабельність і ін.

При реалізації блоків (5-7) передбачається, що математичне очікування значення K_0 деякого функціонала якості АТК (одного з перерахованих вище показників) запишеться як

$$M\{K\} = K_0 \pm M\{\Delta K_0\}, \quad (1)$$

де K_0 - функціонал якості ідеального гіпотетичного АТК, що має нульову варіацію і не потребує витрат на експлуатацію;

ΔK_0 - витрати на створення АТК з урахуванням його реальних умов і результатів функціонування, зі знаком перед математичним очікуванням, що залежить від конкретного функціоналу якості.

Вираз (1) може бути використаний для оцінки ефективності варіантів технологічного об'єкта (ТО) і системи керування (СК), а також АТК у цілому, який забезпечував би виконання умови:

$$\begin{aligned} M\{\Delta K_O\} &\rightarrow \min, \text{ або} \\ M\{\Delta K_O\} &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (2)$$

у залежності від фізичного змісту параметра К.

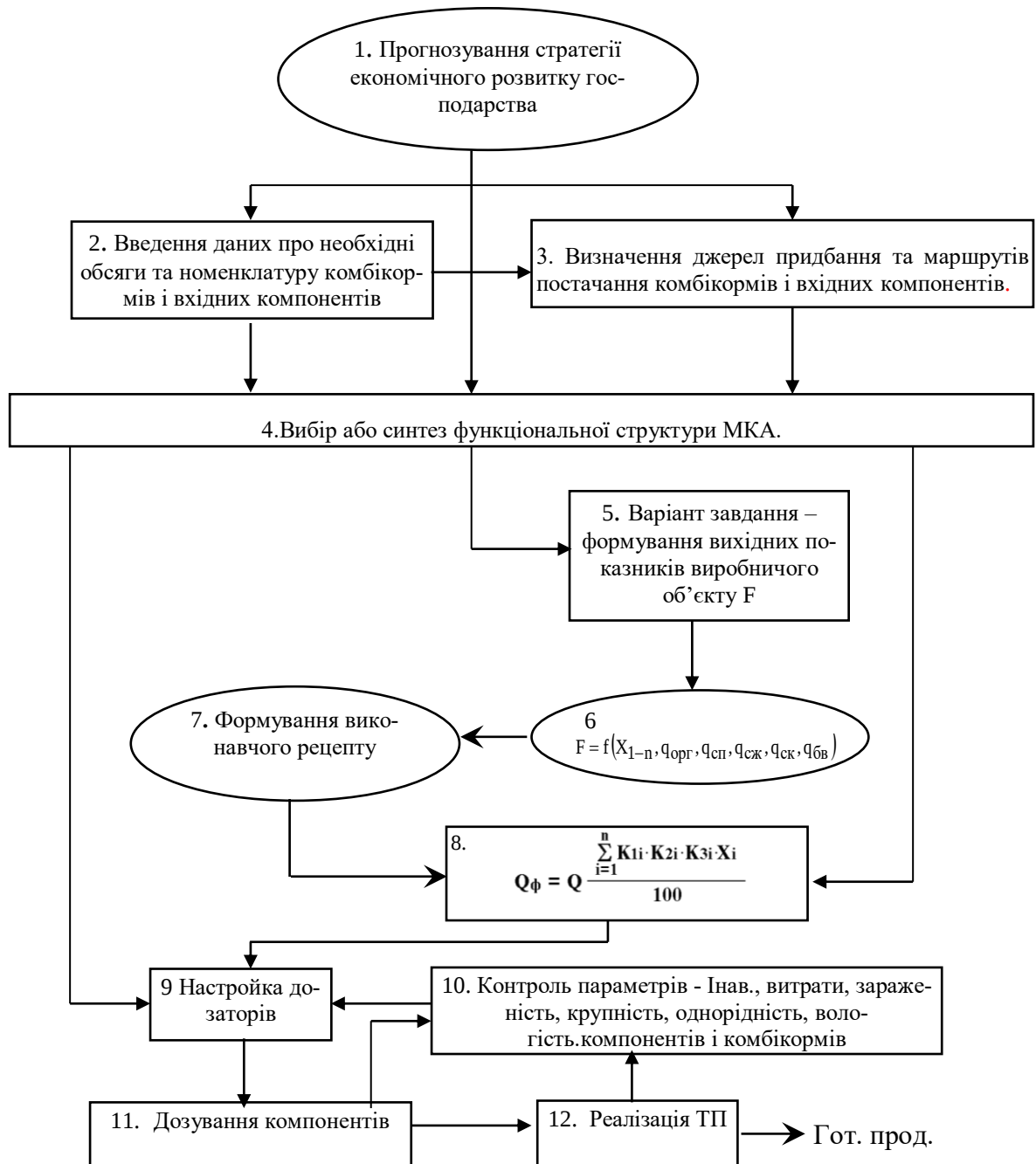


Рис. 2. Блок-схема реалізації узагальненого векторного критерію оптимізації.

Тому, враховуючи відносну складність постановки й розв'язання завдання оптимізації виконавчих рецептів комбікормів, реалізацію даного алгоритму доцільно виконувати із застосуванням спеціальних методів математичного моделювання. У роботі прийнято один з найпоширеніших - симплекс-метод. Наступним кроком реалізації критерію є визначення розрахункової (фактичної) продуктивності лінії (блок 8), яка розраховується як добуток продуктивності номінальної (паспортної) на коефіцієнти K_1 - K_3 , що враховують показники відповідно: розмелюздатності, енергоємності й вологості компонентів X_i виконавчого рецепту комбікорму. Відповідно до визначеного значення фактичної продуктивності здійснюється настроювання дозаторів і реалізація ТП із безперервним контролем відповідних параметрів (блоки 9-12).

У **третьому** розділі виконана розробка методологічних основ створення систем керування електротехнологічними комплексами на базі МКА. Розроблені загальні математичні методи синтезу параметрів системи керування кормоприготуванням.

Синтезовані узагальнені системні морфологічні фактори, при застосуванні яких повинні бути реалізовані їхні основні властивості: співпідпорядкованість, розгортуваність і співвідносна важливість прийнятих до аналізу критеріїв корисності й енергоекономічної ефективності, що відображено деревом цілей, показаним на рис. 3.

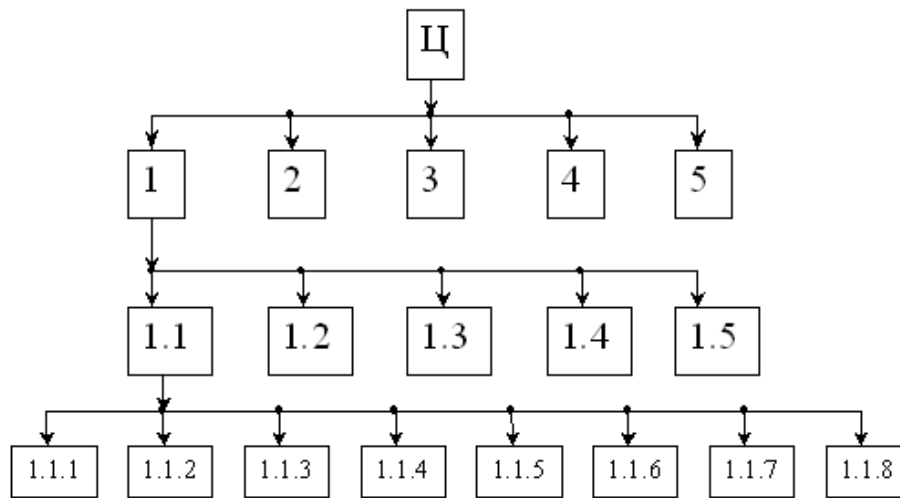


Рис. 3. Дерево цілей підприємства кормоприготування:

Ц - генеральна мета підприємства з виробництва комбікормів, покликаною задовольняти потреби господарства у якісних комбікормах;

1 – виробнича мета: випуск продукції кормовиробництва відповідно до замовлень у встановлений термін;

2 – науково-технічна мета: використання досягнень сучасної комп'ютерної техніки керування у виробництві в ринкових умовах;

3 – соціальна мета: планомірний інтенсивний і пропорційний розвиток колективів господарств АПК;

4 – економічна мета: забезпечити максимальну ефективність виробництва;

5 – ціль розвитку: пропорційний і ефективний розвиток тваринницького потенціалу господарства.

Виробнича мета 1 конкретизується підцілями локального рівня:

- організація необхідного потенціалу експлуатаційного обслуговування;
- забезпечення високої якості продукції;
- удосконалення керування виробництвом;
- забезпечення виконання екологічних вимог.

Підціль 1.1 конкретизується на більш детальні:

- організація науково-технічної й матеріально-технічної підтримки виробництва;
- виконання вимог нормативних технологічних документів з реалізації високих енергоекономічних показників протікання технологічних процесів кормоприготування;
- забезпечення оптимального й енергоефективного завантаження технологічних машин і агрегатів;
- організація ефективної маркетингової й дилерської діяльності;
- виявлення й використання виробничих, енергетичних і фінансових ресурсів виробництва.

Підцілі 1.1.6 – 1.1.8 відносяться, у числі інших, до інституційно - і організаційно – правових умов побудови моделей і алгоритмів оптимізації реального виробництва.

На основі наведених показників складена системна модель прийняття рішення, завдяки якій можуть бути враховані системні завдання керування оптимізованими технологічними процесами й виробництвом: прийняття рішень по оптимальному розподілу ресурсів, вибір оптимальних запитів, розробка заходів з питань модернізації й заміни устаткування, узгодження алгоритмів роботи технологічних процесів, прийняття рішень у процесах пошуку, задачі масового обслуговування, вибір оптимальних логічних маршрутів, завдання й побудова оптимізаційних задач і структур, прийняття рішень у конфліктних ситуаціях, задачі прогнозування й перспективного планування.

Розглянемо тепер дію вхідного (керуючого) впливу $u(t)$ і перешкод $f(t)$ на роботу адаптивної (самонастроюваної) системи, до класу яких відноситься система керування електротехнологічними комплексами на базі МКА (рис.4). При наявності сигналів $u(t)$ і $f(t)$ система повинна здійснювати відтворення сигналу й зводити до мінімуму вплив збурення $f(t)$. Вводимо контур самонастроювання, функції якого зводяться до забезпечення заданої амплітуди автоколивань, а сигнали $u(t)$ і $f(t)$, що змінюють характер автоколивань основного контуру, можуть розглядатися як перешкоди, які заважають виконанню контуром самонастроювання його основного завдання.

Структурно-алгоритмічна схема розглянутої системи, яка наведена на рис. 4, відображає динамічні властивості самонастроюваної системи (СНС), як робастної стосовно збурень. Через $W_1(p)$ на цій схемі позначена передавальна функція (ПФ) виконавчого обладнання регулятора, включаючи виконавчий електродвигун; $W_2(p)$ - ПФ об'єкта керування, на який впливає збурення $f(t)$. Вихідна координата основного контуру позначена через $X_1(t)$.

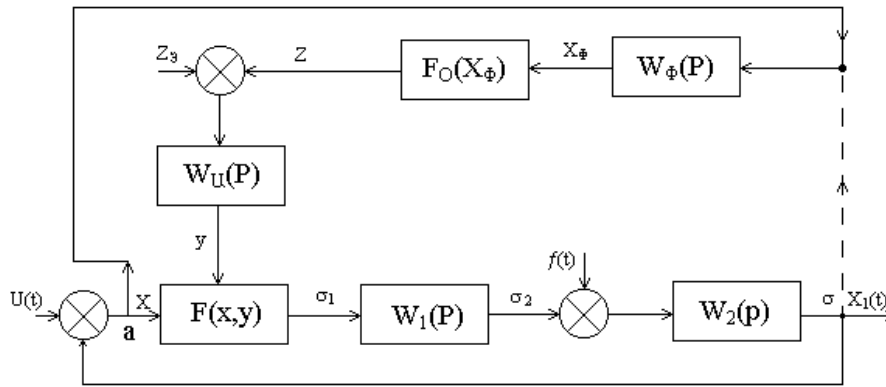


Рис. 4. Автоколивальна СНС. Схема структурно-алгоритмічна.

При розробці математичних методів синтезу параметрів системи керування кормоприготуванням одержане рівняння, що описує основний контур системи

$$\sigma_1 = F(x, y); \sigma_2 = W_1(p) \cdot \sigma_1; x_1 = W_2(p) \cdot [\sigma - f(t)]; x = u(t) - x. \quad (3)$$

Отримана система рівнянь (3) приводиться до одного нелінійного щодо координати "x" рівняння

$$x + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot F(x, y) = u(t) + W_2(p) \cdot f(t). \quad (4)$$

Покладемо, що

$$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 \cdot p + 1}; W_2(p) = \frac{k_2}{p \cdot (T_2 \cdot p + 1)}. \quad (5)$$

У цьому випадку система рівнянь, що описує розглянуту СНС, прийме вид:

$$p \cdot (1 + T_2 \cdot p) \cdot (1 + T_1 \cdot p) \cdot x + k_0 \cdot k_1 \cdot F(x, y) = p \cdot (1 + T_2 \cdot p) \cdot (1 + T_1 \cdot p) \cdot u(t) + (1 + T_1 \cdot p) \cdot f(t); \quad x_\phi = k_\phi \cdot p \cdot x; \quad Z = |x_\phi|; \quad y = \frac{k_u}{p} \cdot (z_3 - Z). \quad (6)$$

Динаміка автоколивальної СНС, що перебуває під впливом сигналів $u(t)$ і $f(t)$, визначається спектральними характеристиками цих сигналів, параметрами основного контуру й контуру самонастроювання.

Розглянемо випадок, коли сигнали $u(t)$ і $f(t)$ являють собою повільно мінливі впливи. У цьому випадку, крім коливальної, перехідний процес містить значну аперіодичну складову, тобто розв'язок нелінійної системи рівнянь необхідно шукати у вигляді

$$x = x^0 + x^*, \quad (7)$$

де $x^* = l \int^{\xi} \sin\left(\int \omega dt\right); x^0$ - повільно мінлива складова.

Визначаємо вплив параметрів $u(t)$ і $f(t)$ на основний контур, вважаючи, що контур самонастроювання відключений, тобто значення варіюємого параметра є постійним ($y = \text{const}$). Розділивши перше рівняння системи рівнянь (6) на два окремі рівняння: для повільно мінливої складової x^0 і гармонійної, що становила x^* , одержимо:

$$\begin{aligned} p \cdot (1 + T_1 \cdot p) \cdot (1 + T_2 \cdot p) \cdot x^0 + k_1 \cdot k_2 \cdot F^0 = \\ = p \cdot (1 + T_1 \cdot p) \cdot (1 + T_2 \cdot p) \cdot u(t) + (1 + T_1 \cdot p) \cdot f(t); \end{aligned} \quad (8)$$

$$p \cdot (1 + T_1 p) \cdot (1 + T_2 p) \cdot x^* + k_1 k_2 \cdot \left(q + \frac{q'}{\omega} \right) \cdot x^* = 0, \quad (9)$$

де коефіцієнти гармонійної лінеаризації F^0 , q (основний), q' (додаткової) обчислюються за наступними виразами:

$$\begin{aligned} F_0 &= \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_0^{2\pi} F(x^0 + A \cdot \sin \psi, A \cdot \Omega \cdot \cos \psi, y) d\psi; \\ q &= \frac{1}{\pi \cdot A} \int_0^{2\pi} F(x^0 + A \cdot \sin \psi, A \cdot \Omega \cdot \cos \psi, y) \cdot \sin \psi d\psi; \\ q' &= \frac{1}{\pi \cdot A} \int_0^{2\pi} F(x^0 + A \cdot \sin \psi, A \cdot \Omega \cdot \cos \psi, y) \cdot \cos \psi d\psi; \quad \psi = \omega \cdot t. \end{aligned} \quad (10)$$

З наведених формул випливає, що коефіцієнти F^0 , q , q' у загальному випадку є функціями чотирьох величин:

$$F = F^0(x^0, A, \Omega, y); \quad q = q(x^0, A, \Omega, y); \quad q' = q'(x^0, A, \Omega, y). \quad (11)$$

Так як згідно (10), параметри системи представлені у вигляді рядів Фур'є, то представляється можливим провести оцінку динамічної точності системи у режимі реального часу (за умови керування режимом роботи кормоприготувального агрегату). Параметри системи (10) обчислювалися в припущенні кратності рядів Фур'є, звідки з динамічної оцінки якості системи для 2π -періодичної функції $f(x, y)$ (у загальному випадку), вона належить класу $L(R)$.

Коефіцієнти такого розкладання дорівнюють:

$$\begin{aligned} a_{mn} &= \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \cos mx \cdot \cos ny \, dx dy; \\ b_{mn} &= \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \sin mx \cdot \cos ny \, dx dy; \\ c_{mn} &= \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \cos mx \cdot \sin ny \, dx dy; \quad (12) \\ d_{mn} &= \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \sin mx \cdot \sin ny \, dx dy. \end{aligned}$$

У цьому випадку одержуємо ряди виду:

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{mn} A_{mn}^{(0)}(x, y); \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{mn} A_{mn}^{(1)}(x, y); \\ & \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_{mn} A_{mn}^{(2)}(x, y); \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_{mn} A_{mn}^{(3)}(x, y), \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{де } \lambda_{0,0} = \frac{1}{4}; \lambda_{0,n} = \lambda_{m,0} = \frac{1}{2} \text{ при } m,n>0; \lambda_{mn}=1 \text{ при } m,n=1;$$

$$\begin{aligned} A_{mn}^{(0)}(x, y) &= a_{mn} \cdot \cos mx \cdot \cos ny + b_{mn} \cdot \sin mx \cdot \cos ny + c_{mn} \cdot \cos mx \cdot \sin ny + \\ &+ d_{mn} \cdot \sin mx \cdot \sin ny = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(u, v) \cdot \cos m(u-x) \cdot \cos n(v-y) \, du dv; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{mn}^{(1)}(x, y) &= -b_{mn} \cdot \cos mx \cdot \cos ny + a_{mn} \cdot \sin mx \cdot \cos ny - d_{mn} \cdot \cos mx \cdot \sin ny + \\ &+ c_{mn} \cdot \sin mx \cdot \sin ny = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(u, v) \sin m(u-x) \cdot \cos n(v-y) \, du dv; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{mn}^{(2)}(x, y) &= -c_{mn} \cdot \cos mx \cdot \cos ny - d_{mn} \cdot \sin mx \cdot \cos ny + a_{mn} \cdot \cos mx \cdot \sin ny + \\ &+ b_{mn} \cdot \sin mx \cdot \sin ny = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(u, v) \cos m(u-x) \cdot \sin n(v-y) \, du dv; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{mn}^{(3)}(x, y) &= d_{mn} \cdot \cos mx \cdot \cos ny - c_{mn} \cdot \sin mx \cdot \cos ny - b_{mn} \cdot \cos mx \cdot \sin ny + \\ &+ a_{mn} \cdot \sin mx \cdot \sin ny = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(u, v) \sin m(u-x) \cdot \sin n(v-y) \, du dv. \end{aligned}$$

Вони визначають динаміку системи, звідки впливають рівномірні оцінки точності (як інтеграли Фур'є- Лебега) по змінних x, y :

$$1) S_{m,n}(f(x, y)) = f(x, y) + \left[N_0 \left\{ W^{(1)}\left(\frac{\ell}{M}\right) \cdot \ell n M \right\} + \left\{ W^{(2)}\left(\frac{\ell}{M}\right) \cdot \ell n N \right\} + \left\{ W^{(3)}\left(\frac{\ell}{M}, \frac{\ell}{N}\right) \cdot \ell n M \cdot \ell n N \right\} \right];$$

$$\begin{aligned} 2) S_{m,n}(f^{(1)}(x, y)) &= f_M^{(1)}(x, y) + \left[N_0 \left\{ W^{(1)}\left(\frac{\ell}{M}\right) \cdot \ell n M \right\} + \left\{ W^{(3)}\left(\frac{\ell}{M}, \frac{\ell}{N}\right) \cdot \ell n M \cdot \ell n N \right\} + \right. \\ &+ \left. \left\{ \ln N \int_{1/M}^{\pi} \frac{W^{(3)}(u, \frac{\ell}{N})}{u} du \right\} \right]; \quad 3) S_{m,n}(f^{(2)}(x, y)) = f_N^{(2)}(x, y) + N_0 \left\{ \ell n M \int_{\frac{\ell}{N}}^{\pi} \frac{W^{(3)}(\frac{\ell}{M}, v)}{v} dv \right\}; \end{aligned} \quad (14)$$

$$4) S_{m,n}(f^{(3)}(x,y)) = f_{MN}^{(3)}(x,y) + \left[N_0 \left\{ W^{(3)}\left(\frac{\ell}{M}, \frac{\ell}{N}\right) \cdot \ln M \cdot \ln N \right\} + \right. \\ \left. + \left\{ \ln M \int_{\frac{\ell}{N}}^{\pi} \frac{W^{(3)}\left(\frac{\ell}{M}, v\right)}{v} dv \right\} + \left\{ \ln N \int_{\frac{\ell}{M}}^{\pi} \frac{W^{(3)}\left(u, \frac{\ell}{N}\right)}{u} du \right\} \right].$$

Викладена методика синтезу адаптивної системи кормоприготування дозволяє ефективно визначити структуру керуючого засобу, закон регулювання, визначити якість динамічного функціонування системи, визначити структуру системи динамічної (у режимі реального часу) корекції закону регулювання координат енерготехнологічного комбікормового агрегату.

У четвертому розділі виконані синтез і дослідження лінійаризованої структури автоматизованого технологічного комплексу. У першу чергу розроблена концепція синтезу архітектури такого АТК. При зіставленні одного рецепта із множини асортименту $\vec{P}$, що містить множину компонентів $\vec{K}$, які подаються множиною елементів технологічної лінії $\{T\}$, то при проектуванні МКА для кількох рецептів комбікормів буде мати місце загальне множина, що містить об'єднання усіх множин:

$$M_{kupp1P2 \cup \dots \cup Pn}; \quad (15)$$

$$M_{kukk1K2 \cup \dots \cup Km}; \quad (16)$$

$$M_{kutt1T2 \cup \dots \cup Tk}, \quad (17)$$

Одним із методів синтезу МКА є застосування мереж Петрі, у рамках використання яких прийняті наступні позначення: ТМ – вузли, технологічний зв'язок між ТМ – дуги, наявність і кількість модулів – відповідна наявність і кількість вузлів. Структурна модель синтезу технологічної лінії (ТЛ) МКА показана на рис. 5. Відповідно до неї, а також виходячи з основних положень системного аналізу, склад машин на першому етапі формується за допомогою об'єктно-орієнтованих операцій. Завданням другого етапу є складання алгоритму керування, який повинен враховувати усі можливі режими роботи ТЛ. Імовірні режими роботи представляються у вигляді графа станів. Потім, використовуючи відомий принцип поблочного представлення й математичного опису процесів за допомогою структурних формул, по спеціально розробленій комп'ютерній програмі був виконаний синтез універсальної структури МКА, яка показана на рис. 6. Особливістю даного агрегату є узагальнення позитивних технологічних ознак існуючих МКА. Нововведенням для агрегатів даного класу є наявність вузлів відповідно ультразвукової обробки вихідних зернових компонентів та змішування компонентів комбікормів у псевдозрізженому (киплячому) шарі з одночасним їх знезараженням за допомогою НВЧ - обробки.

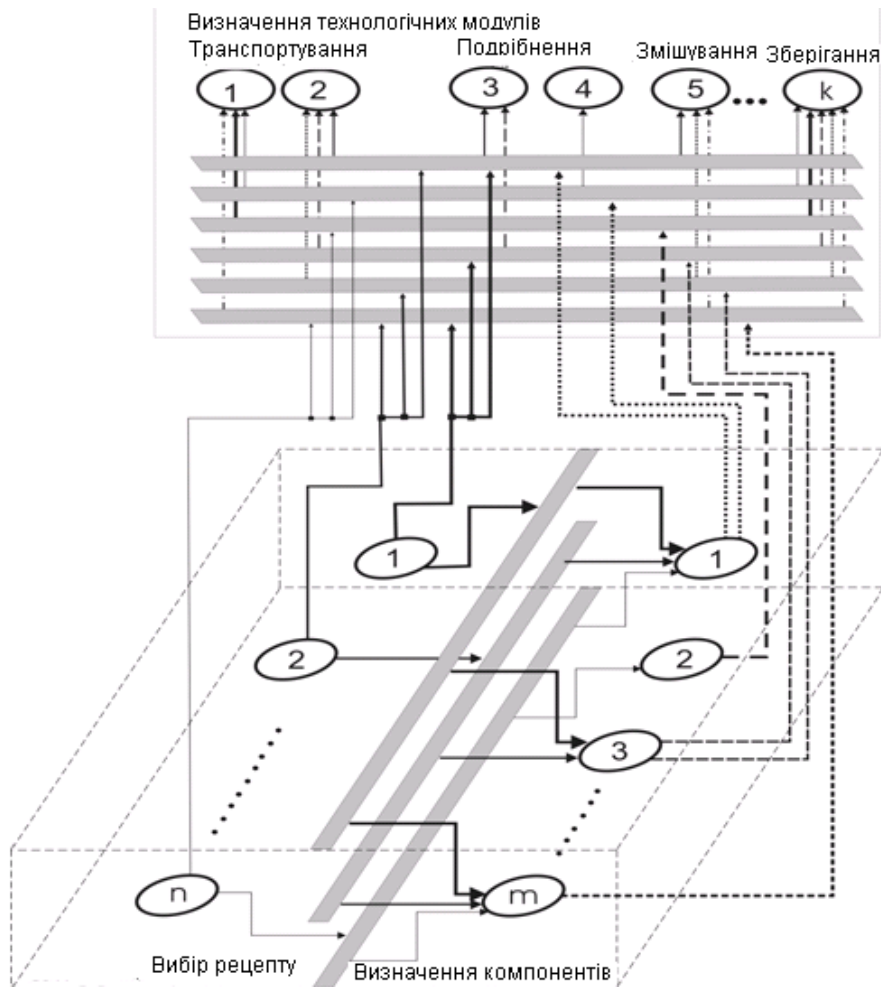
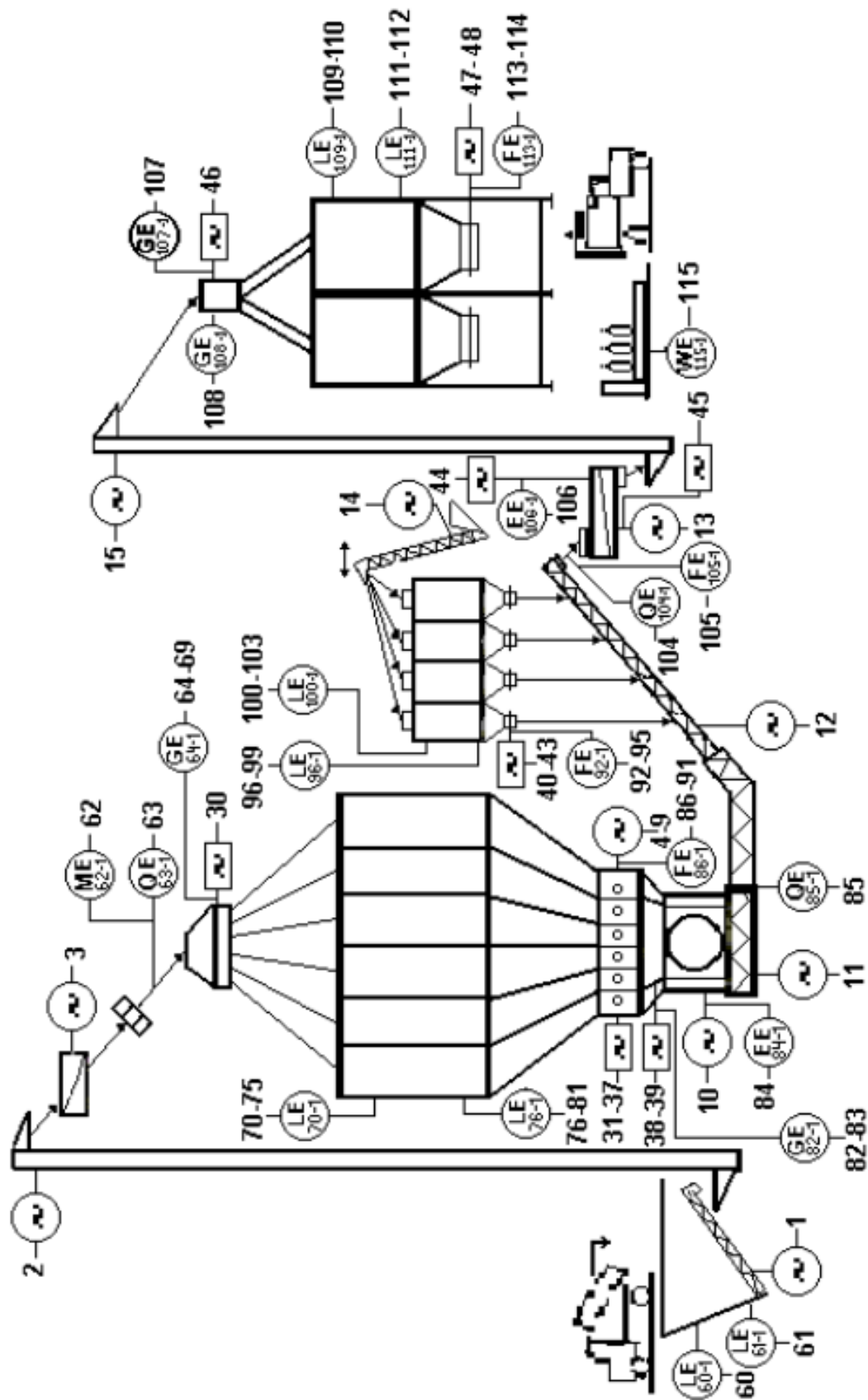


Рис. 5. Структурна модель синтезу ТЛ МКА.

З метою аналізу параметрів функціонування отриманого універсального МКА, складена його функціональна схема автоматизації, яка представлена на рис. 6, де показані місця установки приводних і виконавчих механізмів, вимірювальних перетворювачів, а також система формування й дистанційної передачі інформації. На підставі показаної на рис. 6 функціональної схеми автоматизації, обрані параметри контролю й керування. Також у роботі розглянуті структурно-алгоритмічні моделі основних існуючих малогабаритних комбікормових агрегатів. Разом з тим слід зазначити приватний характер отриманих результатів, що відносяться до конкретних фіксованих структур МКА, які не відображають загальні характеристики усього ряду існуючих видів такого класу установок, як об'єктів керування. Тому розроблена структурно-алгоритмічна схема універсального МКА, по якій, із використанням правил перетворення структурних схем автоматики, а також базуючись на основних положеннях теорії автоматичного регулювання в частині математичного опису статичних і динамічних властивостей систем, отримані передатні функції каналів керування по: струму навантаження, ступеню розмелу, витраті зернової фракції, зараженості й однорідності суміші та подачі комбікорму у змішувач.



Для визначення параметрів якості функціонування АТК були розраховані корені поліномів і матриці отриманих передатних функцій. Розрахунки виконані в середовищі Mathcad з використанням у якості вихідних рівнянь поліномів передатних функцій відповідних контурів регулювання. Розрахунки показали стійкість усіх контурів регулювання за винятком контуру керування по ступеню розмелу, який виявився теоретично нестійким через позитивність дійсної частини одного з коренів та від'ємності одного з визначників відповідної матриці.

З метою подальшого аналізу системи були побудовані об'єднані логарифмічні характеристики АЧХ і ФЧХ контурів регулювання у вигляді діаграми Боде, яка дозволяє визначити “технічну стійкість” об'єкта керування, навіть при його теоретичній нестійкості, розрахованій за класичними критеріями. Характеристики контурів керування на діаграмі Боде будуються по асимптотичних виразах логарифмічних амплітудних і фазових характеристик виду

$$W_i(P) = K \frac{(P - \alpha_1)(P - \alpha_2) \dots (P - \alpha_n)}{(P - j_1)(P - j_2) \dots (P - j_n)}, \quad (18)$$

де K - коефіцієнт передачі контуру, який визначається через приведення до одиниці вільних членів поліномів, тобто $K = \frac{1/b_m}{1/a_n}$; α_n, j_n - значення коренів відповідно чисельника й знаменника поліномів передатних функцій.

Записавши рівняння (18) у частотному виді й виражаючи їх модулі в децибелах, ($20 \lg |W(j)|$), одержуємо вирази для побудови діаграми Боде, яка показана на рис. 7. При цьому для частот сполучення нахил ЛАХ відповідає $\pm n_i 20 \text{ дБ} = \lg \omega^{\pm n_i}$, а зміна фази відкладається у градусах $\pm n 20 \text{ дБ} = \pm n 90^\circ$, де n - коефіцієнт, який залежить від виду коренів поліномів.

З рис. 7. випливає, що контури керування по струму й загальний, якій характеризує подачу комбікорму у змішувач, є абсолютно стійкими, так як їхні АЧХ розташовані нижче значення 0 дБ, а для теоретично нестійкого контуру керування по ступеню розмелу, зі збільшенням частоти спостерігається випереджальне перетинання ЛАЧХ рівня 0 дБ щодо перетинання ЛФЧХ рівня -180 град., що свідчить про технічну стійкість даного контуру із запасом по амплітуді близько 20 дБ, а по фазі – близько 90 град. Ці параметри цілком прийнятні для систем автоматизації даного класу. Так як для розрахунків технічної стійкості за прийнятою методикою беруться корені як знаменників, так і чисельників передатних функцій окремих контурів регулювання, при умові близького розташування частот сполучень на діаграмі Боде, відбувається їхнє злиття, що є адекватним видаленню з розгляду відповідних коренів з позитивною дійсною частиною, які раніше призвели до теоретичної нестійкості відповідних контурів.



Рис. 7. Діаграма Бode.

Проведений аналіз показує адекватність якості теоретичних процесів процесам практики кормоприготування (при прийнятих вище умовах лінійності представлення моделей динамічних ланок системи (підсистеми)) і показує системну наукову спроможність теоретичних передумов при структурному обґрунтуванні параметрів керованості, спостережуваності й стабілізованості.

Відомо, що реальний технологічний процес повинен бути досліджений з урахуванням наявних у ньому нелінійностей. На рис. 8 показана структурно-функціональна схема підсистеми корекції параметрів інваріантності в дискретних нелінійних системах оцінювання із керуванням спостережуваністю. На зазначеному рис.7. величина $g(n)$ - адитивна суміш задаючого впливу $x(n)$ і збурювання $f(n)$; $\Delta u(n)$ - керований процес; $\tilde{u}(n)$ - нев'язка (неузгодженість) спостереження; $\hat{x}(n)$ - оцінка процесу $x(n)$; $u(n)$ - керуючий вплив.

За умовами роботи керований процес $\Delta u(n)$ повинен бути обмежений, тобто

$$-u_{\text{огр}} < \Delta u(n) < u_{\text{огр}} . \quad (19)$$

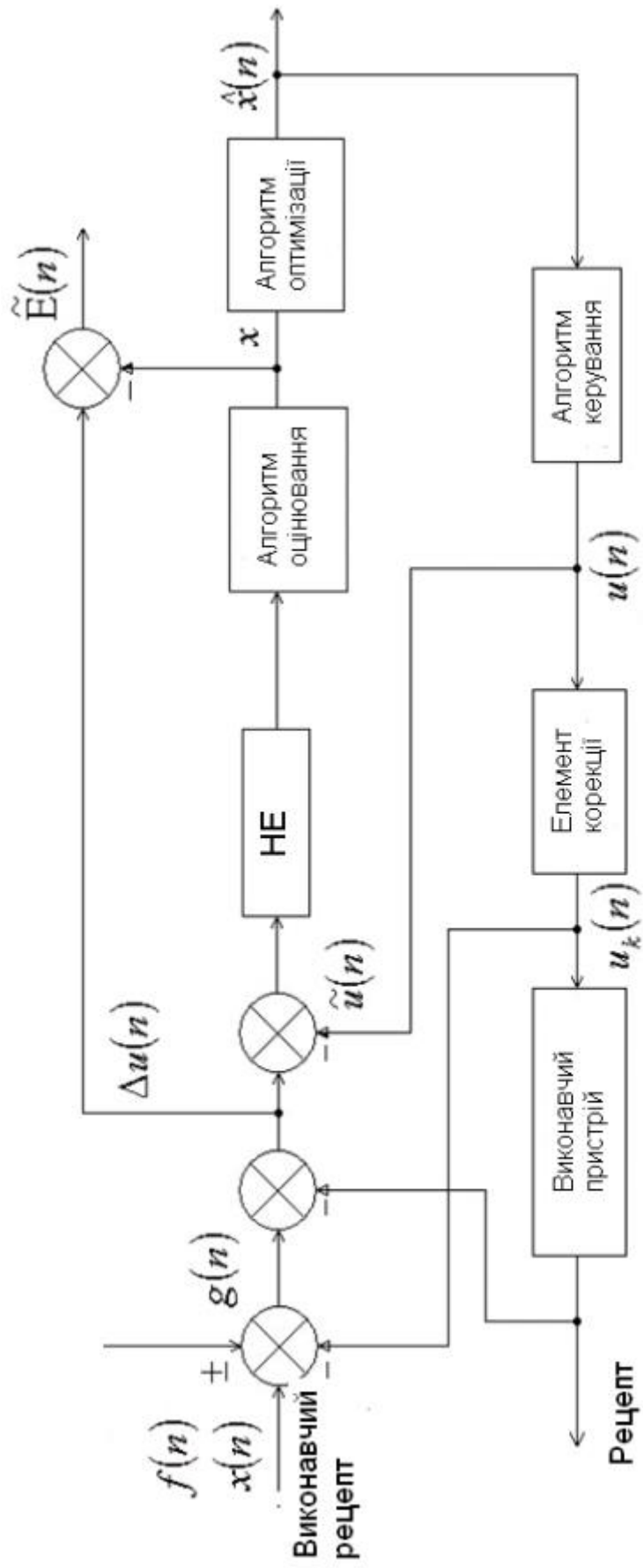


Рис. 8. Структурно-функціональна схема підсистеми корекції параметрів інваріантності.

Із структурно-функціональної схеми (рис. 8) випливає, що зв'язок по вхідному впливу (по каналу керування) $g(n)$ не впливає на характеристичне рівняння каналу оцінювання від точки прикладення $g(n)$ до виходу $\hat{x}(n)$. Воно залишається рівним характеристичному рівнянню замкненої системи керування спостережуваністю (від $g(n)$ до $\hat{x}(n)$), тому можна вважати, що характеристичні рівняння каналів оцінювання (від $g(n)$ до $\tilde{\varepsilon}(n)$) і керування (від $g(n)$ до $u(n)$) однакові.

У зв'язку із цим передатні функції по нев'язкам керування $\tilde{u}(n)$ й оцінювання $\tilde{\varepsilon}(n)$ записуються у вигляді:

$$K_{\tilde{u}}(Z) = \frac{Z\{\tilde{u}(n)\}}{Z\{g(n)\}} = \frac{A(Z, n, K_n)}{C(Z, n, K_n)}, \quad (20)$$

$$K_{\tilde{\varepsilon}}(Z) = \frac{Z\{\tilde{\varepsilon}(n)\}}{Z\{g(n)\}} = \frac{B(Z, n, K_n)}{C(Z, n, K_n)}, \quad (21)$$

де $A(Z, n, K_n)$, $B(Z, n, K_n)$, $C(Z, n, K_n)$ - поліноми відповідних ступенів Z , коефіцієнти яких залежать від дискретного часу nT і параметрів нелінійних елементів. Поліном $C(Z, n, K_n)$ не повинен мати дефекту, тобто полюсів у точці $Z^{-1} = 0$, інакше корені Z будуть за колом одиничного радіуса. Те ж саме відноситься до поліномів $A(Z, n, K_n)$ і $B(Z, n, K_n)$, так як у протилежному випадку нев'язки керування $\tilde{u}(n)$ й оцінювання $\tilde{\varepsilon}(n)$ будуть з'являтися раніше вхідного впливу $g(n)$ (тобто наслідок випереджає причину, що його викликає). Тому $\text{def } A(Z, n, K_n) = \text{def } B(Z, n, K_n) = \text{def } C(Z, n, K_n) = 0$.

Математичне формулювання розглянутої задачі відображається моделлю у вигляді графів (рис. 9) та характеризується наступними критеріями:

а) критерії оптимізації

$$\sum_{j=13}^{24} \sum_{i=1}^{24} C_{ij} \chi_{ij} + \sum_{j=25}^{36} \sum_{i=1}^{36} C_{ij} Y_{ij} + \sum_{j=37}^{48} \sum_{i=25}^{48} C_{ij} Z_{ij} \rightarrow Z \min; i \neq j, \quad (22)$$

де C – бальний показник ефективності χ_{ij} -го Y_{ij} -го Z_{ij} -го параметрів за контрольований період в місяцях.

б) система обмежень:

$$\begin{aligned} \sum_{j=13}^{36} \chi_{ij} \leq 1; j = \overline{13.36}; i \neq j; \sum_{i=1}^{24} \chi_{ij} \leq 1; i = \overline{1.24}; i \neq j; \sum_{j=25}^{48} \chi_{ij} \leq 1; i = \overline{25.48}; i \neq j; \\ \sum_{i=13}^{36} \chi_{ij} \leq 1; j = \overline{13.36}; i \neq j; \sum_{i=37}^{48} \chi_{ij} \leq 1; j = \overline{37.48}; i \neq j; \chi_{ij} + \chi_{ji} \leq 1; j = \overline{12.48}; i \neq j; \end{aligned} \quad (23)$$

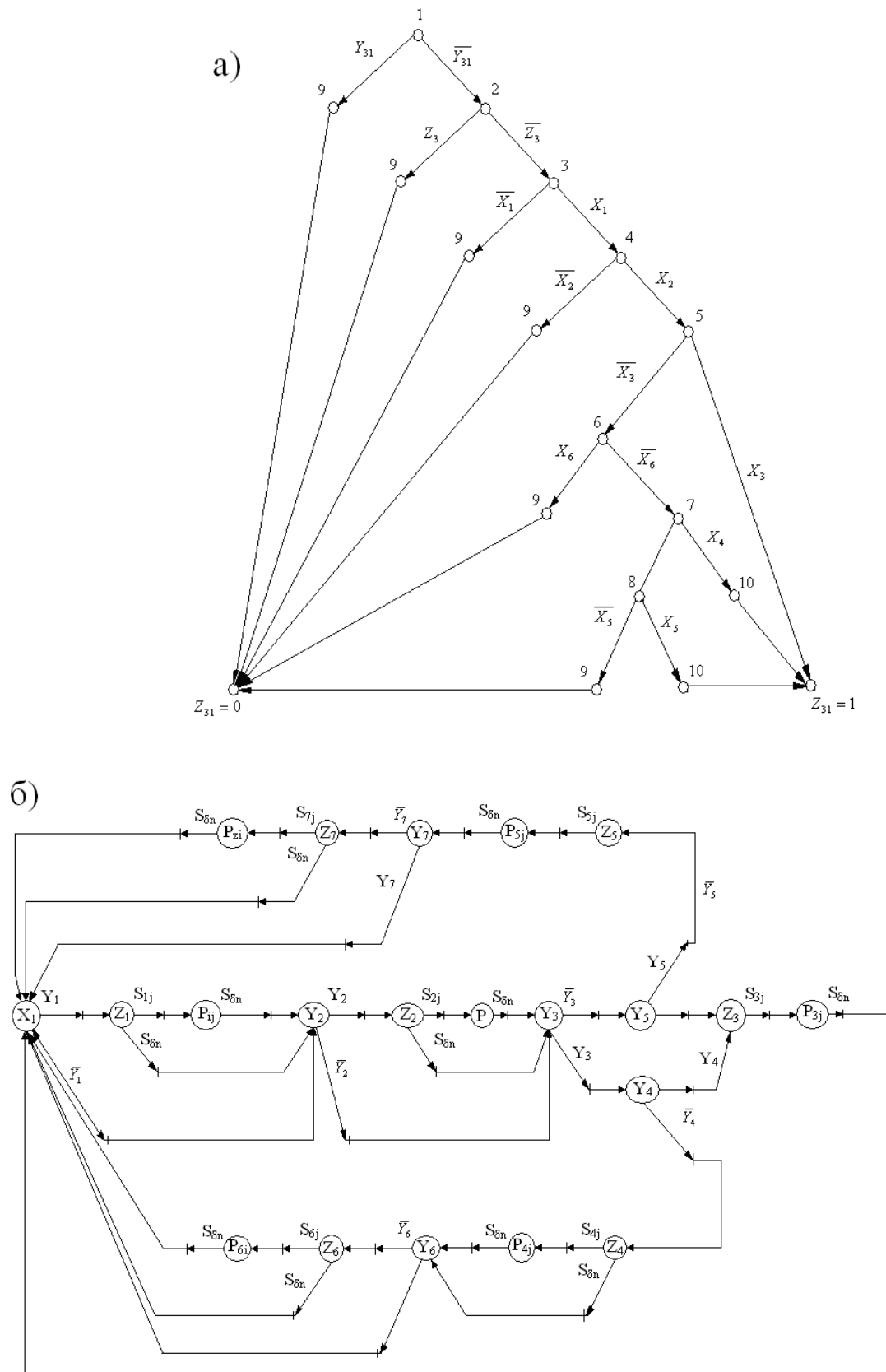


Рис. 9. Орієнтований ациклічний граф і мережа Петрі:

а- модель оптимізації;

б-мережа технологічних операцій та послідовності обробки інформації.

в) забезпечення роботи ТС:

$$\begin{aligned}
 1. & \sum_{j=13}^{24} \sum_{i=1}^{24} Gs_{(ij)}^v \chi_{ij} + \sum_{i=13}^{24} y_{si}^v \xi_i \leq T_1; i \neq j; \sum_{j=25i=13}^{36} \sum_{i=1}^{36} Qs_{(ij)}^v \chi_{ij} + \sum_{i=25}^{36} y_{si}^v \xi_i \leq T_2; i \neq j; \\
 2. & \sum_{j=37i=25}^{48} \sum_{i=1}^{48} Qs_{ij}^v \chi_{ij} + \sum_{i=37}^{48} y_{si}^v \xi_i \leq T_3; i \neq j; \sum_{j=13}^{24} \sum_{i=1}^{24} \ddot{A}s_{(ij)}^v \chi_{ij} + \sum_{i=13}^{24} y_{si}^v \xi_i \leq T_1; i \neq j; \\
 3. & \sum_{j=25i=13}^{36} \sum_{i=1}^{36} \ddot{A}s_{(ij)}^v \chi_{ij} + \sum_{i=25}^{36} y_{si}^v \xi_i \leq T_2; i \neq j; \sum_{j=37i=25}^{48} \sum_{i=1}^{48} A s_{(ij)}^v \chi_{ij} + \sum_{i=37}^{48} y_{si}^v \xi_i \leq T_3; i \neq j; \quad (24) \\
 4. & \sum_{j=13}^{24} \sum_{i=1}^{24} A s_{(ij)}^v s_{(ij)}^v + \sum_{i=13}^{24} y_{si}^{2v} \leq T_1; i \neq j; \sum_{j=25i=13}^{36} \sum_{i=1}^{36} W s_{(ij)}^v s_{(ij)}^v + \sum_{i=25}^{36} y_{si}^{2v} \leq T_2; i \neq j; \\
 5. & \sum_{j=37i=25}^{48} \sum_{i=1}^{48} W s_{(ij)}^v s_{(ij)}^v + \sum_{i=37}^{48} y_{si}^{2v} \leq T_1; i \neq j,
 \end{aligned}$$

де вирази 1, 2 відображають відповідно: витрати на модернізацію та розвиток виробництва, 3- прибуток, 4- чистий прибуток після сплати податків, 5- загальний прибуток від комплексу.

г) забезпечення заданої величини $\mathcal{D}_i (i = \overline{1,12})$ місячного плану продукції випуску

$$\chi_{12+i} + \chi_{24+i} + \chi_{36+i} \geq \mathcal{D}_{12+i}; \quad (25)$$

д) нижня й верхня межі показників випуску продукції

$$G_{12+i}^v \leq Q_{12+i}^v \leq \mathcal{D}_{12+i} \leq A_{12+i}^v \leq W s_{(12+i)}^v; i = \overline{1,36}; \quad (26)$$

е) задача дискретної оптимізації

$$\sum_{j=13}^{24} \sum_{i=1}^{24} \chi_{ij} + \sum_{j=25i=13}^{36} \sum_{i=1}^{36} \chi_{ij} + \sum_{j=37i=25}^{48} \sum_{i=1}^{48} \chi_{ij} + \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^{12} \chi_{ij} = \Pi; i \neq j. \quad (27)$$

На підставі узагальненої структури АТК, відносно підсистем дозування зернових компонентів, дозування мікродобавок, контролю ступеню розмелу, здрібнювання зернових компонентів, контролю по струму навантаження, вихідної координати системи й відповідних передатних функцій нелінійних елементів, проведене моделювання даної системи, результати якого наведено на рис. 10 у вигляді відповідних фазових портретів.

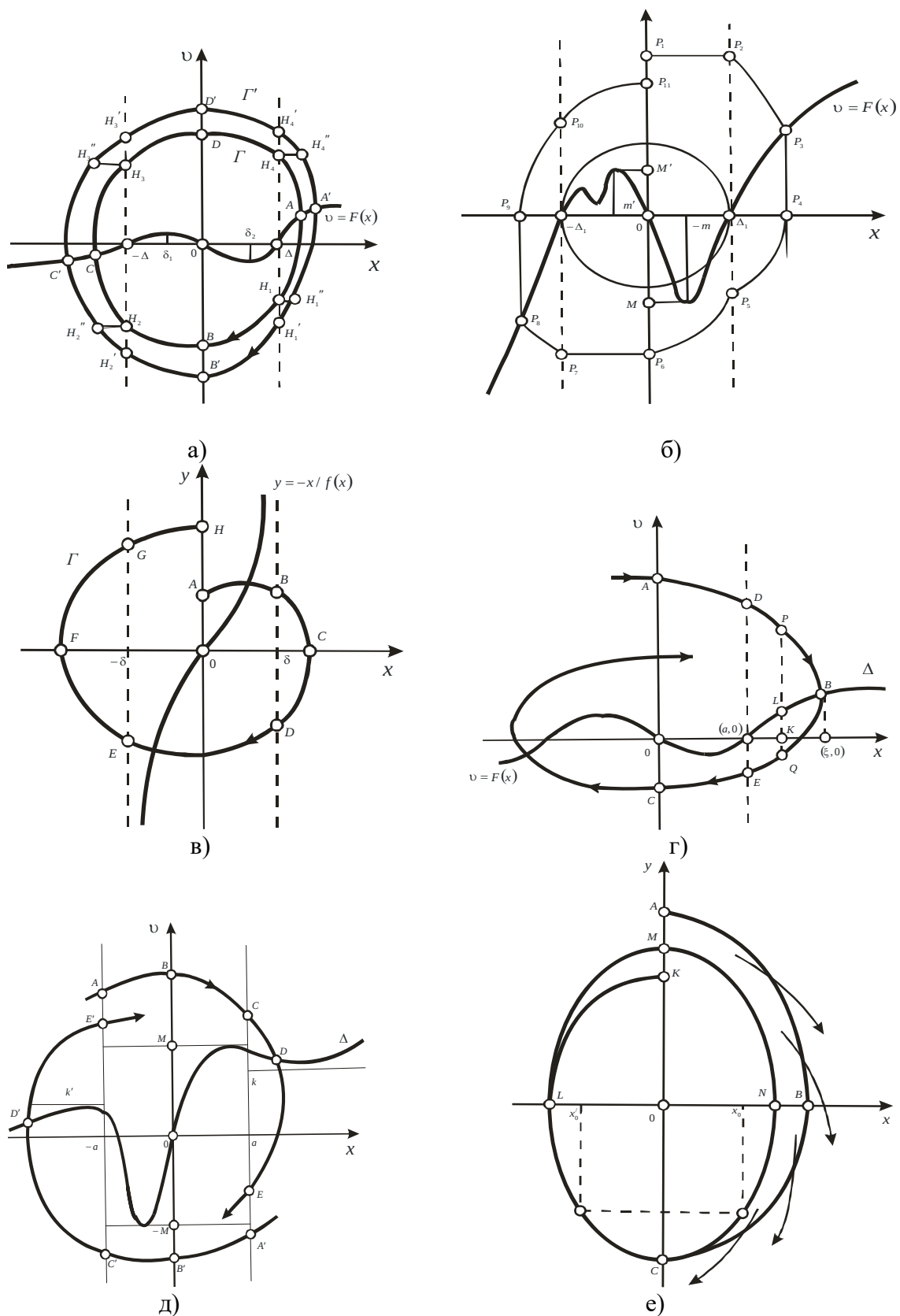


Рис. 10. Фазові портрети контурів керування:

а- дозування зернових компонентів; б- дозування мікродобавок; в- контролю ступеню розмелу; г- здрібнювання зернових компонентів; д- контролю по струму навантаження; е- вихідної координати системи.

Фазові траєкторії (рис. 10.а) показують, що такий режим є оптимальним і в точках траєкторії має еквівалентне керування, що зв'язує координати x , v :

$$\frac{d}{dv}(x^2 + v^2) = 2F(x), \quad (28)$$

де для дуг, що лежать усередині вертикалі, характеристичне рівняння

$$F(x)dv = \frac{x F(x)}{F(x) - v} dx, \quad (29)$$

де кожний з 4-х інтегралів в R негативний (система стійка).

На рис. 10.б показаний фазовий портрет, згідно з яким поле регулювання має вигляд:

$$\frac{dy}{dx} = -f(x) - \frac{x}{y}, \quad (30)$$

звідки випливає, що цикл є граничним, при цьому

$$\frac{v_1^2 - x_i^2}{v_1 - \sqrt{x_i^2 - \Delta_1^2}} \rightarrow \infty,$$

при $v_1 \rightarrow \infty$, тобто для побудови зовнішньої межі повинне дотримуватися умова сталості параметрів замкненого контуру.

Фазові траєкторії (рис. 10.в) характеризують стійкий цикл, але в кільцевій області між двома стійкими циклами, перебуває нестійкий цикл, що характеризує граничні значення параметрів підсистеми. Але технічну стійкість дано-му контуру надає виконання умови, згідно якої дотична до кільцевої траєкторії фазового портрету у точці перетинання ним осі X , проходить під прямим кутом до цієї осі.

Динаміка системи (рис. 10.г) характеризується фазовою картиною, симетричною відносно початку координат, що характерно для руху сипучих матеріалів, тобто повинна виконуватися умова

$$dw = \frac{-F(x)dx}{V - F(x)} > 0. \quad (31)$$

Фазовий портрет (рис. 10.д) характеризує припустимі області варіації параметрів

$$|\Delta w| \leq \int_0^a \frac{g(x)F(x)}{V - F(x)} dx \leq Gi(x) = \max g(x). \quad (32)$$

Системні характеристики вихідної координати системи являють собою континуум замкнених траєкторій (рис. 9.е), межею рухів яких є умова

$$\frac{dy_i}{dx_i} = \frac{g(x_0)}{g(x_i)} \cdot \frac{dy}{dx_0} = -f(x_0, y) - g(x_0)/y, \quad (33)$$

тобто характер руху маси є стійким, хвильовим з перевагою амплітуди поперечної хвилі по відношенню до довжини хвилі поздовжньої.

Таким чином, проведений аналіз динамічної якості системи керування електротехнологічним комплексом показує, що розроблені алгоритми й моделі

з алгоритмічної й математичної точок зору є функціонально високоефективними й мають наукову спроможність і логіко – структурну реалізуємість.

У п'ятому розділі описані результати експериментальних досліджень АТК. Методикою експериментальних досліджень (рис.11) передбачене використання автоматизованого комплексу до складу якого входять:

1 - комп'ютер,

2 - АЦП WAD-AIK-BUS,

3 - плата сполучення Velleman VM110 із проміжним реле 4 JZC-20F у комплекті з вимірювальними перетворювачами, приводними й виконавчими механізмами.

Вихідною інформацією системи є формування й реалізація керуючих впливів (плати відповідно: цифрових (Velleman VM110) і аналогових (WAD-AIK-BUS) сигналів).

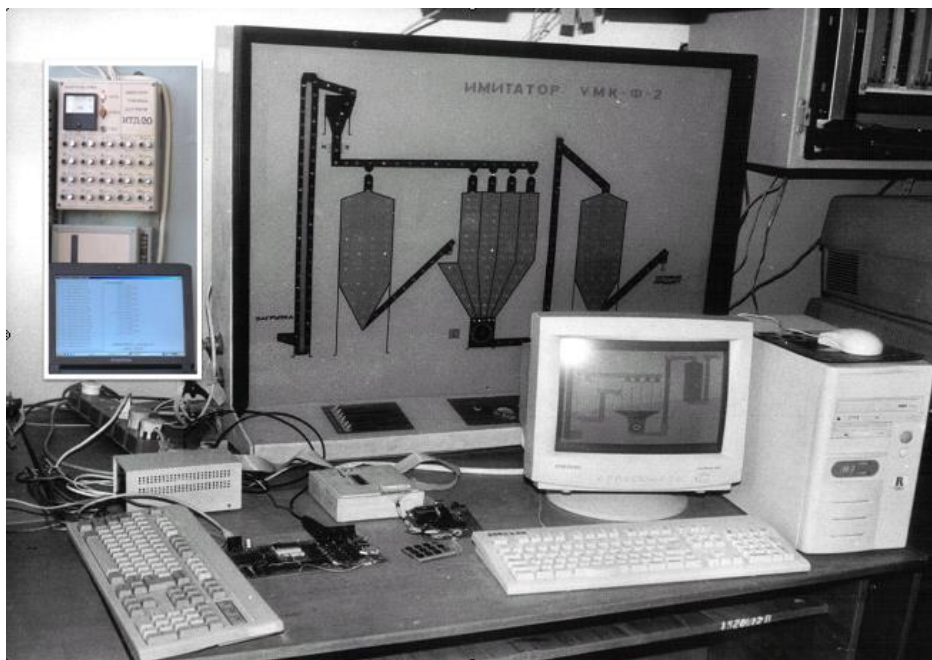


Рис. 11. Лабораторні дослідження АТК на базі МКА.

Виробничі дослідження проводилися на базі ТК ВК цеху № 2 ТОВ "Агропромислової компанії" (Запорізька обл., м. Мелітополь) (рис.12), на якому виконуються такі технологічні операції: приймання компонентів комбікормів, їх переробка, виробництво комбікорму, тимчасове зберігання компонентів і готової продукції.

Дослідження були спрямовані на порівняння експлуатаційних показників роботи устаткування і якісних параметрів комбікормів, отриманих для двох режимів функціонування лінії, а саме: нестабілізованого й стабілізованого.

Для зазначених режимів були виконані виміри відповідних параметрів (для кожного в обсязі двох вибірок) з наступною їхньою обробкою за стандартною методикою.

Для дослідження варіантів роботи даного об'єкта застосований сучасний ентропійний метод експрес-аналізу випадкових процесів, що дозволяє визначати відповідні параметри систем по порівняно малих вибірках.



Рис.12. Виробничі дослідження системи керування АТК виробництва комбікормів.

Тому, враховуючи, що контрольований параметр (ступінь однорідності комбікорму) є випадковою функцією часу, то його ентропія, яка у теорії інформації є ступенем невизначеності стану системи, запишеться у вигляді

$$H(x)_i = \ln(S_x \sqrt{2\pi e}), \quad (34)$$

де S_x - середньоквадратичне відхилення.

Підстановкою в (34) чисельних значень стандартів S_x одержимо відповідно для стабілізованого й нестабілізованого режимів $H(x)_n$ і $H(x)_c$.

А будь-яка зміна ступеню невизначеності, значення якої виражається ентропією, обумовлюється відповідною зміною кількості інформації як різниці значень ентропій

$$I(x) = H(x)_n - H(x)_c, \quad (35)$$

де $H(x)_n$ і $H(x)_c$ ентропія відповідних режимів.

В ідеальному випадку можна було б прийняти $H(x)_c = 0$, що можливо лише теоретично, а кількість інформації в цьому випадку відповідно рівняється ентропії для нестабілізованого режиму

$$I(x) = H(x)_n.$$

Проте, на практиці, зокрема для нашого випадку, $H(x)_c \neq 0$, тому що мають місце некомпенсовані збурювання, викликані властивостями комбікорму як силучого середовища, яке в сукупності характеризується ентропією $H(x)_t$,

Отже, максимальна кількість інформації, яку можна одержати про дослідженні процесу, виражається наступним чином

$$I(x)_{\max} = H(x)_H - H(x)_T. \quad (36)$$

На підставі виразів (35) і (36) визначаємо коефіцієнт технічної ефективності системи керування по каналу контролю ступеня однорідності комбікорму

$$\eta = \frac{H(x)_H - H(x)_C}{H(x)_H - H(x)_T}. \quad (37)$$

$$\eta = 0,38$$

За вищенаведеною методикою також досліджені показники технічної ефективності системи стабілізації по параметрах, наведених у табл. 1, причому для струму навантаження двигуна дробарки й споживання електроенергії розрахований коефіцієнт ефективності функціонування, а зміни втрат вихідних компонентів і виходу готової продукції визначені у відсотках.

Таблиця 1 –

**Показники технічної ефективності системи
стабілізації по параметрах**

Параметр	Зміна	Ефективність функціонування
Струм навантаження двигуна дробарки	Зниження	0.51
Споживання електроенергії	Зниження	0,42
Втрати вихідних компонентів, %	Зниження	10
Вихід продукції, %	Підвищення	8

Отримані результати узгоджуються із припустимими значеннями для даного класу систем.

Проте необхідною умовою застосування даної методики є незалежність вимірів для кожної вибірки й стаціонарність процесу. Гіпотези про незалежність вимірів і стаціонарності процесу були перевірені за критеріями відповідно: серій і Вілкоксона.

Також у даному розділі наведене обґрунтування складу й системна інтеграція комплексу технічних засобів АТК. Склад ТЗА обумовлений параметрами контролю й керування, визначеними із функціональної схеми автоматизації УМКА (рис. 6).

Розробка й верифікація програмного забезпечення АТК з виробництва комбікормів виконана на базі реалізації узагальненого векторного критерію оптимізації (рис.1) і представленої в дисертації блок-схеми алгоритму функціону-

вання універсального МКА. Розроблені програми для синтезу необхідної структури МКА, розв'язання транспортної задачі, складання рецептів комбікормів і керування роботою електротехнологічного комплексу на базі малогабаритних комбікормових агрегатів.

У **шостому** розділі розроблені рекомендації для промислового використання результатів досліджень і наведена економічна оцінка ефективності проведених досліджень. Розрахунки велися як в енергетичних одиницях, так і з визначенням ефективності використання банківських кредитів.

Базуючись на наведеній вище методиці, були проведені розрахунки по визначенню економічної ефективності впровадження автоматизованих енергозберігаючих технологій виробництва комбікормів в умовах господарств. З врахуванням того, що річний відсоток для довгострокового кредитування банком $P=31\%$, при побудові графіку (рис. 13) було визначено, що використання кредитів у банку капіталовкладення будуть вигідними.

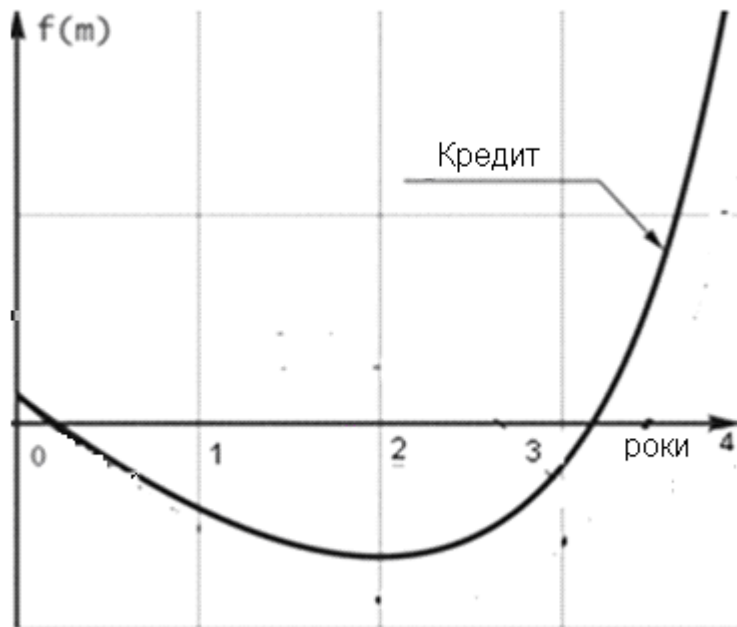


Рис. 13. Результати оцінки економічної ефективності від впровадження автоматизованих енергозберігаючих технологій виробництва комбікормів **в** умовах господарств при визначенні строку повернення кредитів.

Таким чином, впровадження автоматизації процесів виробництва комбікормів в умовах господарств є економічно доцільним.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана науково-прикладна проблема, яка полягає в теоретичному обґрунтуванні удосконалення й дослідження систем керування функціонуванням електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів і розробці засобів їх реалізації.

Найбільш істотні наукові й прикладні результати, висновки й рекомендації дисертації полягають у наступному.

1. Аналіз літературних джерел свідчить, що в структурі собівартості виробництва м'яса, молока та інших продуктів тваринництва, корми складають більш 60%, причому єдиною можливістю мати збалансований раціон, що забезпечує середньодобовий приріст ВРХ на 17-20 % і зниження витрат кормів на 15-18%, є застосування комбікормів. Але через різке подорожчання як самих комбікормів так і їх транспортування до місць споживання, придбання такої продукції на державних комбікормових заводах для багатьох господарств виявилось економічно недоцільним. Тому цілий ряд господарств молочного напрямку змушені згодовувати до 35-40 % зернофуражу у вигляді простої дерті, що приводить до великих витрат зерна и підвищує собівартість продукції. Одним з найбільш перспективних шляхів суттєвого покращення якості та зменшення собівартості комбікормів є впровадження у господарствах електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів (МКА), широко використовуючи місцеву кормову базу. На підставі виконаного аналізу відомих технічних рішень виробництва комбікормів в умовах АПК на базі існуючих малогабаритних комбікормових агрегатів і систем керування ними, проаналізовані особливості їх функціонування й визначені причини недостатньої якості одержуваної продукції, зокрема: часта невідповідність вимогам базисних кондицій місцевих сировинних компонентів, автоматизація переважно допоміжних операцій, організації елементів комп'ютерного керування, як правило, лише у режимі поради. Тому особливості функціонування цих агрегатів вимагають модернізації як технологічних схем і операцій, так і розробки нових систем курування, які б враховували специфіку і відмінності таких об'єктів від існуючих державних (промислових) комбікормових заводів.

2. Аналітично встановлено, що особливості функціонування електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів обумовлені потребою оперативної обробки інформації і прийняття техніко-технологічних рішень щодо складання та реалізації виконавчого рецепту, зменшення рівня зараженості вхідних компонентів і готової продукції, підвищення ступеню однорідності комбікормів і зменшення енергетичних витрат на їх якісне подрібнення.

3. В основу алгоритму функціонування електротехнологічних комплексів на базі малогабаритних комбікормових агрегатів покладено векторний критерій визначення та реалізації послідовності виконання підготовчих та технологічних операцій з використанням даних структурної моделі синтезу універсальної технологічної лінії виробництва комбікормів і покрокової реалізації процесу автоматичного керування нею.

4. На основі теоретичного аналізу усіх визначених контурів керування структурними елементами розробленої універсальної технологічної лінії з виробництва комбікормів за допомогою кореневих та матричних методів встановлена їхня стійкість, за винятком єдиного теоретично нестійкого каналу керування ступенем подрібнення зернової суміші. Однак додаткові дослідження системи з використанням діаграми Боде показали, що з прийнятним запасом по

амплітуді у 20 дБ і фазі 90^0 , вказаний канал є технічно стійким, а тому не потребує введення у систему додаткових коригувальних пристроїв.

5. Перехідний процес коливальної системи оцінювання якості функціонування цієї технологічної лінії з виробництва комбікормів з часом регулювання $t_p = 12$ с, часом досягнення першого і другого максимумів відповідно: $t_{\max 1} = 3$ с, $t_{\max 2} = 5$ с та декрементом загасання $\beta = 0,7$, знаходиться у межах, допустимих для даного класу динамічних систем.

6. Дослідження умов функціонування каналів керування структурними елементами технологічної лінії з використанням фазових портретів показав, що наявність нелінійних функціональних зв'язків між ланками розглядуваної динамічної системи не порушує її стійкості в цілому. У теоретично нестійкому каналі контролю за дисперсністю подрібнення зернової суміші також має місце визначальний стійкий цикл.

7. На основі ентропійного аналізу роботи розробленої універсальної технологічної лінії в автоматизованому та неавтоматизованому режимах, встановлено, що коефіцієнт технічної ефективності застосування автоматизованого режиму по каналу контролю ступеня однорідності комбікорму склав 0.38, для каналів контролю струму навантаження двигуна дробарки та споживання електроенергії - відповідно 0,51 та 0,42. Такий результат є задовільним і прийнятним для подібних динамічних систем.

8. Верифікація та системна інтеграція відповідно програмного та технічного забезпечення дозволили реалізувати систему керування електротехнологічними комплексами на базі МКА як системи, що, на відміну від комплексів державних комбікормових підприємств, додатково інтегрує взаємозв'язки й алгоритми планування, проектування, керування й одночасно паралельного (у режимі реального часу технологічного процесу виробництва продукції) виконання інших виробничо-економічних завдань у складі наскрізного циклу, що ґрунтується на точнісних вимогах прийнятого узагальненого векторного критерію функціонування автоматизованого електротехнологічного комплексу.

9. Застосування розробленої формалізованої моделі системного інжинірингу синтезу та впровадження високоефективних систем керування електротехнологічними комплексами на базі малогабаритних комбікормових агрегатів дозволило визначити ряд завдань по витратах на конструкторсько-технологічну підготовку, а також підсистем планування виробництва й інформаційно-програмного забезпечення відповідно до прийнятих організаційних процедур з метою забезпечення необхідної продуктивності і якості продукції та особливостей її споживання або реалізації у ракурсі особливостей функціонування таких комплексів у порівнянні з промисловими об'єктами.

10. Ефективність виробництва комбікормів на автоматизованих електротехнологічних комплексах в умовах господарств підтверджена розрахунками, з використанням декількох різних методик:

- розрахунків загальної енергоємності виробництва комбікормів в енергетичних одиницях для двох варіантів: придбання й транспортування готових комбікормів з промислових підприємств і організації виробництва продукції в умовах господарств на базі автоматизо-

ваної малогабаритної установки. Отриманий результат показав зниження енергетичного еквівалента у розрахунку на виробництво 1 т продукції на 22% на користь другого варіанта;

- визначення доцільності інвестування організації виробництва комбікормів в умовах господарств для варіанту банківського кредитування ресурсів з обліком діючих банківських ставок річного відсотка для довгострокового кредитування. Графічне розв'язання одержаного трансцендентного рівняння дозволило визначити оптимальний термін повернення кредиту у 2 р при максимально допустимому його значенні у 3,2 роки.

- у рамках розробленого інноваційного проекту «Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва комбікорму на базі фермерських господарств» очікується, що починаючи з 2-го року, передбачувана прибутковість проекту складе 24,5 тис. грн. за рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Діордієв В.Т. Аналіз узагальненої малогабаритної комбікормової установки як об'єкта автоматизації./ В.Т. Діордієв // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип.1, Т. 17. - Мелітополь: ТДАТА. – 2000. - С. 27-33.
2. Диордиев В.Т. Исследование процесса СВЧ-обработки комбикормов методом активного эксперимента./ В.Т. Диордиев, А.И. Лобода //Сб. научных трудов Белорусской государственной сельскохозяйственной академии "Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства" – Горки: БГСХА, 2001. - Ч.2 -С.83-86.
3. Діордієв В.Т. Ефективність інвестицій на впровадження енергозберігаючих технологій у кормовиробництві та рослинництві./ Діордієв В.Т., Сабо А.Г., Чаусов С.В. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип.1, Т. 20. - Мелітополь: ТДАТА. – 2001. - С. 15-19.
4. Комп'ютерна оптимізація складу виконавчих рецептів комбікормів в умовах господарств / [Діордієв В.Т., Лебедев В.О., Гореславська Л.Є. Діордієва Р.М.] // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 2., Т. 18. - Мелітополь: ТДАТА, 2001. - С. 16-23.
5. Комп'ютерна оптимізація маршрутів постачання господарств комбікормами / [Діордієв В.Т., Малкіна В.М., Гореславська Л.Є., Діордієва Р.М.] // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 6.- Мелітополь: ТДАТА, 2002. - С. 42-47.
6. Діордієв В.Т. АСУ процесом НВЧ-знезараження комбікормів у псевдозрізженому шарі /В.Т. Діордієв, О.І. Лобода // Електрифікація та автоматизація. – 2003. - №1. – С. 65-69.
7. Діордієв В.Т. Управління рециклічним режимом роботи малогабаритної комбікормової установки/ В.Т. Діордієв // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства "Проблеми енергозабезпе-

- чення та енергозбереження в АПК України". – Харків, ХДТУСГ, 2003. – Вип. 10. – С. 136-140.
8. Діордієв В.Т. Критерії управління енергозаощаджуючими процесами виробництва комбікормів в умовах господарств / В.Т. Діордієв // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К.: 2004. – Ч.4 – С. 113-118.
 9. Діордієв В.Т. Синтез і аналіз узагальненої структури малогабаритної комбікормової установки. /В.Т. Діордієв // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 1, Т. 18. - Мелітополь: ТДАТА. – 2001. - С. 14-19.
 10. Діордієв В.Т. Фізичні основи явища газорозрядної візуалізації./ В.Т. Діордієв, О.П. Гомонець // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 7. Т.3.- Мелітополь: ТДАТА, 2007. - С. 25-30
 11. Діордієв В.Т. Використання програмних комплексів оптимізації рецептів комбікормів та заходів з підготовки компонентів для подрібнення./В.Т.Діордієв , А.О. Кашкарьов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 8. Т.1.- Мелітополь: ТДАТА, 2008. - С. 23-30.
 12. Диордиев В.Т. Системо- и схмотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств./В.Т. Диордиев , А.А. Кашкарев, И.Д. Труфанов // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К.: 2008. – Ч.5 – С. 102-109.
 13. Диордиев В.Т. Системотехнология математических методов синтеза параметров адаптивной системы управления процессом производства комбикормов./В.Т. Диордиев , И.Д. Труфанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 8. Т.5.- Мелітополь: ТДАТА, 2008. - С. 3-25.
 14. Диордиев В.Т. Формализованная математическая модель массо – и теплоэнергетических процессов при производстве комбикормов./ В.Т. Диордиев //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 73 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Том 2. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – С. 67 - 79.
 15. Діордієв В.Т. Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбікормів. /В.Т.Діордієв , А.О. Кашкарьов.// Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – №12., Т2. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – С. 55 – 61.
 16. Диордиев В.Т. Теоретические основы оптимизации энергоэкономических процессов производства комбикормов/ В.Т. Диордиев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 8. Т.6.- Мелітополь: ТДАТА, 2008. - С. 209- 213.
 17. Діордієв В.Т. Формализованные интегро-дифференциальные модели энергетических процессов комбикормового агрегата. /В.Т. Диордиев. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 8. Т.6.- Мелітополь: ТДАТА, 2008. - С. 100- 121.

18. Диордиев В.Т. Исследование динамической устойчивости, управляемости и наблюдаемости координат энерготехнологического комплекса кормоприготовления на базе МКУ. /В.Т. Диордиев. //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 9, Т.2–Мелітополь: ТДАТУ– 2009 - С. 37- 48
19. Диордиев В.Т. Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации кормоприготовительной установки. / В.Т. Диордиев. //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 9, Т.4. –Мелітополь: ТДАТУ– 2009 - С. 83 -93.
20. Діордієв В.Т. Декомпозиция задачи идентификации реального технологического процесса кормоприготовления./ В.Т. Діордієв. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 9, Т.3. –Мелітополь: ТДАТУ– 2009 - С. 151 -159.
21. Діордієв В.Т. Теоретические аспекты математического описания процесса производства комбикормов /В.Т. Діордієв , А.О. Кашкарьов.// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 87 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2009. – С 45-49.
22. Діордієв В.Т. Автоматизація електротехнологічного комплексу виробництва комбікорму в умовах господарств./В.Т. Діордієв , А.О. Кашкарьов. //Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. Вип.2, 2009 р.- Дніпропетровськ: ДДАУ.- С.86-99.– С. 122-124.
23. Диордиев В.Т. Основные факторы системотехнического и программно-целевого подходов к организации оптимального управления кормопроизводством /В.Т. Діордієв, //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10, том 8. – С. 14-21
24. Діордієв В.Т. Методика експериментальних досліджень АСУ комплексом виробництва комбікормів / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10, Том 9. – С. 187-193. – Режим доступу до доповіді: http://nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2010_10_9.
25. Діордієв В.Т. Засоби моделювання технологічних комплексів виробництва комбікормів малої продуктивності. /В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10, том 8. – С. 111-118
26. Діордієв В.Т. Особенности малогабаритных комбикормовых установок как системотехнических комплексов [Електронний ресурс]/ Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. –Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, т. 1. – С. 59-67– Режим доступу до публікації: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/
27. Діордієв В.Т. Ідентифікація режиму роботи елементів технологічних комплексів виробництва комбікормів [Електронний ресурс]/ Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. –Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, т. 1. – С. 37-47 Режим доступу до публікації: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/

28. Диордиев В.Т. АСК технологічними комплексами виробництва комбікормів у контексті наскрізного алгоритму керування виробництвом. / В.Т. Диордиев , А.О. Кашкарьев // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 117. – С. 125-128.
29. Диордиев В.Т. Системные факторы энергетической эффективности динамического функционирования малогабаритной кормоприготовительной установки [Електронний ресурс] / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, т. 2. -С. 122-131.
30. Фурман И.А. Теоретические аспекты математического описания автоматизированного объекта на основе проекционно-градиентного метода./ И.А.Фурман, В.Т. Диордиев //Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. - Вип. 12, том 2. – С. 59-66
31. Диордиев В.Т. Анализ динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма./ В.Т. Диордиев, И.А.Фурман //Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. - Вип. 12, том 1. – С. 31-36.
32. Диордиев В.Т. Схемные решения и исследование систем управления электротехнологическими комплексами производства комбикормов в АПК. [Електронний ресурс]/ Диордиев В.Т., Кашкарьов А.О. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. –Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 4. – С. 35-46 Режим доступу до публікації: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/

Матеріали конференцій

33. Diordiev V. Automation of small-size feed-mix plants / V. Diordiev, A. Sabo, S. Chausov. // II nd Scientific conference on: Microprocessor systems in agriculture: Plock, Politechnika Warszawska, 1997. – S. 12-13.
34. Diordiev V. Software elaboration principles for small-sized feed-mix plants control systems./ V. Diordiev, A. Loboda, S. Chausov. // IV International scientific conference on: Microprocessor systems in agriculture: - Plock, Politechnika Warszawska, 2001. – S.26-28.
35. Диордиев В.Т. Оптимизация рецептов комбикормов – путь повышения эффективности использования фермерских комбикормовых установок./В.Т. Диордиев, А.Г. Сабо. // I V sympozjum : Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urzadzen rolniczych :- Plock: Politechnika Warszawska, 1994. – S. 125-127.
36. Диордиев В.Т. Синтез технологічних схем малогабаритних комбікормових установок та систем автоматичного керування ними./ В.Т.Диордиев , А.О. Кашкарьов. Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «системний аналіз та інформаційні технології». – Київ.: - НТУ «КПІ». - 20-24 травня. 2008 року. – С. 350. – тези

37. Діордієв В.Т. Автоматизоване проектування електротехнологічного комплексу виробництва комбікорм/ В.Т. Діордієв , А.О. Кашкарьов. Системний аналіз та інформаційні технології: //Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції (26-30 травня 2009 р., Київ). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2009. – 618 с. (С. 488.)
38. Диордиев В.Т. Моделирование системного инжиниринга при производстве комбикормов в условиях АПК /В.Т. Диордиев., А.А. Кашкарев//Актуальні питання електрифікованих технологій АПК та прикладної біофізики//Матеріали міжвузівської науково-практичної конференції пам'яті Мартиненка Івана Івановича. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 11-15 –тези
39. Діордієв В.Т. Сервісні функції системи управління електротехнологічним комплексом виробництва комбікорму на основі гармонійного аналізу / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції, SAIT-2010, м. Київ, 25-29 травня 2010. – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2010. – С. 234. – Режим доступу до доповіді: <http://sait.org.ua/eproc/2010/2/2131.pdf>.
40. Діордієв В.Т. Автоматизація керування технологічним процесом виробництва комбікормів в умовах господарств [текст]/ Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О. // Управління, автоматизація та навколишнє середовище [текст]: Матеріали міжнар. н.-т. конференції, Севастополь, 25-28 квітня 2011. – Севастополь: [вид-во СевНТУ], 2011. – С. 186-191.
41. Діордієв В.Т. Програмне забезпечення систем управління технологічними комплексами з дискретним режимом роботи обладнання в умовах АПК [текст]/ Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О. // Системний аналіз та інформаційні технології: Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції, SAIT-2011, м. Київ, 23-28 травня 2011.-К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2011. – С. 437. – Режим доступу до тез: <http://sait.kpi.ua/books/sait2011.ebook.pdf>

Патенти

42. Пат. №30697 Україна. МПК⁶ H05B 6/64, A01C 1/00. Пристрій для обробки зерна ультразвуком у потоці./ В.Т.Діордієв, А.О. Кашкарьов (Україна). - № и 2007 1361; заявл. 10.12.07 ; опубл. 11.03.08, Бюл. № 5. – С. 36.
43. Пат. №32558 Україна. МПК H05B 6/64, A01C 1/00. Пристрій для знезараження комбікормів та передпосівної обробки насіння у поля НВЧ /О.І. Лобода , В.Т. Діордієв (Україна). - № и 2007 1361; заявл. 10.12.07 ; опубл. 26.05.08, Бюл. № 10. – С. 36.
44. Пат. №54511 Україна. МПК⁹ A23N 17/00, G06Q 10/00. Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов. - № и 201006332; заявл. 25.05.10; опубл. 10.11.2010, Бюл. №21. – С. 36.
45. А.с. 36841 України. Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi"/ В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов. - №37087; заявл. 08.12.10; опубл. 08.02.11, Бюл. №21. – С. 36.

АНОТАЦІЯ

Діордієв В.Т. Удосконалення систем керування електротехнологічними комплексами на базі малогабаритних комбікормових агрегатів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Таврійський державний агротехнологічний університет, 2012.

Дисертація присвячена розв'язанню науково-прикладної проблеми, яка полягає в теоретичному обґрунтуванні створення систем керування й функціонування електротехнологічних комплексів з виробництва комбікормів в АПК і розробці засобів їх реалізації.

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтований вибір узагальненого векторного критерію керування електротехнологічним комплексом прогнозування, що враховує стадії, стратегії економічного розвитку господарства, вибору або синтезу оптимальної функціональної структури МКА, складання й реалізації виконавчих рецептів. Також здійснене проектування узагальненої лініаризованої структури автоматизованого електротехнологічного комплексу, теоретичні дослідження якого дозволили визначити параметри контролю й регулювання системи, на базі чого виконане обґрунтування складу й системна інтеграція комплексу технічних засобів, реалізована розробка й верифікація програмного забезпечення АТК. Отриманий комплекс інтегрованих математичних моделей опису нелінійного об'єкта, що враховують моделі гнучкого виробництва, системного інжинірингу, підтримки рішень і наскрізних алгоритмів керування, що в сукупності забезпечує виробництво повноцінних комбікормів безпосередньо в господарствах із широким використанням місцевої сировинної бази при значному зниженні собівартості продукції й одержанні комбікормів необхідного складу і якості в необхідній кількості й у будь-який час.

Виконані експериментальні дослідження й економічні розрахунки підтвердили ефективність і справедливність розроблених теоретичних положень.

Ключові слова: електротехнологічний комплекс, системний інжиніринг, критерій функціонування, структурно-алгоритмічна модель, технічна стійкість, комплекс технічних засобів, діаграма Боде, фазовий портрет.

АННОТАЦИЯ

Диордиев В.Т. Совершенствование систем управления электротехнологическими комплексами на базе малогабаритных комбикормовых установок. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы. Таврический государственный агротехнологический университет, 2012.

Современное комбикормовое производство, как объект управления, пред-

ставляет собой достаточно сложную систему. Производство комбикормов связано с использованием большого количества компонентов, по каждому из которых должна быть исчерпывающая информация как количественного, так и качественного характера. Потому предприятия комбикормовой промышленности по уровню автоматизации, в том числе и на уровне компьютерных технологий, занимают одно из ведущих мест не только в агропромышленной отрасли, а и среди промышленных предприятий Украины.

Но в условиях энергетического кризиса и роста цен как на сами корма, так и на традиционные виды топлива, часть транспортных расходов в стоимости комбикорма резко выросла. Потому для небольших фермерских и частных хозяйств АПК приобретение комбикормов и их транспортировка от специализированных предприятий к местам потребления требует значительных затрат, в результате чего их стоимость получается недопустимо высокой.

Потому производство полноценных комбикормов и кормосмесей непосредственно в хозяйствах из зерна собственного производства и преимущественно закупленных примесей (БВД, премиксов), дает возможность значительно снизить себестоимость продукции, получать комбикорм необходимого состава и качества в необходимом количестве и в любое время.

Осуществлен синтез структуры универсальной малогабаритной установки, включающей достоинства основных существующих комбикормовых агрегатов, анализ которой, как объекта управления, позволил определить параметры контроля и управления системы, на базе чего выполнено обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств, реализована разработка и верификация программного обеспечения АТК, определены параметры технической устойчивости и качества его функционирования.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований обоснован выбор обобщенного векторного критерия управления электро-технологическим комплексом по производству комбикормов в АПК, учитывающего стадии прогнозирования стратегии экономического развития хозяйства, выбора или синтеза оптимальной функциональной структуры МКУ, составления и реализации исполнительных рецептов.

Получен комплекс интегрированных математических моделей описания нелинейного объекта, учитывающих условия гибкого производства, системного инжиниринга, поддержки решений и сквозных алгоритмов управления, что в совокупности обеспечивает производство полноценных комбикормов непосредственно в хозяйствах с широким использованием местной сырьевой базы при значительном снижении себестоимости продукции и получении комбикормов необходимого состава и качества в необходимом количестве и в любое время.

Выполненные экспериментальные исследования и экономические расчеты подтвердили эффективность и справедливость разработанных теоретических положений.

Ключевые слова: электротехнологический комплекс, системный инжиниринг, критерий функционирования, структурно-алгоритмическая модель, тех-

ническая устойчивость, комплекс технических средств, диаграмма Боде, фазовый портрет.

ABSTRACT

Diordiyev V.T. Improvement of control systems for electrotechnological complexes based on the small-size feed-mix production plants. - Manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Technical Science, specialty 05.09.03 - Electrical technology complexes and systems. Tavria State Agrotechnical University, 2012.

The thesis is devoted to the solving of scientific and applied problem of the theoretical justification for the creation of control systems and electro-functioning systems for the production of feed-mix in the agricultural sector and developing of the means for their implementation. On the basis of the performed theoretical and experimental investigations the choice of the generalized vector control criterion electron for electrotechnological complex was established with taking into account the stage of the farm economic development strategy prognosis, the selection or synthesis of the optimum functional structure for small-size feed-mix plant, the preparation and implementation of the executive recipes. Additionally, the automated electrotechnical complex generalized and linearized structure was designed; the mentioned complex theoretical studies allowed determining of the system's control and regulation parameters, which was the basis for substantiation and system integration for complex of technical devices as well as for automatic technological complex software implementation and development. The set of the integrated mathematical models was obtained with the respect of flexible production models, the system engineering, the decision-making and continuous algorithm support for non-linear object, which being combined makes provisions for adequate feed-mix manufacturing for farming conditions directly with usage of local ingredients, considerable expenditure decreasing and the possibilities to get feed-mix of adequate combination, quality any quantity any time.

The performed experimental studies and economical calculations have confirmed the efficiency and fairness of the developed theoretical propositions.

Key words: electrotechnical complex, system engineering, performance criterion, structural and algorithmic model, technical stability, complex of technical means, Bode diagram, phase portrait.

Підписано до друку 15 березня 2013 р. Зам. № 136.
Формат 60/90/16. Друк офсетний. Обсяг 2,2 ум друк. арк. Тираж 100 прим.

Надруковано в типографії Таврійського державного
агротехнологічного університету
Адреса: 72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т Б.Хмельницького, 18