

УДК 004.94:681.5.017

## **ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ**

Діордієв В.Т., к.т.н., проф.

Кашкар'єв А.О. асп.\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: (0619)425-797

***Анотація*** – запропонований метод моделювання роботи технологічного комплексу виробництва комбікормів на основі мереж Петрі, програмне забезпечення для динамічного моделювання його роботи та вивчення можливості удосконалення системи управління.

***Ключові слова*** – комплекс виробництва комбікорму, моделювання, автоматизована система управління, мережі Петрі.

*Постановка проблеми.* У періодичних виданнях можна знайти приклади вдалих інженерингових рішень модернізації або розробки автоматизації технологічних комплексів виробництва комбікормів, особливість яких полягає у відсутності типових проектів. Проектними організаціями реалізується індивідуальний підхід [1, 10, 11]. Такий підхід побічно обмежує функціональність та використання методів підвищення ефективності автоматизованих систем управління (АСУ) технологічним процесом (ТП). Частково це пов'язане з намаганням знизити собівартість проектних робіт, зміною та удосконаленням засобів автоматизації і менш швидким розвитком концепції управління та реалізації АСУ. Саме тому необхідно зосередити зусилля на пошуку, обґрунтуванні та реалізації методів АСУ технологічними комплексами (ТК) виробництва комбікормів малої продуктивності, що не можливо без вивчення засобів моделювання їх роботи [8].

Для розробки таких засобів необхідно враховувати широке різноманіття технологічних схем, характеру ієрархічних зв'язків між обладнанням та режимів роботи самого комплексу (періодична, неперервна), які обумовлені діяльністю господарств [2]. Це обґрунтовує необхідність універсальності, гнучкості та інформативності як засобів моделювання так і програмного забезпечення (ПЗ) АСУ [3 - 6].

---

\* Науковий керівник – к.т.н., проф. В.Т. Діордієв

© к.т.н., проф. Діордієв В.Т., асп. Кашкар'єв А.О.

*Аналіз останніх досліджень.* Результатом аналізу літературних джерел, за темою удосконалення АСУ ТК виробництва комбікормів малої продуктивності була зроблена серія публікацій, в котрих представлено обґрунтування доцільності та напрямки удосконалення АСУ. Особлива увага була приділена мережам Петрі (МП), як таким, які найбільше відповідають сучасним тенденціям розробки об'єктно-орієнтованих технологій проектування, є чітко формалізовані, зручні при описі ТП з можливістю великої кількості маршрутів, паралельною роботою ділянок ТК та дискретного характеру їх роботи [9, 12].

У зазначених публікаціях особливе місце займають сервісні функції АСУ ТП, котрі підвищують інформативність вимірювальних пристроїв та ефективність використання АСУ [4]. Але алгоритми їх використання представлені концептуально, і тому потребують тестування і навчання на моделях ТП та у виробничих умовах з генеруванням відповідних повідомлень оператору або керуючими командами [6].

Сервісні функції системи управління пропонується реалізовувати на основі матриць інцедентності однієї структури, але з різними типами даних. Контроль та аналіз алгоритму роботи комплексу здійснюється за розміткою мережі, яка формується відповідно до визначення ординарних мереж Петрі [9]. За аналогічною структурою (в якості елементів матриць виступає час спрацювання переходів, отримання маркерів вершинами та час зміни розмітки) здійснюється аналіз роботи комплексу, АСУ та генерація керуючих повідомлень або впливів.

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є огляд представлення програмного засобу динамічного моделювання МП, розробка ПЗ, котре дозволить реалізувати модель ТП виробництва комбікорму, з отриманням вхідних даних для подальшого вивчення можливості реалізації запропонованих сервісних функцій АСУ.

*Основна частина.* МП є гнучким математичним апаратом, який дозволяє достатньо чітко виконати опис технологічного процесу виробництва комбікорму та визначити послідовність спрацювань виконавчих механізмів [9]. Спроби моделювання ТП виробництва комбікорму показали простоту використання, гнучкість та універсальність мереж (рис. 1). Наступним кроком є необхідність вивчення можливості динамічного моделювання ТП. Беззаперечно, це питання необхідно розглядати через розробку відповідного програмного забезпечення (ПЗ) з такою структурою та переліком функцій, які дозволять забезпечити існування самої мережі, її дослідження, формалізацію алгоритмів аналізу матриць інцедентності з метою контролю структури мережі, розмітки, таймінгу роботи виконавчих механізмів та спрацювань вимірювальних пристроїв.

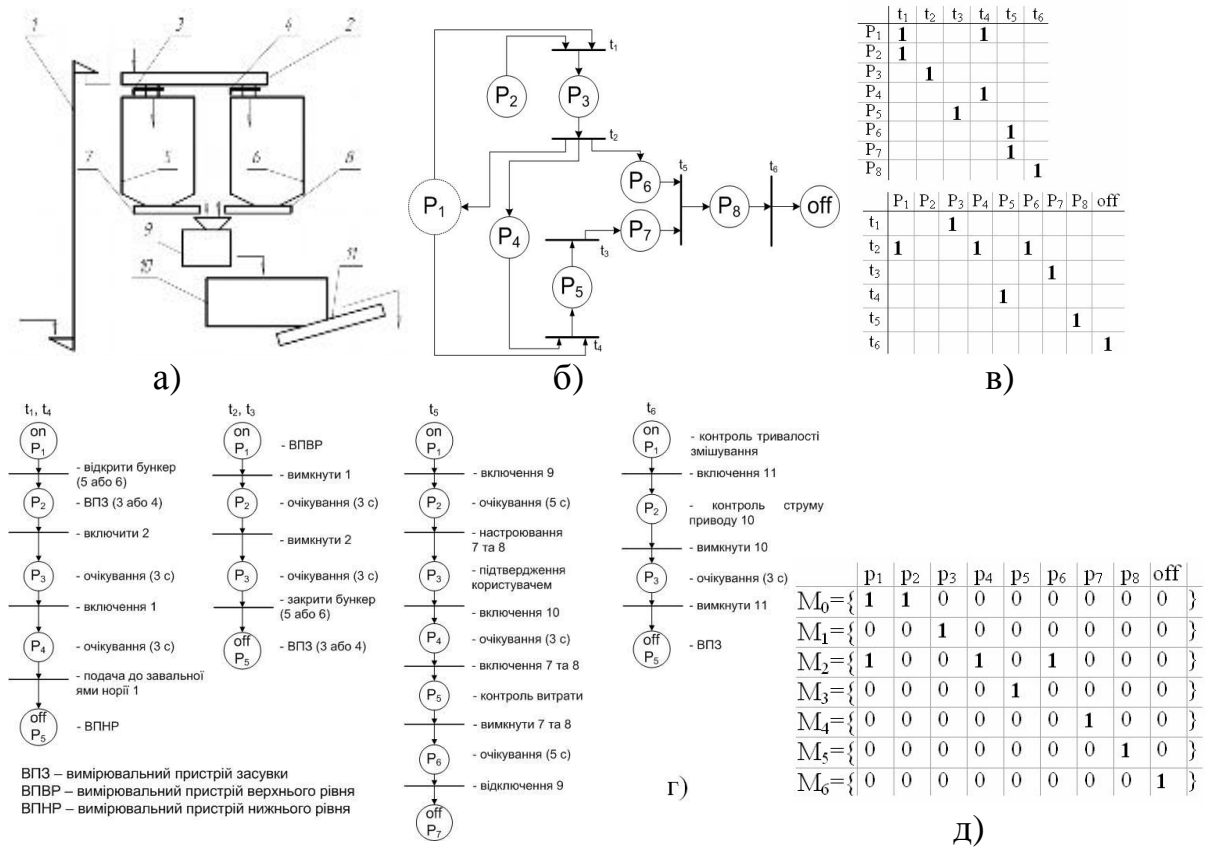


Рис. 1. Моделювання ТП виробництва комбікорму: технологічна схема (а) комплексу періодичної дії (1 – норія; 2 – розподільчий шнек; 3-4 – засувка; 5-6 – бункер компоненту; 7-8 – дозатор; 9 - дробарка; 10 – змішувач; 11 - вивантажувач); модель 1-го (б) та 2-го (г) рівнів; матриці інцидентності (в) та розмітка мережі моделі 1-го рівня (д).

В результаті аналізу існуючих програмних рішень динамічного моделювання МП можна виділити два напрямки їх реалізації: створення таких структур даних, котрі реалізують відповідні матриці; використання стандартних класів в якості елементів мереж. Перший напрям не використовує гнучкість та зручність графічного інтерфейсу, а маніпулювання мережею через матричне представлення ускладнюють процедуру удосконалення ПЗ. Другий – потребує окремої процедури формування матриць інцидентності та розмітки мережі для використання стандартних алгоритмів їх аналізу [12], але об’єктний підхід дозволяє віддати перевагу саме цьому напрямку: гнучкий та зручний графічний інтерфейс; можливість удосконалення ПЗ та додавання сервісних функцій аналізу мережі або її даних; прив’язка до об’єкту управління; можливість створення АСУ ТП у супервізерному режимі. Нами приділена увага саме другому напрямку. Як результат роботи було розроблено ПЗ (рис. 2).

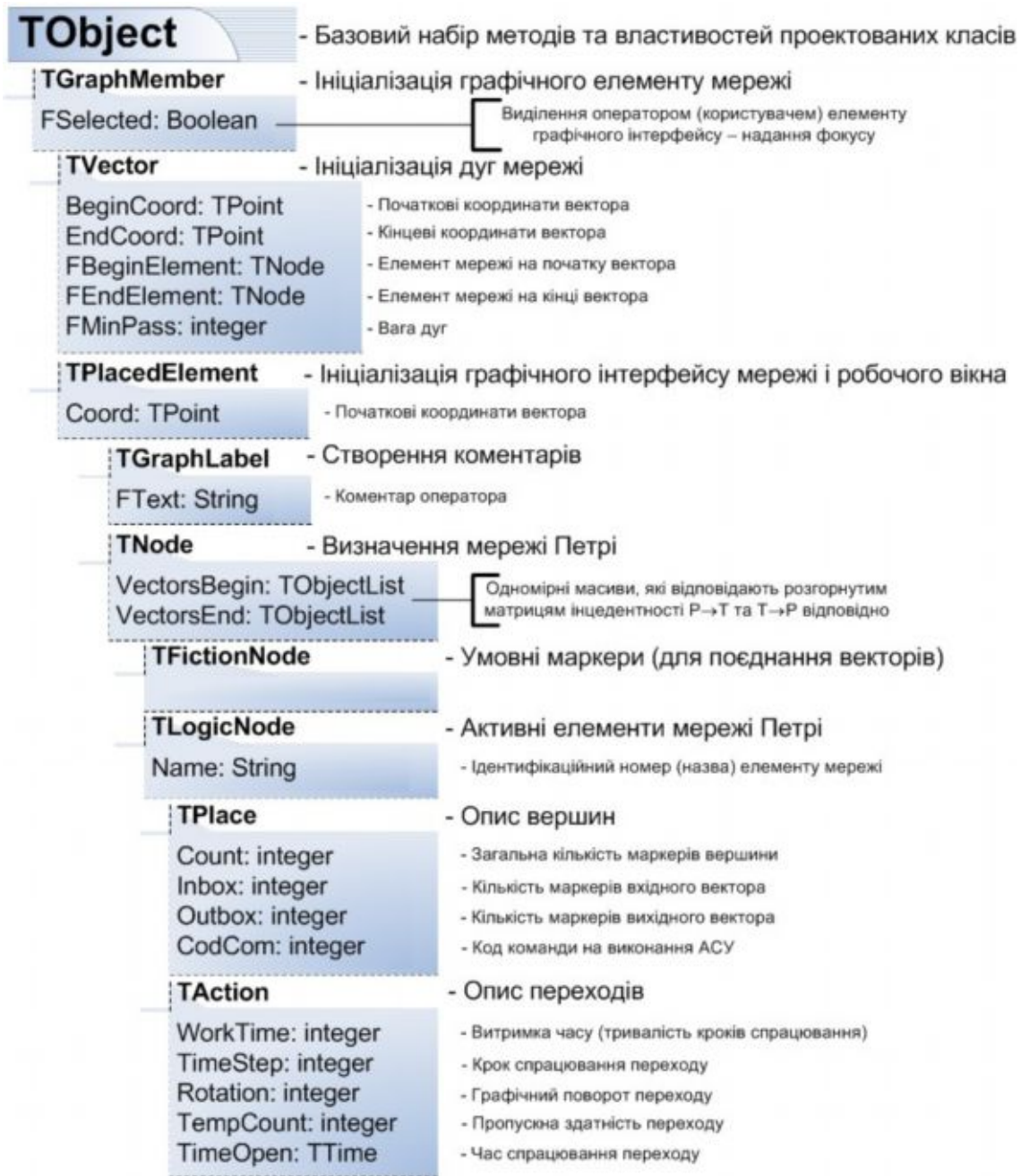


Рис. 2. Структура та змінні класів розробленого ПЗ.

Представлений склад класів, їх структура та ПЗ повністю відповідає визначенню ординарних МП, а виконані удосконалення забезпечують можливість тестування сервісних функцій АСУ, які потребують розробки окремих процедур і функцій:

– аналіз мережі. У проєктованій мережі необхідно уникати циклів та не контрольованого накопичення маркерів у вершинах мережі [9]. Функції аналізу мережі використовують базові матриці інцидентності та модельну розмітку;

– контроль алгоритму роботи, стану мережі та ТК [3]. Функції зводяться до аналізу розмітки мережі – ідентифікація відхилень від еталону. Тестування алгоритмів здійснюється за рахунок випадкової генерації маркерів у вершинах мережі. Бажано використовувати рівномірний закон розподілу, використовуючи функцію  $round(random(P))$ , де  $P$  – кількість вершин;

– таймінг [6]. Оцінка появи маркерів та спрацювань переходів повинна здійснюватись на основі експертних, модельних або виробничих даних. Вказаний час повинен відображати об'єкт управління або контролю. Крім того, необхідно пам'ятати, що контроль роботи виконавчих механізмів, як правило, потребує додаткових вимірювальних пристроїв, що збільшує вартість АСУ та не відповідає концепції даної роботи. Тому деякі виконавчі механізми повинні виступати в якості умовних точок відліку, а вимірювальні пристрої (рівень компонентів та струму завантаження, положення засувки та перекидних клапанів, ваги та ін.) – кінцевих інформативних точок. Така взаємодія потребує достовірного моделювання або експертних знань. Генерація зовнішніх впливів може здійснюватись за нормальним законом з контрольованими параметрами (амплітуда та дисперсія збурень);

– стаціонарність ТП. Зазвичай стаціонарний режим описується системою алгебраїчних рівнянь, отриманих з системи диференціальних рівнянь стану шляхом прирівнювання похідних по часу до нуля. У нашому ж випадку достатньо довести що відхилення часових елементів модельованого та еталонного матричного представлення МП не є статистично значущим. При розробці відповідних функцій необхідно враховувати, що стаціонарність ТП у контексті ТК малої продуктивності необхідно розглядати з урахуванням можливого неперервного та порційного принципу дії.

Вхідні дані для функцій оцінки таймінгу та визначення стаціонарності ТП залежать від постійної (конструктивні особливості елементів ТК, режими роботи приводного обладнання) та змінної (вплив властивостей компонентів комбікорму на режим роботи елементів ТК) складових. Тому при розробці ПЗ динамічного моделювання роботи МП та ТК виробництва комбікорму можна вивчити окремо систематичний вплив постійної та стохастичний вплив змінної складової на роботу функцій.

Алгоритм обробки даних, який планується використовувати при виконанні сервісних функцій таймінгу, нами був опублікований. Його задача зводиться до генерації повідомлень про стан ТП. Але цей алгоритм можна удосконалити шляхом застосування методики виключення грубих помилок за критерієм Стюдента [7]. З огляду на матричне представлення МП визначення  $t_p$  матиме вигляд:

$$t_p = \frac{|x^* - x_m|}{\sigma_m \cdot \sqrt{N}}, \quad (1)$$

де  $\sigma_m$  – стандартне відхилення модельних або еталонних даних;  
 $x_m$  – середнє арифметичне модельних або еталонних даних, с;  
 $N$  – об'єм модельної або еталонної вибірки;  
 $x^*$  – дослідний час спрацювання вимірювального пристрою або роботи виконавчого механізму, с.

Щодо значення  $N$ , то можна спиратись на закон великих чисел, за яким  $N=384$  забезпечить достовірність результатів 0,95 та похибку 0,05. Але такий алгоритм вимагає точної моделі ТП або великої експериментальної бази даних, яка може утворюватись під час експлуатації ТК.

За аналогічним принципом може виконуватись і оцінка стаціонарності спрацювання окремого переходу. В свою чергу, аналіз стаціонарності роботи САУ ТП виробництва комбікорму на ТК малої продуктивності, на наш погляд, доцільно виконувати за критерієм згоди Колмогорова [7].

Використання цього критерію значно спрощує обробку матриць, оскільки виключається обчислення середнього арифметичного, дисперсії та інших статистичних характеристик вибірових розподілів. Теоретично доведено, що при чисельності вибіркової сукупності більше 25 одиниць граничне значення критерію  $\lambda_m$ , при відповідному порозу довірчої ймовірності, приймає стале значення, з яким і порівнюється розрахунковий показник:

$$\lambda_p = \left| \sum_{i=0}^p t_i - \sum_{j=0}^p t_j \right|_{\max} \cdot \sqrt{\frac{1}{2 \cdot P}}, \quad (2)$$

де  $\sum_{i=0}^p t_i$ ,  $\sum_{j=0}^p t_j$  - нагромаджений час по кожній строчці (вершини)

еталонної та дослідної матриць інцидентності;

$i, j$  – кількість вершин ( $P$ ) мережі Петрі.

Запропоновані методи оцінки потребують детального вивчення щодо можливості, доцільності та інформативності їх використання.

*Висновки.* Розроблене ПЗ забезпечує можливість динамічного моделювання МП, які відображають роботу ТК виробництва комбікорму малої продуктивності. Це дозволяє розробити типові структури для модульного технологічного обладнання, що спростить розробку нових технологічних схем та моделювання їх роботи.

ПЗ та функції, які не належать до загальної структури класів, забезпечують можливість тестування сервісних функцій АСУ з метою їх формалізації та удосконалення, визначення характеру повідомлень

при оцінці МП, алгоритму роботи ТК, таймінгу та стаціонарності ТП. При вдалих алгоритмічних рішеннях результати роботи можуть лягти в основу АСУ ТП виробництва комбікорму на комплексах малої продуктивності, яка буде відрізнятись гнучкістю налагодження, високою інформативністю та науковою ємністю.

#### Література

1. АСУ ТП производства комбикормов на базе контроллера Fastwel RTU188-BS [Виктор Букреев, Николай Гусев, Михаил Нечаев, Иван Краснов, Руслан Гурьев, Сергей Кремис]// СТА .- 2006. – №1. - С. 74 – 79. – Режим доступу до журн.: <http://www.cta.ru/Issues/299297.htm>
2. Діордієв В.Т. Автоматизоване проектування електротехнологічного комплексу виробництва комбікорму/ В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції, SAIT-2009, м. Київ, 26-30 травня 2009. – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2009. – С. 488. – Режим доступу до доповіді: <http://sait.org.ua/eproc/2009/4/s4123.pdf>
3. 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. – Львів: ЛНАУ, 2008. – №12., Т2. – С. 55 – 61.
4. 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>
5. Діордієв В.Т. Спосіб визначення витрати компоненту комбікорму при експлуатації елементів технологічної лінії /В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов// Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 87.– С 50-53. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/portal/Natural/Vkhdtusg>
6. Діордієв В.Т. Таймінг датчиків технологічного комплексу виробництва комбікорму як сервісна функція автоматизованої системи управління на базі мереж Петрі /В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов// „Проблеми сучасної електротехніки-2010”: Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції, ПСЕ-2010, м. Київ, 31 травня - 4 червня 2010 р.. К.: НАН України. – Режим доступу до доповіді: [http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s5/5\\_8.pdf](http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s5/5_8.pdf)
7. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений/ А.К. Митропольский. – М.: Физматгиз, 1961. – 480 с.

8. *Кашкаръов А.О.* Основні положення автоматизованого проектування малогабаритних комбікормових установок та систем керування ними / *А.О. Кашкаръов* // Вісник ХНТУСГ Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 73. – Том 2. – С. 64 - 66.

9. *Котов В.Е.* Сети Петри/ *В.Е. Котов.* – М.: Наука, 1984. – 160 с.

10. *Скидан Ю.А.* Автоматизация комбикормовых производств [Электронный ресурс]/ *Ю.А. Скидан , Лысогор В.Г., В.С. Данилюк, А.П. Кузнецов*// АПК-Информ – 2002. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.apk-inform.ru/showart.php?id=6367>

11. *Эмексузьян О.* Как мы совершенствовали производство комбикормов / *О. Эмексузьян* // Комбикорма. – 2003. - №2. – С. 23-24.

12. Software and Systems Engineering - High-Level Petri Nets – Transfer format (ISO/IEC 15909-2), June 23, 2005. – p. 54 (University of Paderborn).

## **СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

В.Т. Диордиев, А.А. Кашкарёв

**Аннотация** - предложен метод моделирования технологического комплекса производства комбикормов на основе сетей Петри, программное обеспечение для динамического моделирования его работы и изучения возможности усовершенствования системы управления.

## **TOOLS FOR SIMULATION OF TECHNOLOGIC COMPLEX PRODUCTION MIXED-FODDERS WITH LOW PRODUCTIVITY**

V. Diordiev , A. Kashkarov

### **Summary**

**Offer the method of modeling technological complex production mixed-fodders on the basis of Petri nets, software for dynamic simulation their work and for explore the possibility of improving the management system.**