

## **СИНТЕЗ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ НА МАЛОГАБАРИТНИХ КОМБІКОРМОВИХ УСТАНОВКАХ**

Діордієв В.Т., к.т.н., професор

Кашкръов А.О., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: 8(0619)425-797

**Анотація** – запропоновані рекомендації для синтезу схем технологічних ліній малогабаритних комбікормових установок та побудови алгоритму керування ними на основі мереж Петрі.

**Ключові слова** – малогабаритна комбікормова установка, синтез технологічних схем, моделювання системи управління, мережі Петрі.

*Вступ.* Малогабаритна комбікормова установка (МКУ) представляється як цілісний об'єкт, утворений із функціонально різнотипних систем, структурно взаємопов'язаних ієрархічною підпорядкованістю і функціонально об'єднаних для досягнення заданих цілей за певних умов, що відповідає визначенню терміну «складна ієрархічна система» [2]. Ієрархічну структуру МКУ можна зобразити у вигляді багаторівневої організаційної ієрархічної системи, яка має такі властивості: складається із множин точно виділених і розподілених за рівнями підсистеми; має повноваження, чітко розподілені між рівнями і підсистемами одного рівня, виходячи з формування, вибору і прийняття рішень у визначеній зоні дії; забезпечує прямий і зворотній зв'язок з управління між підсистемами різних рівнів, а між підсистемами одного рівня – прямий і зворотній зв'язок із взаємодії.

*Аналіз джерел інформації.* Найважливіша особливість розглянутого об'єкту полягає в тому, що багато процедур синтезу та аналізу ієрархічної структури є принципово не формалізованими, а їхня реалізація носить суб'єктивний характер [4]. Ця особливість стосується насамперед загальної структури ієрархії. Такі процедури, як вибір кількості рівнів в ієрархії, виділення елементів на кожному рівні, вибір опису елементів кожного рівня, вибір апарату опису взаємозв'язків в ієрархічній структурі цілком залежить від організації прийняття рішень (ОПР).

В основу подальшої роботи покладений відомий принцип модульної побудови технологічних виробництв [4]. Даний принцип дозво-

ляє обґрунтовано підійти до визначення кількості рівнів ієрархічної структури та її елементів. За результатом аналізу літературних джерел прийняті такі рішення:

- за кількість рівнів ієрархічної структури прийняти кількість технологічних етапів, на яких необхідно накопичувати та зберігати, тимчасово або тривало, компоненти комбікорму або готовий комбікорм;

- зв'язком виступає рецептурне дозування компонентів чи готової комбікормової суміші;

- модульні елементи ієрархічної структури, які знаходяться на одному рівні обираються за технологічними операціями, які мають місце у МКУ, а саме операції що спрямовані на зміну технологічних та поживних властивостей продукту: очищення, завантаження, здрібнювання, змішування та ін.

*Основна частина.* В роботі запропоновані рекомендації що до синтезу схем технологічних ліній (ТЛ) та побудови алгоритму керування ними. Результатом є алгоритм її роботи у вигляді математичної моделі процедури обробки, що отримує керуючий пристрій, та подачі керуючого впливу з урахуванням режимів роботи та вимог до технологічних процесів. Задача вирішується у чотири етапи: визначення задач та рівнів автоматизації технологічних процесів; синтез та аналіз ТЛ з формалізацією режимів роботи; побудова алгоритму керування та його оптимізація; побудова схеми електричної принципової.

На першому етапі визначаємо перелік параметрів, які потребують контролю, реєстрації чи регулювання. Параметри які повинні поступати до пристрою управління (ПУ) можна поділити на дві групи: що контролюються та що регулюють. Під параметрами які контролюються слід розуміти такі, які використовують для сигналізації про стан об'єкту управління. Параметри що регулюють – це такі, за якими в ПУ у відповідності до даного алгоритму генерується відповідний вплив. До реалізації приймають такі параметри (отже, і датчики), ефект від використання яких значно перевищує їх експлуатаційні витрати.

Наступний етап складається з синтезу та аналізу ТЛ з формалізацією режимів роботи. Синтез технологічної схеми МКУ починають зі складання схеми поточної технологічної лінії (ПТЛ) по обробці окремих видів кормів, з обґрунтуванням послідовності операцій обробки кожного виду корму. При цьому доцільно скласти декілька схем, щоб потім вибрати таку яка відповідає технології приготування рецепту та компоненту. Потім їх об'єднують в загальну схему МКУ.

Оглянемо можливі схеми приготування компонентів комбікормів, які можна реалізувати на МКУ (рис.1).

Для проектування лінії приготування комбікормів при певному асортименті рецептів комбікормів необхідно дотримуватись технологічної лінії приготування того рецепту, який містить максимальну кількість технологічних елементів.

При співставленні одного рецепту з множини (асортименту)  $P$ , який складається з множини компонентів  $K$ , які підготовлюються до згодовування множиною елементів технологічної лінії  $T$ , то при проектуванні МКУ для кількох рецептів комбікормів буде мати місце загальна множина, що містить у собі об'єднання всіх множин:

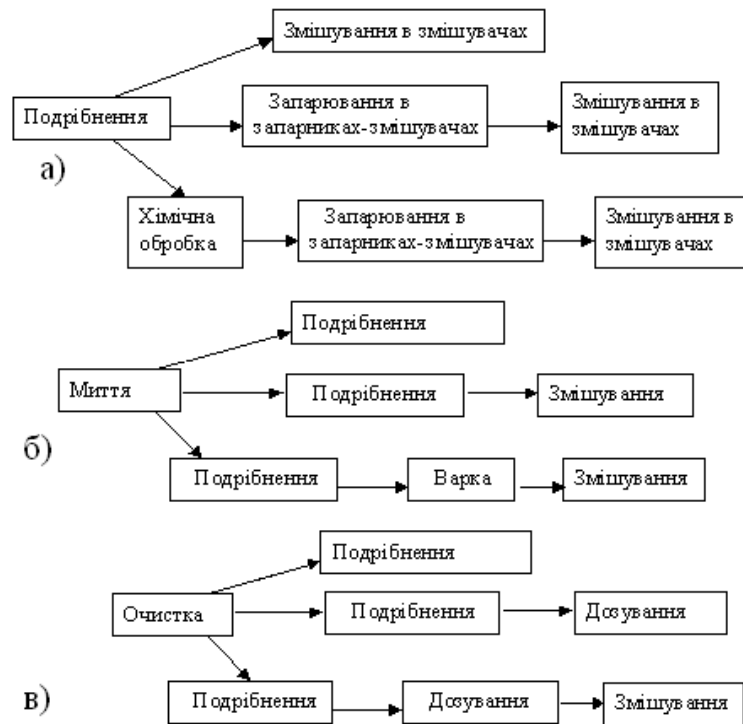


Рис. 1. Схема ТЛ компонентів комбікормів: грубі корма (а), коренеплодів (б), концентровані корми (в).

$$MKU_p \in P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_n, \quad (1)$$

$$MKU_k \in K_1 \cup K_2 \cup \dots \cup K_m, \quad (2)$$

$$MKU_t \in T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_k, \quad (3)$$

Очевидно, що для проектування СУ найбільше значення має множина обладнань (3).

Моделювання процесу поєднання множин технологічних елементів достатньо складно описати за допомогою поширених методів структурного та процедурного програмування. На сьогоднішній день існує комплекс методів об'єктно-орієнтованого проектування (ООП) та моделювання (ООМ) технологічних систем і процесів [1]. Даний підхід дозволяє динамічно змінювати властивості компонентів без втручання у програмний код.

Технологічні операції отримали назву – клас. Конкретне технологічне обладнання – об'єкт класу. Засоби для реалізації технології – елементи класу. Параметри, які характеризують обладнання із різною глибиною деталізації – властивості класу.

Суттєвою перевагою ООП є можливість створювати класи із поступовим розширенням бази знань за конкретним класом, що дозволяє економити час на проектування та удосконалення програмних комплексів.

Виходячи з вище сказаного та отриманих множин (1...3), для реалізації синтезу технологічної лінії приготування комбікормів на МКУ необхідно за визначеним переліком можливих рецептів створити узагальнену технологічну схему. Одержати узагальнену технологічну схему шляхом об'єднання операції без таких, які обробляють компоненти з однаковими технологічними властивостями.

Це дозволить, при наявності узагальнених схем відомих МКУ, визначити можливість реалізації конкретної господарської діяльності на серійних МКУ та виготовлення нової продукції на діючих технологічних лініях або отримати інформацію про можливу оптимальну модернізацію.

Розглянемо можливість синтезу ТЛ МКУ за допомогою використання мереж Петрі [1, 6, 7]. Відома робота, в якій елементи ТЛ, котрі виконують чітко визначені технологічні операції (транспортери, дозатори, дробарки, бункери), виділені в окремі технологічні модулі (ТМ). При використанні мереж Петрі необхідно зробити наступні уточнення, в якості ТМ – вузли, технологічний зв'язок між ТМ – дуги, наявність і кількість модулів – відповідна наявність і кількість вузлів.

Структура моделі синтезу ТЛ МКУ показана на рис.2. Дана схема має багаторівневу структуру, в якій:  $n$  – кількість рецептів комбікорму;  $m$  – перелік необхідних чи доступних компонентів для приготування відповідних рецептів;  $k$  – перелік ТМ, котрі необхідні для реалізації окремої ТЛ для переробки компоненту. За даною структурною схемою можна виконувати зворотню задачу: які рецепти можна виготовляти на відомій ТЛ за визначеним переліком ТМ.

На основі синтезованої ТЛ генерується проектування алгоритму роботи. Синтезовану або відому ТЛ для приготування комбікормів умовно можна поділити на такі технологічні етапи: завантаження компонентів, приготування комбікорму, зберігання та вивантаження готової продукції.

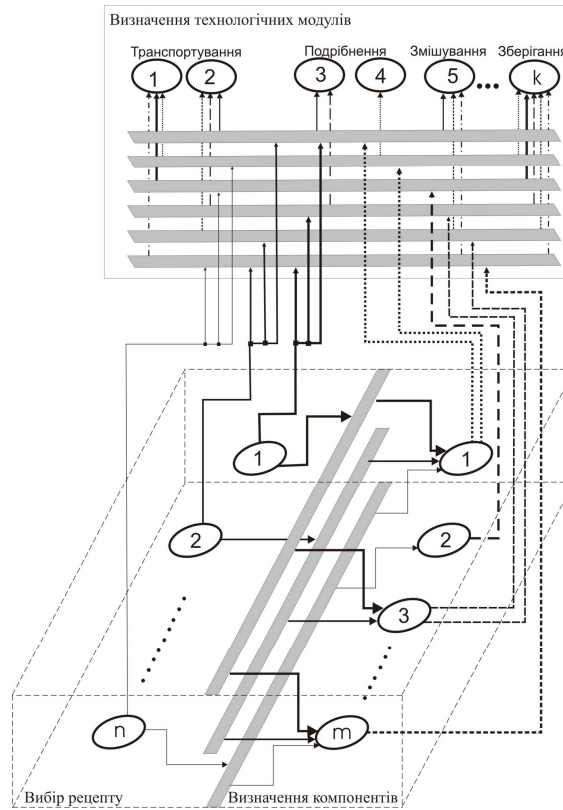


Рис. 2. Структурна модель синтезу ТЛ МКУ

Практика розробки подібних програм вже є. Нами розроблений внутрішній програмний інтерфейс обміну даними та структура діалогового інтерфейсу з користувачем (рис.3).

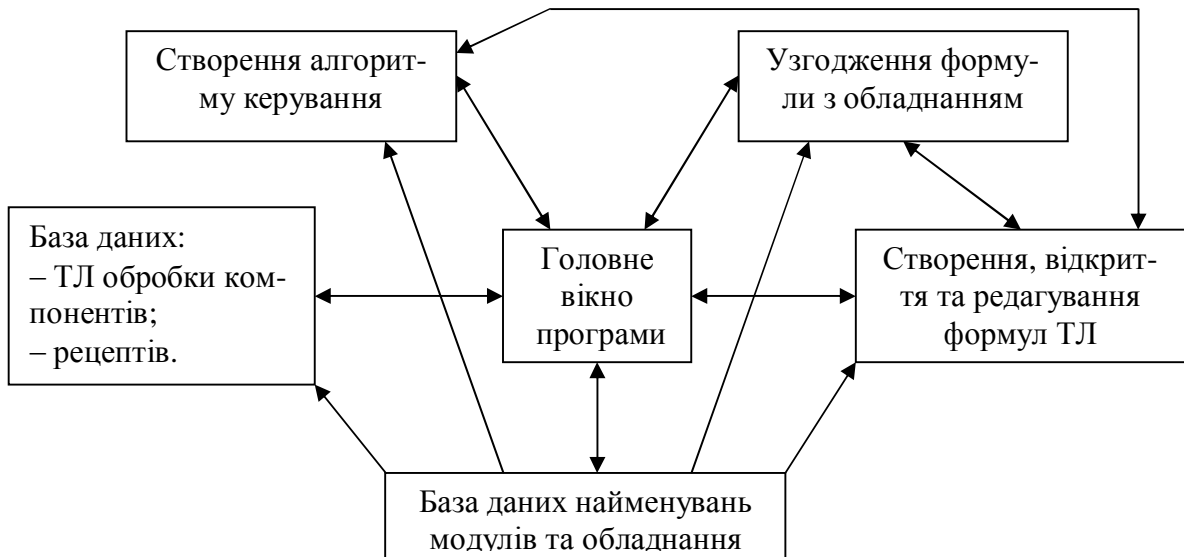


Рис. 3. Структура програми модульного проектування МКУ

Програма написана за допомогою оболонки Delphi 6.0. В своїй основі має елементи структурного та поведінкового програмування. Елементи керування (кнопки, контекстне меню) виконані за допомогою тех-

нологією об'єктно-орієнтованого програмування засобами ObjectPascal.

Програма має як ряд функціональних переваг, так і перелік суттєвих недоліків, які будуть враховані при подальшому розвитку даного програмного забезпечення. Серед переваг можна виділити: проста структура програми дозволяє гарантувати її роботу при мінімальній конфігурації ЕОМ; застосування елементів об'єктно-орієнтованого проектування та інструментів ObjectPascal отримаємо всі переваги модульного моделювання обладнання та гнучкий інтерфейс доступу до його параметрів через контекстне меню, паралельні та модальні вікна. Функції розробленого програмного забезпечення наступні: створення та редагування бази даних модульного обладнання та технологічних ліній; динамічне моделювання структури технологічної лінії з можливістю перегляду параметрів її елементів; оцінка та порівняння елементів технологічної лінії та лінії в цілому за основними показниками (продуктивність, встановлена потужність, вартість).

Суттєвим недоліком є використання нетипизованих типів змінних для організації баз даних обладнання та технологічних ліній. Це не дозволяє отримати такої гнучкості та швидкості обробки інформації, як при використанні SQL-технології організації баз даних та доступу до них при мінімальному об'ємі оперативної та фізичної пам'яті, що займається.

Моделювання вище зазначених технологічних етапів за допомогою мереж Петрі дає широкі можливості [1,6]. Розглянемо приклад ТЛ яка складається з трьох бункерів, транспортерів, дробарки змішувача та бункера готової продукції (рис.4) [1].

Модель містить наступні позначення: Б1.1, Б2.1, Б3.1 та Б1.2, Б2.2, Б3.2 відповідно позначення порожніх та повних бункерів; S – семафор, містить маркер при заповненні бункерів. При наявності маркера у семафорі S з однаковою ймовірністю, якщо не має додаткових умов (відповідний бункер повний), що задається дугою заперечення, чи визначеного пріоритету, збуджується один з переходів А, С чи Е, якщо відповідний бункер Б1.1, Б2.1 чи Б3.1 пустий. Виконується завантаження “обраного” пустого бункеру – маркер переходить до відповідного вузла Б1.2, Б2.2 чи Б3.2. Збуджується перехід який відповідає заповненому бункеру (В, D, F). Маркер переходить до семафору S – виконується пошук порожнього бункеру, якщо такий відсутній, то вузол S знаходиться в “режимі очікування”. При наявності порожнього бункеру відповідний перехід (В, D чи F) перестає бути збудженим. Маркер по дузі заперечення переходить до відповідного вузлу (Б1.1, Б2.1 чи Б3.1) і передається до переходу А, С чи Е які збуджуються, оскільки семафор S теж містить маркер. Таким чином виконується динамічний контроль наявності компонентів в бункерах.

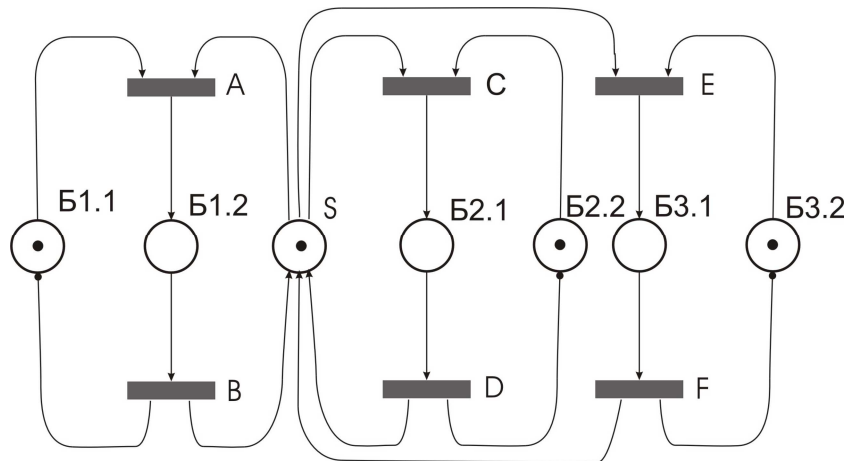


Рис.4. Структурна модель завантаження бункерів.

*Реалізація доступу до ресурсу з обліком його кількості.* Зміни стану мережі Петрі, тобто переміщення маркерів, спричинені діями переходів, у разі спрацювання яких маркери вилучаються із одних вузлів і поміщуються в інші [7]. У системах моделювання з кожною дугою можна пов'язати не тільки певний ваговий коефіцієнт, а й будь-яку функцію, що визначається як вираз дуги [6]. Якщо врахувати ці особливості, то можна встановити ваговий коефіцієнт (В) дуги та після його встановлення додати маркер (•), що дозволяє спрацювання переходу. На рис. 5 можна побачити структурну модель переходу на під час збудження (рис.5, а) та після нього (рис.5, б). Перехід буде спрацьовувати постійно при подачі маркеру •, який генерується пристроєм керування, поки  $A > B$ .

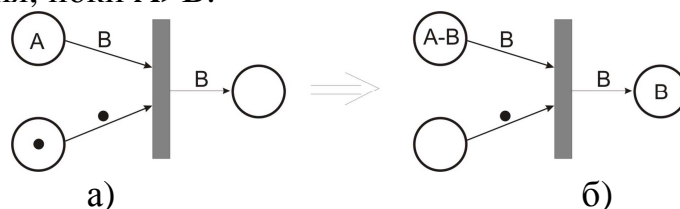


Рис.5. Структурна модель дозованого використання компонентів.

Модель приготування комбікорму матиме такий вигляд (рис.6).

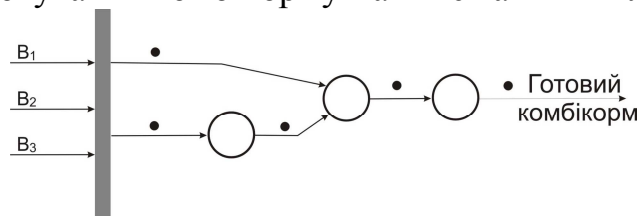


Рис.6. Структурна модель приготування комбікорму.

При об'єднанні моделей ТЛ можна отримати модель, побудовану за допомогою розширених мереж Петрі, роботи ТЛ МКУ, яка використовує в своїй основі три компоненти, які зберігаються у трьох бункерах (рис.6).

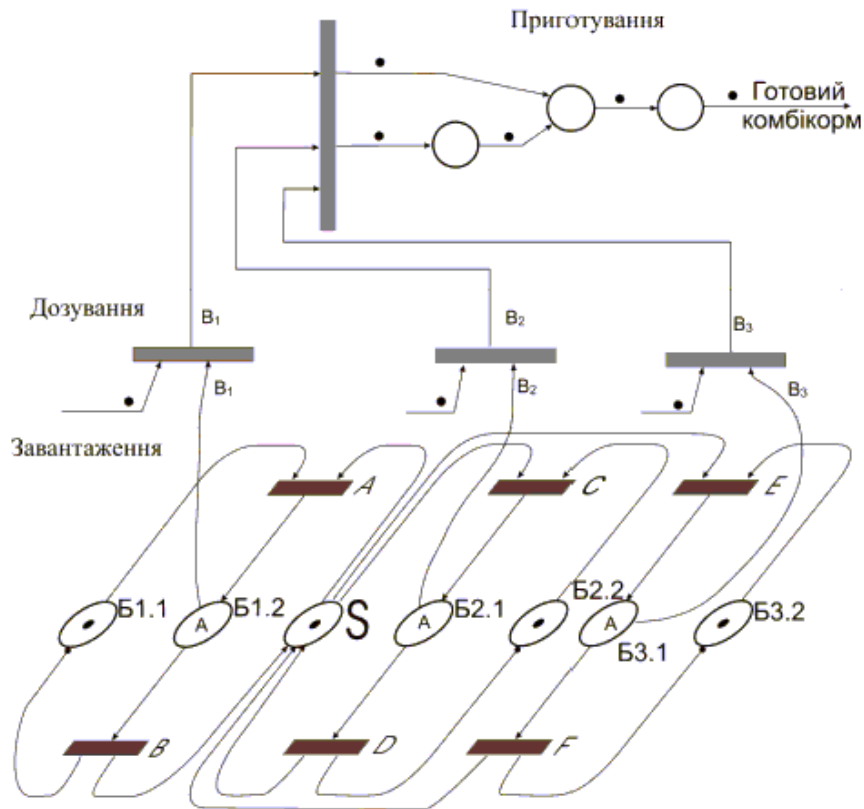


Рис.6. Структурна модель ТЛ приготування комбікорму.

Виходячи з основних положень системного аналізу [2], маємо право поставити у відповідність кожним дугам та вузлам ТМ класи, сформовані за допомогою об'єктно-орієнтованих технологій.

До другого етапу входить складання алгоритму керування, який повинен бути складеним для всіх можливих режимів роботи ТЛ. Ймовірні режими роботи можна подати у вигляді графу станів (рис. 8) [5].

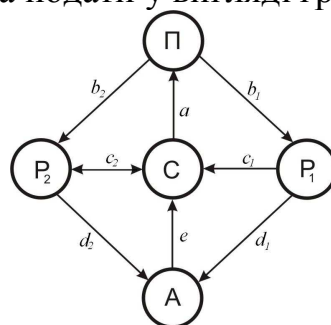


Рис.8. Граф ймовірних режимів роботи МКУ

Технологічна лінія може знаходитись у одному із станів: стоп (С), пуск (П), нормальна робота (Р) в одному з двох режимів, аварія (А). Переходи з одного стану в інший можливі тільки у напрямку який вказаний стрілками. ПУ генерує сигнали, під дією яких об'єкт керування переходить з одного стану в інший. Деякі з них, наприклад сиг-



нал “а”, подається оператором. Сигнал переходу з аварійного стану в стан “С”, як правило, виконується автоматично.

Складемо таблицю станів МКУ (табл.1.), яка відбиває ймовірні сполучення параметрів що контролюються та регулюються у різних режимах роботи і надає вибір до бази правил для відповідної реакції пристрою управління [5]. В таблиці 1 наведений можливий запис стану ТЛ для режиму “робота” (знаки “0” та “1” відповідають наявності або відсутності відхилення параметрів за припустимі межі). В неї слід включити всі стани системи, які приведені на рис. 7. Інші комбінації станів параметрів що контролюють та (або) регулюють (їх може бути дуже багато – згідно табл.1 тільки для двопозиційних датчиків можливо  $d=2^p$  варіантів) не розглядаються, вони вважаються неможливими.

Таблиця 1. Ймовірний стан МКУ та вибір керуючого впливу ПУ

№	Стан параметрів, що регулюють					Функціональний вплив ПУ
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	.....	$x_p$	
1	1	1	1	.....	0	$y_1$
2	0	1	1	.....	0	} $y_2$
3	1	0	1	.....	0	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	...
d	0	0	0	.....	1	$y_d$

Переходимо до побудови алгоритму та його оптимізації. Для того щоб отримати первинний алгоритм, необхідно з табл.1 виписати з кожної строки стан параметрів що контролюють та регулюють та керуючих впливів, використавши символи булевої алгебри [5]:

$$F = \sum_{i=1}^d f_i(x_1, \dots, x_n) \cdot y_i, \quad (4)$$

$$f_i(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^m f_j(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (5)$$

де  $\Sigma$  - логічна операція диз'юнкції, а множення – кон'юнкції.

$m$  – кількість станів, які відповідають одному керуючому впливу.

Вираз (4) представляє собою математичну модель процесу керування об'єктом, яка визначає порядок включення та вимкнення ланок ТЛ при різних комбінаціях сигналів.

Саме цим методом була реалізована модель системи автоматичного управління МКУ УМК-Ф-2, яка використовується у навчальному процесі на кафедрі “Автоматизації сільськогосподарського виробництва” Таврійського державного агротехнологічного університету (рис.9). Нажаль дана модель має певні недоліки серед яких можна ві-

дмітити: жорсткість алгоритму керування та візуального інтерфейсу, трудозатратність модернізації ТЛ та системи управління в цілому (приєднання до баз даних технологів, бухгалтерії і організації звітності по ходу технологічного процесу).

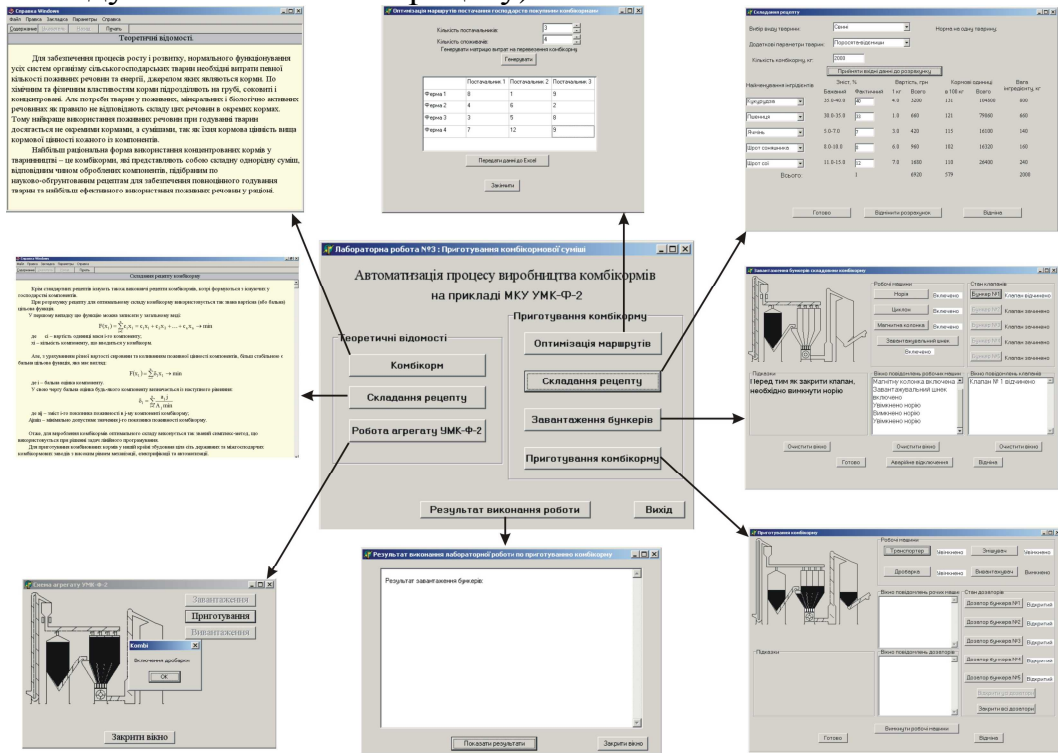


Рис. 9. Структура програми з управління МКУ УМК-Ф-2

Перш ніж перейти до побудови схеми електричної принципової, необхідно отриману модель оптимізувати за відомими методами перетворення логічних функцій. При використанні релейно-контактної апаратури вираз (4) слід замінити еквівалентним, який має мінімальну кількість літерних позначень, що забезпечить найменшу кількість контактів. При використанні безконтактних логічних елементів необхідно отримати вираз з найменшою кількістю логічних знаків. Якщо кожному керуючому впливу відповідають тільки визначенні параметри які контролюють та регулюють, система управління розділяється на автономні блоки, які можна розглядати незалежно один від одного. Дане твердження відповідає модульності побудови ТЛ, що підтверджує можливість та необхідність переходу до об'єктно-орієнтованого підходу до процесу проектування та моделювання ТЛ комбікормових установок в цілому.

**Висновки.** На основі запропонованого алгоритму синтезу ТЛ МКУ, який проходить у чотири етапи, можна реалізувати вибір конкретних технологічних машин ґрунтуючись на переліку рецептів комбікормів, які господарство буде використовувати, та вибір рецептів, які необхідні господарству для зміни напрямку своєї діяльності, за існуючою ТЛ.

Вважаємо доцільним перехід до об'єктно-орієнтованого проектування узагальненої синтезованої системи управління МКУ, оскільки завдяки даному інструменту проектна модернізація ТЛ найменш витратна у часі, дозволяє розширити базу знань по конкретним Т (класам) М без суттєвої зміни програмного коду та оптимізувати процес моделювання роботи ТЛ як з огляду візуалізації роботи, так і з урахуванням ієрархії структури МКУ. Крім того практичне втілення вказаних заходів може бути застосовано при проектуванні комбікормових заводів великої продуктивності, але це питання потрібно детально вивчити.

### *Література*

1. *Томашевський В.М.* Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352с.
2. *Згуровський М.З., Панкратова Н.Д.* Основи системного аналізу. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
3. *Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О., Діордієва Р.М.* Автоматизація малогабаритних комбікормових установок в умовах фермерських господарств// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 43. – Мелітополь-ТДАТА. – 2006. – С. 65-72.
4. *Діордієв В.Т.* Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник/ М-во освіти і науки України. – Сімферополь: ДОЛЯ, 2004. – 138 с.
5. *Мусин А.М.* Алгоритмы управления технологическими линиями// механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. - №5. – С. 16-18.
6. *Sophie Pinchinat.* Spécification logique de réseaux de Petri (2006-04-04)// <http://www.irisa.fr/>
7. *Guillaume Feuillade.* Spécification logique de réseaux de Petri (8.12.2005)// <ftp://ftp.irisa.fr/>

## **SYNTHESIS AND FORMALIZATION TECHNOLOGICAL LINES FOR PREPARATION MIXED FODDERS ON SMALL-SIZED MIXED-FODDER INSTALLATIONS.**

V. Diordiev, A. Kashkarov

### *Summary*

**Recommendations for synthesis technological lines small-sized mixed-fodder installations and generation algorithm management on the basis of networks Petri**