

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Диордиев В. Т., д.т.н., профессор; Кашкарёв А. А.

Таврический государственный агротехнологический университет  
г. Мелитополь, Украина

Для эффективного животноводства необходимо обеспечить хозяйства не только качественным племенным фондом и технологическими комплексами (ТК) для производства комбикормов (ПК), но и надежной, функционально насыщенной автоматической системой управления (АСУ) технологическим процессом (ТП). Следовательно, организация АСУ, обоснование, разработка функционального обеспечения и их внедрение является актуальной задачей [5, 7].

*Анализ последних исследований.* Новыми научными результатами методов обоснования структуры математических моделей, законов управления и регулирования являются модели и законы математического принятия решений в области синтеза параметров адаптивной АСУ координатами ТК. Для решения задачи поиска условного экстремума, принимается методология синтеза закона управления на основе оптимальной эталонной модели экстремальной АСУ на базе микропроцессорных средств автоматизации [2, 3].

Информация, полученная в системах проектирования, подготовки производства и планирование позволяет организовать непосредственное управление производственной системой. На данном этапе используются разрозненные алгоритмы технического и экономического управления этапами ТП. Поэтому выбор и обоснование единого математического аппарата моделирования позволит унифицировать процедуру проектирования и внедрения результатов [4, 5, 7].

*Формирование цели.* Представить результаты исследований в направлении унификации проектирования ТК производства комбикормов и повышения надежности их работы за счет использования математического аппарата сетей Петри.

*Основная часть.* Существует много способов описания систем с помощью моделей. Конкретный выбор зависит от известной информации, возможностей сбора данных о ходе процесса по мере его

выполнения и цели моделирования. Современные средства автоматизации и методы построения АСУ ТП позволяют реализовать информационные функции направлены на автоматизацию отчетности текущего состояния технологического процесса, регистрацию временных диаграмм работы оборудования, индикацию и сигнализацию событий - далеко не полный перечень возможностей АСУ ТП выполненной на современной элементной базе с учетом внедрения алгоритмического обеспечения АСК [5, 7].

Основными алгоритмами предварительной обработки являются локальные арифметико-логические процедуры, которые могут быть представлены в следующей форме [2]

$$U_{n,m} = \begin{cases} U_1, & \text{якщо } Y_1 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_2; \\ U_2, & \text{якщо } Y_2 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_3; \\ \dots, & \dots \\ U_L, & \text{якщо } Y_{L-1} < \text{con } X_{n,m} \leq Y_L; \end{cases} \quad (1)$$

или в виде

$$U_{n,m} = \text{con} X_{n,m}, \quad (2)$$

де  $X$  – матрица внутренних переменных состояния;

$Y$  – матрица результатов измерений;

$U$  – матрица управляющих воздействий (переменных).

Такое представление ТП ВК требует четкой определенности технологической схемы и выпуска одного вида рецепта, что в условиях АПК Украины не является эффективным, поскольку, как правило, в хозяйствах отсутствует узкая специализация. ПК можно представить как динамическую нелинейную систему, которую можно аппроксимировать разностными уравнениями вида [3]

$$X[(k+1) \cdot h] \approx X(k \cdot h) + h \cdot f(X, U), \quad (3)$$

де  $h$  – интервал дискретизации;

$k$  – порядковый номер  $h$ .

Решение задачи оптимального управления, в основном дискретными линейными объектами, производится с помощью применения методов математического программирования [2].

Но представлены методы моделирования ТП и описания АСУ им в основном имеют место в задачах научного характера. В условиях хозяйств АПК задача синтеза АСУ ТК ПК заключается том, чтобы по полученным входными данными о технологической схеме (ТС) комплекса ПК синтезировать имитационную модель ТК, и со-

гласовать ее со средствами управления, обеспечит повышение качества комбикормов за счет управляемости комплекса и расширения функций управления и сервиса АСК [5].

На основе теоретических и практических исследований [2, 6, 7], для решения поставленных задач нами предложено использовать сети Петри (СП) [1, 4]. Предложение основывается на определении технологических операций ПК в ТП с помощью СП: переход - исполнительный механизм; узел – датчик; дуга - линия связи.

Таким образом, задача синтеза АСУ ТК ПК формулируется следующим образом: на основе анализа ТС, ТП как объекта автоматизации и параметров, подлежащих контролю, управлению и регистрации составить имитационную модель ТП на основе СП [1, 5].

Моделирование ТП производства комбикорма показали простоту использования, гибкость и универсальность предложенной методики (рис. 1) [1, 5]. При составлении СП определяются узлы генерации маркеров программно и по ходу ТП. Последние осуществляют текущее управление ТП и информируют о его текущий этап. Узлы с программной генерацией маркеров нужны для синхронизации параллельных процессов или разрешения на выполнение соответствующего этапа технологического процесса ( $P_2$ , рис. 1, б).

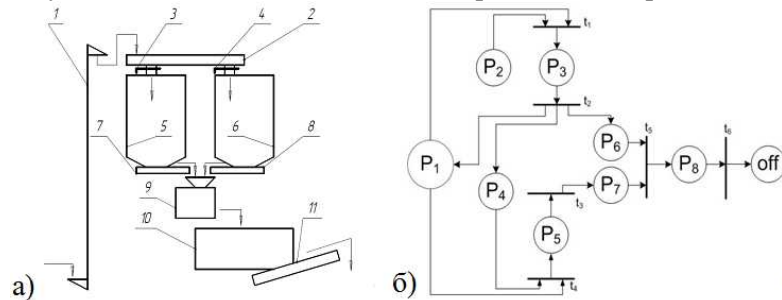


Рис. 1. Моделирование ТП производства комбикорма: технологическая схема (а) комплекса периодического действия (1 - нория, 2 - распределительный шнек; 3-4 - задвижка; 5-6 - бункер компонента; 7-8 - дозатор, 9 - дробилка, 10 - смеситель; 11 - выгрузчик); модель 1-го (б) уровня.

Многоуровневая структурированная СП соответствует ТС моделируемого ТК и состоит из двух уровней. Первый уровень определяет последовательность технологических операций, содержащий

составлены переходы, раскрыта множество которых представляет второй уровень - уровень операций. Топологией первого уровня определяется последовательность технологических операций, в которых комбикорм или компонент комбикорма транспортируется на длительное или временное хранение или проходит определенные этапы изменения физико-химических свойств. Топологией второго уровня определяется последовательность операций, пуск исполнительных механизмов и контроль состояния измерительных устройств [ Пат. Украина № 54511].

Использование матриц инцидентности позволяет реализовать ряд сервисных функций контроля состояния ТП и элементов ТК на основе контроля продолжительности работы исполнительных механизмов (транспортёров, задвижек) и времени срабатываний датчиков (уровень, положение задвижек) - тайминг [1, 5].

Анализ матриц инцидентности базируется на методах исключения грубых ошибок или ложных данных [5], значение которых превышает погрешности, обусловленные условиями производства и состоянием элементов ТК. В контексте, тайминга грубые погрешности принимают несколько другое значение, которое позволяет акцентировать внимание оператора или идентифицировать аварийное состояние на определенном участке ТК ВК.

Для обобщения методики оценки, учитывая практическое применения, целесообразно данные о тайминг представлять в относительных единицах - нормированных ( $x_{ni} = x_i / \bar{X}$ ) относительно среднего арифметического. Это позволяет обобщить исследования при различных законах распределения с контролируемыми параметрами  $\bar{x}_n = const, S_n = var$ .

В свою очередь, формальным критерием аномальности результата наблюдения (времени срабатывания), а соответственно и заключения о принадлежности данных к эталонной группы измерений, является неравенство [3, 6]

$$|x_n^* - 1| \geq t \cdot S_n, \quad (4)$$

де  $x_n^*$  – условно ошибочное наблюдение;

$t$  – коэффициент, зависящий от вида и закона распределения, объема выборки и уровня значимости;

$S_n$  – нормированное стандартное отклонение.

Такое неравенство имеет критическую ситуацию, которая свойственна эталонным данным ( $S_n=0$  или  $S_n \approx 0$ ) - чувствительность критерия возрастает, что делает невозможным предоставление объективных и достоверных выводов о технико-технологическую значимость отклонений [5]. Учитывая независимый характер данных можно принять значения  $t$  таким, которое отвечаю критерия Стьюдента (при доверительной вероятности 0,05  $t=1,96$ ).

В результате выполнения теоретических исследований по тайминга работы исполнительных механизмов и датчиков ТК, можно отметить возможность использования площади амплитудной характеристики (АХ), полученной на основе обработки входных данных математическим аппаратом гармонического анализа - дискретным преобразованием Фурье (ДПФ).

В результате обработки экспериментальных данных, объемом 4 и 8 значений, необходимо отметить, что в случае сравнения возможных ошибочных данных, которые соответствуют нормальному закону распределения, с помощью критерия Стьюдента с  $S_{АХ}$  коэффициент корреляции между этими показателями составляет менее 0,3 и 0,7 соответственно в различных вариантах повторов. Такое значение обусловлено учетом динамики контролируемых значений. В то же время увеличение объема выборки до 16 значений позволило получить коэффициент корреляции более 0,9 по разным повторам.

На основе полученных результатов разработано программное обеспечение (ПО) [1], которое обеспечивает работу сетевых моделей ТП ПК и текущее управление работой технологического оборудования, получение экспертом (оператором, пользователем) экспериментальных входных данных для анализа [6].

Особенностью ПО является расширение полномочий эксперта или оператора ТП, который может выполнять корректировки последовательности управляющих команд и настроек АСК без участия программиста. На основе данного ПО осуществлено отработки алгоритмов оценки функций тайминга исполнительных механизмов, датчиков отдельно и в целом комплекса.

*Выводы.* Производственные испытания показали, что внедрение АСУ ТП ВК способствует уменьшению простоя и повышению скорости реагирования на неисправность, а также качества комбикормов за счет расширения функций управления и сервиса. Экономич-

ческий и технологический эффект достигается за счет предупреждения аварийных ситуаций и своевременной идентификации изменения режима работы элементов ТК.

По результатам обработки экспериментальных данных рекомендуется на этапе начальной эксплуатации АСУ на основе СП использовать критерий Стьюдента (при объеме выборки от 4), для исключения возможных аварийных ситуаций и формирование базы Эталон значений сетевой модели ТП. А при 16 значений и более - использовать предложенную методику на основе ДПФ.

Результаты исследований могут лечь в основу отечественной SCADA -системы с интегрированными функциями проектирования ТК, управление производством комбикормов в условиях хозяйств АПК на автоматизированных ТК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 36841 України. Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi" / В.Т. Діордієв, А.О. Каишкар'єв / Заявник та власник ТДАТУ. - № 37087; заявл. 08.12.2010; опубл. 08.02.2011.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб, Изд-во "Профессия", 2003. - 752 с.
3. Густав Олссон. Цифровые системы автоматизации и управления / Олссон Густав, Пиани Джангуидо. - СПб.: Невский Диалект, 2001. - 557 с.
4. Діордієв В.Т. Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбикормів / В.Т. Діордієв, А.О. Каишкар'єв // Вісник ЛНАУ: Агроінженерні дослідження. - Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. - №12., Т2. - С. 55 - 61.
5. Діордієв В. Т. Функціональність АСК технологічним комплексом виробництва комбикормів [Електронний ресурс] / В. Т. Діордієв, А. О. Каишкар'єв // Науковий вісник ТДАТУ. - Мелітополь: ТДАТУ, 2011. - Вип. 1, Т.2. - Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvt dau/2011\\_2](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvt dau/2011_2).
6. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навч. посібник / Д.А. Зайцев. - Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. - 40 с.
7. Слепцов А. И. Автоматизация проектирования управляющих систем гибких производств [Текст] / [А. И. Слепцов, А. А. Юрасов]; Под ред. Б.Н. Малиновского. - К.: Техніка, 1986. - 110 с.