

РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ НА ОСНОВІ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Постановка проблеми. Становлення тваринництва та його сталій розвиток неможливий без розвитку ділянок виробництва комбікормів (ВК) в умовах господарств [1]. Світове виробництво продуктів тваринництва зростає в середньому на 1% на рік [1]. Виробництво комбікормів на власній кормовій базі господарств може забезпечити відродження тваринництва України та його сталій розвиток: 60% у використанні генетичного потенціалу; не менше 50% собівартості продукції [2]. Важливість даного напряму підкреслено у проекті Концепції комплексної державної програми реформ та розвитку сільського господарства України, у Комплексній державній програмі енергозбереження України (економія паливно-мастильних матеріалів - 5% собівартості комбікормів). Розгляд ВК в умовах господарств на власній кормовій базі з використанням автоматизованих організаційно-технічних комплексів (ОТК) є одним з головних шляхів покращення стану галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні ОТК ВК складаються з модульного обладнання з'єднаного послідовно, які обробляють порції компонентів, потік яких переривається та/або змінюється згідно рецептури. Саме тому, технологічного процесу (ТП) ВК необхідно розглядати як дискретний у просторі, що відповідає сучасним автоматизованим ТК, більшість яких працює за порційним принципом дії та дискретним режимом роботи технологічного обладнання [3].

Беззаперечним є вплив рівня механізації та автоматизації на ефективність діяльності господарств різних форм власності, особливо при поширенні серійного обладнання для механізованого виконання технологічних операцій на всіх етапах ВК. Їх комплектування у цілісний ОТК виконується у контексті неперервності завантаження силового технологічного обладнання або як дискретного продукту [4, 5]. Такий розгляд ТП ВК та умов роботи обладнання у складі сучасних ТК є антагоністичним.

Для розробки систем регулювання таке представлення є тривіальним, однак при розробці АСК воно представляється доволі перспективним, оскільки дає модель придатну для оцінки ТП в цілому.

Деякі чинники системного характеру, визначувані станом вітчизняної науки і техніки, ускладнюють вирішення питань реалізації гнучкого виробництва: більшість існуючих систем дослідно-експериментальні; серійно випускаються обмежена кількість фрагментів систем; неповна уніфікація устаткування, що виготовляється, і недостатньо адаптовані до умов України зарубіжні комплекти; відносно велике кількість комплектуючих компонентів в апаратурного виконання, що утрудняє фізичну інтеграцію системи; недостатня структурна гнучкість інтерфейсу в програмному та математичному забезпеченні; недостатня функціональна повнота характеристик устаткування; недостатньо висока інтегральна надійність АСК в умовах виробництва [2-5]. Серед головних напрямків розробок мають бути: інтегровані системи керування, обробка інформації і підтримка рішень; перехід до систем автоматизованого інженірингу [6].

Мета статті. Засобами інформаційного забезпечення розширити функції спостереження системи керування ТК ВК, забезпечивши за рахунок цього підвищення якості продукції, зниження питомих витрат енергії та сировини, із запобіганням виникнення аварійних ситуацій.

Викладення основного матеріалу. Алгоритм функціонування АСК має складну розгалужену структуру, що пов'язано із особливостями ТП ВК в умовах господарств та чисельністю керуючих впливів. З огляду на забезпечення гнучкості, інформативності АСК ТП ВК та керованості ТК в умовах господарств, необхідно зазначити, що зв'язки між обладнанням та етапами ТП різні за походженням та складністю [5]. І нарешті, функції АСК повинні забезпечити моніторинг поточного стану елементів ТК та потоків ресурсів [2], що також обумовлює зв'язки між ТП та обладнанням. Тому необхідно організувати надійну взаємодію між елементами ТК, засобами автоматизації та АСК.

Враховуючи ту обставину, що практична реалізація ОТК ВК в умовах господарств, може розглядається як об'єкт, що зводиться до Марківського типу, нами нижче буде приділено увагу тільки АСК, розмірність простору якої істотно менша, ніж простір аналізованої моделі виробництва кормів. Для цих цілей (цілей зниження розмірності простору змінних керування) використовується комбінована процедура ортогоналізації векторів та розгляду АСК технологічним обладнанням у контексті визначення їх загальних рис [3]. При розгляді ТП ВК як дискретного у просторі зниження розмірності зводиться до уніфікації технологічного обладнання [6].

Технологія ВК представляється у формі дискрет в часі, де вирішується завдання багатовимірного дискретного керування сталими станами. Для адаптації параметрів моделі АСК, що визначають сталі значення її виходу, нами використано апарат мереж Петрі (МП), який дозволяє формалізувати структурну ідентифікацію ОТК та побудову АСК ним [5, 7, 8]. Отже, МП дозволяють реалізувати систему модульного крізьного програмного забезпечення, яка інтегрує взаємозв'язки і алгоритми проектування, планування, управління і одночасно паралельного (у режимі реального часу вирішення інших виробничо-економічних завдань у складі крізьного циклу [5].

Контроль алгоритму роботи ТК ВК або окремого етапу ТП протоколюється за допомогою часових діаграм. Такий спосіб опису процесів, громіздкий, та має певні недоліки часового представлення процесів асинхронних систем [8]:

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

При формалізації процесів у вигляді структур мережевого типу, процес представляє собою клас еквівалентності для часових протоколів, в якому протоколи схожі за причинно-наслідковими відношеннями між діями та умовами, що відбивається матрицями інцедентності та алфавітом термінальної мови [7, 8]. Такий підхід робить можливим проектування АСК на основі дворівневої мережної структури, що забезпечить можливість регулювання рівня деталізації та глибини протоколування процесів за допомогою часових діаграм, а також дозволити зберегти інформацію про причинно-наслідкові зв'язки між подіями [5].

З цією метою, спираючись на власні дослідження та дослідження Єгорова Б.В. [4] та тенденцій до об'єктного представлення ТК, нами реалізовані мережні моделі типових технологічних модулів відповідно до їх принципу дії, АСК ними їх компоновки у цілісний ТК ВК та побудови комплексної АСК.

Керування за допомогою мережніх моделей реалізується таким чином [9]: включення та відключення виконавчих механізмів, очікування та запити на отримання стану системи - переходи мережі; індикативні функції – вузли. Робота ТК починається з надання оператором або АСК маркеру (дозвіл на виконання) вузлу P_{on} ; зупинка – маркер знаходиться у P_{off} .

Стандартні ТМ, з огляду на АСК, можна класифікувати за наявністю функцій системи керування: дискретне спрацювання виконавчих елементів без функції регулювання та з регулюванням. На основі розроблених моделей технологічних модулів можна побудувати будь-яку технологічну схему комплексу для ВК. Це саме стосується і АСК ТК. Пропоновані моделі є ординарні, обмежені, безпечно та не містять петель, тому їх матричну форму можна подати у вигляді [7]

$$C = \|d_{i,j}\| - \|b_{i,j}\|, \quad (1)$$

де $b_{i,j} = A(p_i, t_j)$, $d_{i,j} = B(t_j, p_i)$ – елементи множини дуг, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$; p , t – елементи скінченних множин позицій P та переходів T .

З метою ідентифікації стану елементів технологічних комплексів виробництва комбікорнів, підвищення його надійності роботи та реалізації додаткових сервісних функцій АСК нами запропоновано використання дискретного перетворення Фур'є [3, 9, 10]. Однією з таких функцій є контроль часу спрацювань виконавчих механізмів, датчиків рівня кінцевих вимикачів – таймінг. Оцінка часу таймінгу базується на методах виключення грубих помилок або хибних даних та акцентування уваги оператора статистичної значущості відхилень на технічній значущості подій, що ідентифікувати аварійну ситуацію [3, 10].

Для розрахунку $S_{A\chi X}$ використовуємо дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) з кількістю даних 2^n ($n \in 1, 2, \dots$), що дозволяє використовувати алгоритм швидкого перетворення. Тоді визначення площин амплітудо-частотної характеристики можна звести до арифметичної суми амплітудних значень гармонік [10]

$$S_{A\chi X} = \sum_{i=1}^m \sqrt{a_m^2 + b_m^2}, \quad (5)$$

де a_m, b_m – амплітудні значення дійсної та уявної складової.

Відповідно до отриманих результатів теоретичних досліджень можна сформулювати критеріальну гіпотезу у межах нормального закону розподілу [10]

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{S_{A\chi X i}}{S_i} \rightarrow K_t, \quad (1)$$

де n – кількість вибірок розміру 2^m ($m \in [2, 3, \dots, N]$) випробувань, які аналізуються; S_i – дисперсія вибірки даних; K_t – теоретичне значення, котре залежить від розміру множини вхідних даних.

З огляду на практичне застосування, доцільно данні досліджень представляти у відносних одиницях – нормування даних ($x_{ni} = x_i / \bar{X}$) відносно середнього арифметичного. В результаті виконання теоретичних досліджень, щодо таймінгу роботи виконавчих механізмів та датчиків технологічних комплексів, нами відзначено можливість використання суми гармонік АЧХ (результат обробки вхідних даних апаратом дискретного перетворення Фур'є на підставі розгляду не періодичних даних як періодичних [11]), як критерію нормального режиму роботи елементів технологічного комплексу в умовах обмеженої кількості вхідних даних.

Дослідження часу спрацювання датчиків та тривалості роботи засувок виконувались на базі ТК ВК цеху № 2 ТОВ "Агропромисловій кампанії" (м. Мелітополь, Запорізька обл.). Була розглянута окрема ділянка ТК (рис. 1), для якої була складена модель роботи за запропонованим принципом (рис. 2).

Вхідною інформацією виступає: конструкція ТК, технологічне обладнання, розташування датчиків рівня та засувок (рис. 1), імітаційна модель роботи ділянки ТК та матриці інцидентності 2-го рівня (рис.2). Отримання даних здійснюється засобами автоматизації комплексу, пульту керування та з журналів звіту, яка узгоджується з відповідними рівнями моделі ТП (табл. 1).

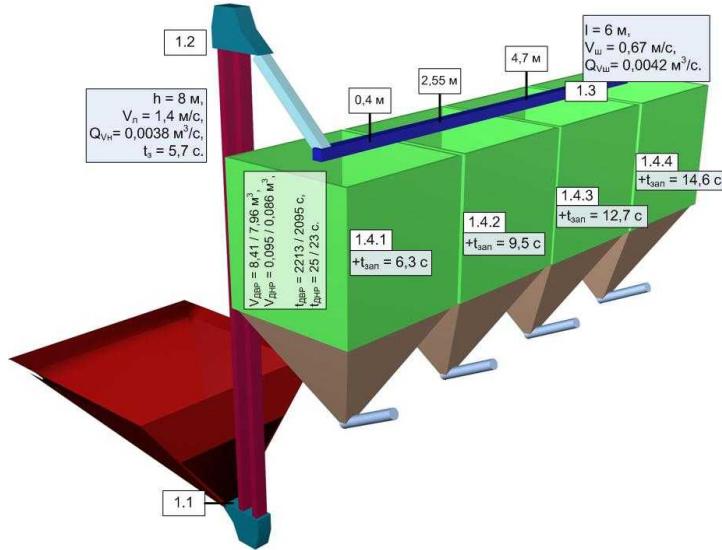
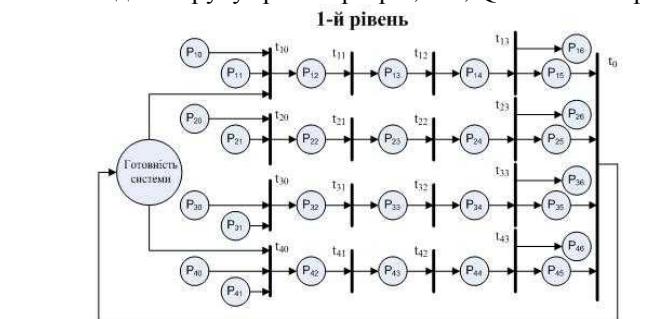


Рис. 1. Ділянка ОТК ВК зберігання компонентів, які підлягають подрібненню: | - засувки (час відкриття/закриття 1.1 – 12 с, 1.3 – 9 с); ДНР, ДВР – датчик нижнього та верхнього рівнів; V, t – об'єм компоненту та час завантаження на зазначеному рівні, м³; t_{зап} – час транспортного запізнення, с; V_л, V_ш – лінійна швидкість руху транспортерів, м/с; Q – об'ємна продуктивність транспортерів, м³/с



P_{i0} – i-й бункер порожній (стан датчика нижнього рівня = 0);

P_{i1} – команда на завантаження i-го бункеру;

P_{i2} – відкриття i-го бункеру для завантаження;

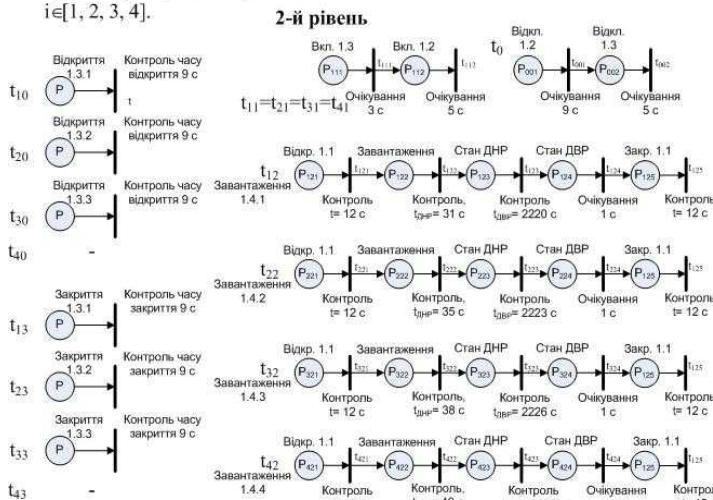
P_{i3} – початок завантаження i-го бункеру;

P_{i4} – i-й бункер завантажено;

P_{i5} – завантаження i-го бункеру виконано;

P_{i6} – i-й бункер повний;

i ∈ {1, 2, 3, 4}.



Матричне представлення складених переходів 2-го рівня

$$t_{i0} = t_{i3}, i \in [1, 2, 3, 4]$$

$$\begin{array}{c|cc} & t \\ \hline P & Start \end{array}$$

$$t_{i1} = t_0, i \in [1, 2, 3, 4]$$

$$\begin{array}{c|cc} & t_{i11} & t_{i12} \\ \hline P_{i11} & 1 & -1 \\ P_{i12} & 1 & 1 \end{array}$$

$$t_{i2}, i \in [1, 2, 3, 4]$$

$$\begin{array}{c|ccccc} & t_{i21} & t_{i22} & t_{i23} & t_{i24} & t_{i25} \\ \hline P_{i21} & 1 & -1 & & & \\ P_{i22} & & 1 & -1 & & \\ P_{i23} & & & 1 & -1 & \\ P_{i24} & & & & 1 & -1 \\ P_{i25} & & & & & 1 \end{array}$$

Рис. 2. Імітаційна модель ТП ВК на ділянці ТК (рис. 1)

Вплив коливання властивостей компонентів комбікорму, у зоні припустимих 5%, на таймінг датчиків рівня та засувок статистично не значущий. Пропонований спосіб потребує втручання у роботу існуючих АСК ТП з огляду тільки на розробку функцій протоколювання контролюваних показників. Функції можуть реалізовуватись як окремі функції існуючої системи керування так і як окремі фізичні модулі. У випадку створення АСК ТП ВК на ТК на основі мережі Петрі, відповідні данні передаються та зберігаються у структурах, які відповідають матриці інцедентності.

Таблиця 1.

Результати спостережень таймінгу технологічного комплексу (рис. 1)

Обладнання, переход (рис. 2)	Тривалість роботи електрифікованої засувки, с									
	відкриття					закриття				
1.3.1* (t_{10}/t_{13})	9,6; 8,4;	9,3; 8,9;	9,0; 8,8;	8,7; 9,7;	8,8; 9,3;	9,0; 9,1;	8,9; 9,3;	9,0; 9,3;	9,3; 9,2;	9,9; 9,4
1.3.2* (t_{20}/t_{23})	9,6; 9,6;	9,2; 9,0;	9,1; 9,5;	9,3; 9,1;	9,5; 9,1	9,4; 9,4;	9,5; 9,2;	9,0; 9,7;	8,8; 9,1;	9,2; 9,4
1.3.3* (t_{30}/t_{33})	8,9; 9,0;	8,8; 8,8;	9,2; 9,2;	8,8; 9,0;	8,8; 8,8	8,9; 8,8;	8,9; 9,2;	9,1; 9,2;	8,6; 9,1;	9,0; 9,1
1.1** ($t_{121}/t_{125}, t_{221}/t_{225}, t_{321}/t_{325}, t_{421}/t_{425},$)	11,5; 11,4;	11,4; 11,9;	12,9; 11,9;	13,0; 12,2;	12,8; 11,7;	11,9; 11,6;	11,9; 12,3;	11,9; 11,8;	12,1; 12,1;	11,7; 11,5;
						11,5; 11,9;	12,5;	13,2;	12,1;	11,9;
						11,9; 12,4;	11,8;	12,9;	12,6	12,7
	Час спрацювання датчиків рівня, с									
	ДНР (t_{122})					ДВР (t_{123})				
1.4.1 пшениця ячмінь	30,9; 33,6;	28,1; 32,2;	25,9; 37,5;	29,2; 32,8;	31,2; 29,4	2242; 2296;	2231; 2395;	2256; 2244;	2169; 2364;	2251; 2313
1.4.2 ячмінь кукурудза	36,4; 32,0;	36,5; 32,4;	35,5; 33,2;	36,2; 32,8;	35,4; 29,4	2321;	2368;	2343;	2409;	2355
1.4.3 пшениця ячмінь шрот	38,4; 41,3; 39,0;	39,2; 41,2; 36,5;	38,0; 41,0; 37,1;	39,3; 38,3; 39,0;	39,2; 39,0; 38,0	2274; 2421; 2279;	2323; 2346; 2237;	2337; 2373; 2375;	2189; 2390; 2293;	2262; 2426; 2208
1.4.4 шрот кукурудза	39,4; 40,6;	39,1; 37,0;	37,9; 39,7;	38,4; 36,5;	38,2; 36,8	2207;	2083;	2262;	2280;	2135
						2211;	2205;	2208;	2084;	2247

В результаті виконання теоретичних досліджень, щодо таймінгу роботи виконавчих механізмів та датчиків технологічних комплексів, можна відзначити можливість використання суми гармонік АЧХ (результат обробки вхідних даних апаратом дискретного перетворення Фур'є), як критерію нормального режиму роботи елементів технологічного комплексу в умовах обмеженої кількості вхідних даних (табл. 2).

Методика обробки вхідних даних така: формувались вибірки об'ємом 2^2 ; з формованою сукупністю нормувалась відносно власного середньоарифметичного; до сукупності додавався час – 5-а точка, яка нормувалась відносно обраної сукупності; розраховувався коефіцієнт t (6); виконання ДПФ над сукупністю, в якій додана 5-а точка (точка 1 ігнорувалась) та обчислення $S_{A\chi\chi_n}$ (5); отримана множина даних (t ; $S_{A\chi\chi_n}$) сортувалась та обчислювався коефіцієнт кореляції за стандартними методами [12].

У результаті обробки експериментальних даних (табл. 2) необхідно зазначити, що у випадку порівняння можливих помилкових даних (максимальний час спрацювання відповідних переходів (рис. 2), окрім переходів, які відповідають засувці 1.1 (рис. 1)) за допомогою критерію Стьюдента (6) із $S_{A\chi\chi_n}$ коефіцієнт кореляції між цими показниками складає менше ніж 0,3 у різних варіантах повторів. Низький зв'язок обумовлений врахуванням динаміки контролюваних значень.

Досліджено вплив збільшення об'єму вибірки виробничих даних на коефіцієнт кореляції між критеріальним значенням Стьюдента t (6) та $S_{A\chi\chi_n}$ (табл. 2) на прикладі тривалості роботи засувки 1.1 (рис. 2, табл. 2). Розрахунки виконувались для серії різних сполучень даних, що дозволило генерувати більшу кількість вибіркових сукупностей відповідного об'єму (табл. 3).

Висновки. Запропонована методика синтезу АСК забезпечує спрощене матричне відтворення пропонованих алгоритмів із фіксованою розмірністю простору змінних без втрати її гнучкості та функціональності.

Чітка формалізація та гнучкість апарату мережі Петрі, а також модульний підхід до проектування АСК ОТК ВК дозволить забезпечити надійність, керованість, зручність налагодження системи керування [2] та забезпечує внесення змін до алгоритму роботи оператором.

Таблиця 2.
Оцінка таймінгу датчиків рівня та засувок (табл. 2)

Бункер, компонент	Таймінг датчиків рівня							
	ДНР				ДВР			
	\bar{X}	S	S_h	$S_{AЧХH}$	\bar{X}	S	S_h	$S_{AЧХH}$
1.4.1, пшениця ячмінь	28,516	2,088	0,0732	0,19	2224	38	0,0173	0,073
	34,032	2,36	0,0693	0,29	2325	68	0,0292	0,12
1.4.2, ячмінь кукурудза	36,152	0,455	0,0126	0,05	2360	37	0,0158	0,067
	32,601	0,5	0,0153	0,038	2161	61	0,0281	0,082
1.4.3 пшениця ячмінь шрот	38,736	0,636	0,0164	0,066	2281	67	0,0294	0,1
	40,46	1,418	0,035	0,138	2383	31	0,0131	0,051
	37,921	1,3	0,0342	0,098	2296	58	0,0251	0,102
1.4.4 шрот кукурудза	38,7	0,678	0,0175	0,048	2208	89	0,0403	0,141
	38,463	1,997	0,052	0,202	2177	62	0,0284	0,115
таймінг засувок								
Засувка	Відкриття				Закриття			
	\bar{X}	S	S_h	$S_{AЧХH}$	\bar{X}	S	S_h	$S_{AЧХH}$
1.3.1	8,941	0,372	0,042	0,421	9,236	0,310	0,034	0,362
1.3.2	9,342	0,213	0,023	0,2	9,26	0,283	0,031	0,307
1.3.3	8,96	0,173	0,02	0,163	8,962	0,195	0,022	0,244
1.1	N=16	12,1	0,579	0,049	1,267	11,92	0,234	0,02
	N=8	12,1	0,689	0,057	0,568	11,911	0,192	0,016
	N=4	12,38	0,573	0,046	0,156	11,934	0,108	0,01

Примітка. $\bar{X}_h = 1$ – відповідно до прийнятої методики обробки даних.

Таблиця 3.
Аналіз таймінгу роботи засувки 1.1 (рис. 1)

Об'єм вибірки	Коефіцієнт кореляції площи відповідної складової ДПФ			
	амплітудна	дійсна	уявна	
4	-0,0613	0,1007	0,3077	
8	-0,0308	0,1893	0,3461	
16	0,9761	-0,9356	0,3759	

Обробка виробничих даних апаратом ДПФ, отриманих з мережної моделі ділянки ТК ВК, яка покладена в основу АСК, показала доцільність використання таймінгу як інформаційного показника.

За результатами експериментальних досліджень визначено, що на практиці необхідно забезпечити достовірну базу еталонних або експертних даних, що дозволить максимізувати кореляційний зв'язок між ймовірною похибкою та обчислюваною сумою амплітуд гармонік АЧХ – підвищити достовірність висновків щодо поточного режиму роботи елементів ОТК та його стану в цілому.

Розробка цих функцій вимагає упровадження алгоритмів навчання АСК або експертного супроводу на початкових етапах експлуатації. Таке рішення обумовлене такими чинниками:

- методика поточної обробки експериментальних даних на основі ДПФ чутлива до стаціонарності вхідних даних та закону розподілу;
- статистично значуще відхилення часу спрацювання датчиків рівня або засувок не має загального статичного значення, яке б відбивало техніко-технологічну значущість подій, що пов'язане з широким колом елементів ТК та різними їх умовами роботи.

На основі результатів досліджень, розроблене програмне забезпечення призначено для моделювання роботи мереж Петрі [13], тестового та робочого управління роботи технологічних процесів, отримання експертом (оператором, користувачем) експериментальних вхідних даних для подальшого їх аналізу.

Перспективи подальших досліджень. Результати роботи можуть бути використані у синтезу АСК іншими дискретними технологічними процесами у АПК (прибирання гною, роздача кормів, маршрутизація зернових на елеваторних комплексах та ін.), удосконалення алгоритмів підвищення інформативності АСК на основі таймінгу технологічного обладнання та датчиків у технологічних комплексах з періодичним характером роботи та дискретною роботою електросилового обладнання.

Метою подальших досліджень є розробка алгоритмів забезпечення інформативності АСК, удосконалення програмного забезпечення, обґрунтування значень техніко-технологічних показників та їх величин.

чини для певних елементів ОТК та об'єму бази еталонних даних, визначення кола ідентифікованих подій та реакцій на них, реалізація макетного зразка АСК ОТК ВК для експериментального дослідження та виробничих випробувань. Реалізація інформаційних функцій базується на протоколуванні керуючих впливів та процесів за допомогою часових діаграм та розмітки мережкої моделі.

Потенційно, пропонований напрям підвищення інформативності АСК ТП ВК дозволятиме попередити вихід з ладу силового обладнання, оцінити поточний режим та параметри роботи основних елементів ТК ВК та його АСК. Також доцільно розглядати впровадження нових параметрів контролю ТП і стану ТК та збільшити розширити функціональні можливості АСК без збільшення кількості та типів вимірювальних пристройів.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України [затверджено 19.09.2007 постановою КМУ №1158], 2010. – 196с. – Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/files/00010461/Konsepciy.doc>.
2. *Діордієв В.Т.* АСК технологічними комплексами виробництва комбікормів у контексті наскрізного алгоритму керування виробництвом [Текс] / *В.Т. Діордієв, А.О. Кащарсьов* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 117. – С. 125-128.
3. *Діордієв В.Т.* Таймінг датчиків технологічного комплексу виробництва комбікорму як сервісна функція автоматизованої системи управління на базі мереж Петрі / *В.Т. Діордієв, А.О. Кащарсьов*// Технічна електродинаміка, – 2010. – Ч. 2. – С. 169-173. – Режим доступу: http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s5/5_8.pdf.
4. *Егоров Б.В.* Эволюция комбикормовых технологических систем / *Б.В. Егоров* // Хранение и переработка зерна, - №7, - 2008. – С. 33-42.
5. *Діордієв В.Т.* Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбікормів / *В.Т. Діордієв, А.О. Кащарсьов* // Вісник Львівського національного аграрного університету: АгроИнженерні дослідження – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – №12., Т2. – С. 55 – 61.
6. Автоматизовані системи керування технологічними процесами / *Фурман І.О., Красnobаєв В.А., Рожков П.П., Тимчук С.О., Радченко С.С.* / За ред.. *І.О. Фурмана*: Підручник для ВНЗ. – Харків: Факт, 2006. – 317 с.
7. *Зайцев Д.А.* Математичні моделі дискретних систем: Навч. посібник / *Д.А. Зайцев*. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. – 40 с.
8. *Лескин А.А.* Сети Петрі в моделировании и управлении/ *Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридовонов А.М.* – Л.: «Наука», 1989. – 135 с.
9. Пат. №54511 Україна. МПК⁹ A23N 17/00, G06Q 10/00 . Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму / *В.Т. Діордієв, А.О. Кащарсьов* / Заявник та власник ТДАТУ. - № u201006332; заявл. 25.05.2010; зареєстровано у державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.11.2010, бюл. №21/2010.
10. *Кащарсьов А.О.* Аналіз випадкових процесів за допомогою швидкого перетворення Фур'є / *А.О. Кащарсьов, О.М. Терентьев* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10, Том 10. – С. 158-162. – Режим доступу до доповіді: http://nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2010_10_10.
11. *Само Юкио.* Без паники! Цифровая обработка сигналов / *Юкио Само*: пер. с яп. Селининой Т.Г. – М.: Додека-ХХI, 2010. – 176 с.
12. *Третьяк Л.Н.* Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие / *Л.Н. Третьяк*. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
13. А.с. 36841 України. Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi" / *В.Т. Діордієв, А.О. Кащарсьов* / Заявник та власник ТДАТУ. - №37087; заявл. 08.12.2010; опубл. 08.02.2011.

Кащарсьов Антон Олександрович – асистент, кафедри АСВ, Таврійський державний агротехнологічний університет.

Наукові інтереси авторів: управдження сучасних засобів автоматизації та алгоритмів обробки даних у системи автоматизованого керування технологічними процесами виробництва та переробки продукції сільського господарства.