

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МОЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

В роботі розроблено програмне забезпечення для ефективної координації локальних систем управління технологічних ліній підприємства з підготовки та пакування молока. Задача координації розв'язується генетичним алгоритмом. В процесі координації здійснюється розподіл ресурсів і синхронізація технологічних ліній.

Ключевые слова: генетичні алгоритми, синхронізація, розподіл ресурсів, координація, локальні системи управління.

V.M. DUBOVOI, M.E. DUDA

VNTU «Vinnitsia National Technical University», Vinnitsa, Ukraine

M. M. BAYAS

UPSE «Universidad Peninsula de Santa Elena», Ecuador

SENESCYT «Ministry of Higher Education, Science, Technology and Innovation», Ecuador

DEVELOPMENT PROGRAM MODULE FOR INCREASING EFFICIENCY OF COORDINATION OF MANUFACTURING PROCESS OF MILK PRODUCTION

In this paper the module of software for effective coordination of local control systems of production lines for the preparation and packaging of milk was developed. The coordinating problem is solved by genetic algorithm. In the process of coordination is carried out resource allocation and synchronization of technological lines.

Key words: genetic algorithms, synchronization, resource allocation, coordination, local control systems.

ВСТУП

У багатьох галузях промисловості і виробничих системах використовуються просторово розподілені технологічні об'єкти. Ізольована робота об'єктів часто призводить до численних проблем і породжує високий ступінь невизначеності при прийнятті управлінських рішень. Об'єкти можуть мати різні цілі й обмеження, різні параметри продуктивності та ефективності, але для досягнення спільної мети необхідно організувати їх складну взаємодію [1, 2].

У даному контексті **проблема** координації рішень при управлінні виробничими системами є особливо актуальною. Постановці задач координаційного управління складними системами і методам їх розв'язання приділяється багато уваги з боку українських і зарубіжних дослідників, про що свідчить велика кількість публікацій, що з'явилися в останні десятиліття. Фундаментальна систематизація задач координації зроблена в [3, 4]. Розглядаються переважно ітераційні та неітераційні детерміновані алгоритми координації. Однак різноманітність завдань координації (критеріїв, обмежень, структур систем тощо), велика розмірність завдань (кількість координованих параметрів), наявність невизначеності при оцінюванні стану координованих процесів зумовлюють необхідність подальших досліджень. Зокрема, в опублікованих роботах не розглянута задача розподілу ресурсів у взаємозв'язку з завданням синхронізації паралельних технологічних процесів.

Розв'язання задачі розподілу ресурсів у взаємозв'язку з синхронізацією паралельних технологічних процесів особливо **актуальне** в управлінні сучасним молочним виробництвом. Молочна промисловість – одна з провідних галузей агропромислового комплексу України. Питома вага молочної галузі в загальному обсязі харчової промисловості становить 19% [5, 6].

Постановка та обґрунтування задачі

Сучасні підприємства молочної галузі виробляють одночасно широку номенклатуру молочних продуктів і використовують для цього набір автоматизованих технологічних ліній. Однак кожна технологічна лінія управляється незалежно від інших ліній (неузгоджено), що може призводити до зниження загальної ефективності виробництва. Тому завдання координаційного управління технологічними лініями є актуальним.

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення управління функціонуванням технологічного обладнання за допомогою SCADA-системи з модулем координаційного управління технологічними лініями в комплексі програмного забезпечення АСУТП виробництва молочної продукції.

Схема координаційного управління молокозаводу наведена на рис. 1 [7].

Технологічний процес підготовки та упаковки молока є складною технологічною задачею автоматизації, що має забезпечити кілька технологічних операцій: приймання, сепарування, гомогенізації, нормалізації, упаковки та фасування. Кожна операція є трудомістким процесом, який вимагає безперервного контролю. Завданням управління є автоматизація 3 ліній розливу молока різного ступеня жирності: 1,5%, 2,5%, 3,5%, при наявності тільки одного фасувально-пакувального апарату, таким чином, щоб отримати

максимальний прибуток. Наявність тільки однієї фасувально-пакувальної установки робить вельми складною паралельну роботу всіх ліній, і тому виникають простой в роботі і втрата прибутку. Установки і їх характеристики, що підлягають автоматизації, наведені в табл. 1.

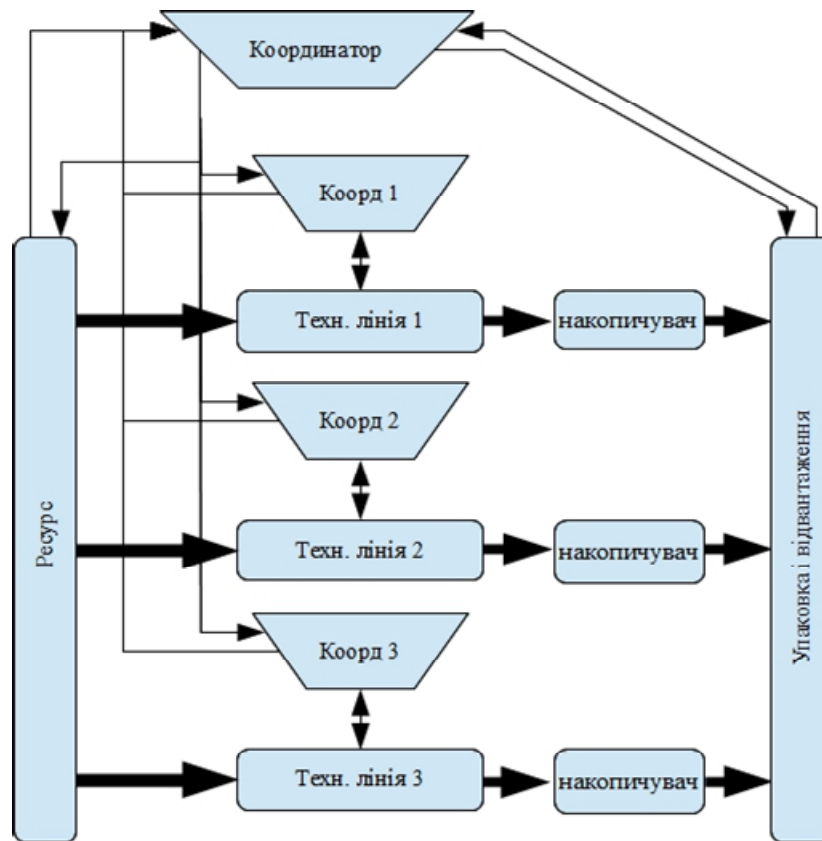


Рис. 1. Схема координації ліній виробництва молокозаводу

Таблиця 1

Технічні параметри технологічного обладнання ліній розливу молока.

№ п/п	Назва	Модель	Кількість, шт.	Основні характеристики
1	Танк приймання сировини	Резервуар вертикальний танк СТ-50	1	Об'єм: 450 тис. л.
2	Клапани для розливу по лініям	Електромагнітний клапан PRO 100 (модель 7001)	3	Варіанти з'єднань: 1,2, Н. Пропускна спроможність: до 7.9 м ³
3	Сепаратор	Сепаратор «Мотор Сич - 100 -18» (метал)	3	Продуктивність, л. / год: 100 Вміст жиру: 0,05%
4	Сепаратор нормалізатор	ОСППО-15	3	Продуктивність, л / год.: До 15000. Жирність сливок: 0.9%
5	Гомогенізатор	Гомогенізатор А1-ОГ-2М	3	Продуктивність, л / год.: 5000 Тиск гомогенізації, МПа: 20
6	Пастеризаційно-охолоджуюча установка	Установка "Обрам" Альфа Лаваль	3	Продуктивність, л / год.: Від 5000.
7	Фасовочно-пакувальна установка	Автомат фасовки ПАФ-700	1	Продуктивність шт. / Год.: От 500.

Програмне забезпечення повинно відповідати наступним вимогам [8]:

1. Підтримувати роботу технологічних ліній молокозаводу в заданому (оптимальному) режимі, забезпечувати високу точність дотримання параметрів (в суворій відповідності з технологічним регламентом) технологій, рецептур, дозування компонентів для отримання якісних молочних продуктів;
2. Контролювати якість усіх компонентів молочної технології на основних етапах виробництва;
3. Оперативно відстежувати і змінювати кількість, а також асортимент продукції молокозаводу;
4. Виявляти відхилення якості продукції від норми, мінімізувати втрати сировини, матеріалів на

кожному етапі технологічного процесу молочного виробництва;

5. В оперативному режимі отримувати комплексну інформацію про хід технологічного процесу виробництва молока та молокопродуктів з метою проведення аналізу техніко-економічних показників роботи молокозаводу в цілому. Відобразити стан апарат: працює, не працює, немає зв'язку.

6. Відобразити дані про сировину в реальному часі.

7. Параметри технологічного процесу, встановлені технологом виробничого процесу, не мають змінюватися під час роботи системи.

8. Синхронізувати роботу ліній таким чином, щоб забезпечити максимальний прибуток при мінімальному простої виробництва.

Розв'язання задачі

Програмне забезпечення автоматизованої системи управління підготовкою та упаковкою молока розробляється на платформі SCADA Trace Mode 6 [9 - 10]. У ній вбудовано кілька тисяч драйверів, які дозволяють підключати контролери, створювати віддалений доступ та забезпечувати роботу технологічного обладнання.

Діаграма класів програмного забезпечення показана на рис. 2.

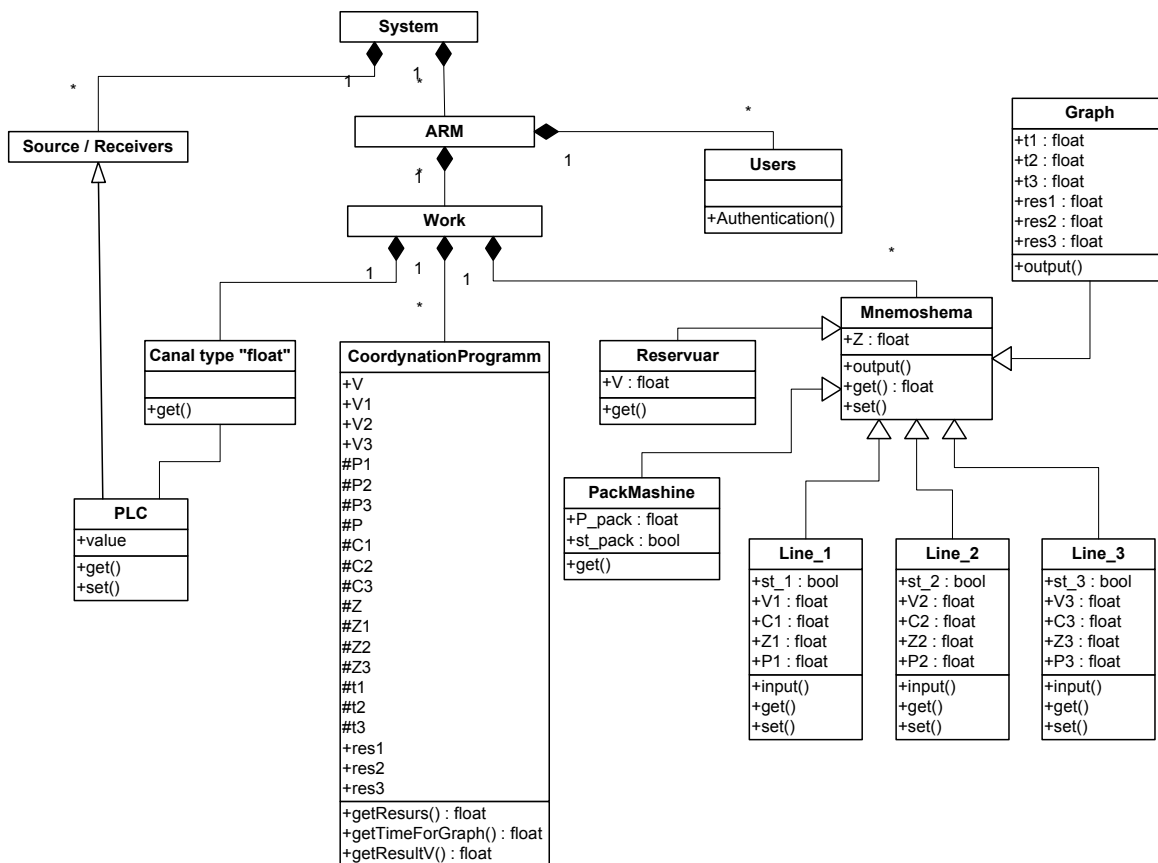


Рис. 2. Діаграма класів

Середовищем розробки надаються наступні класи: «System», «Source/Receivers», «ARM», «Work».

Клас «System» описує основні функції системи TraceMode 6. Клас «Source/Receivers» містить класи апаратних засобів системи. Клас «ARM» - клас, призначений для створення робочого місця оператора, в якому створено клас «Work» - комплексний клас взаємозв'язку між його елементами.

Стандартні модулі Trace Mode 6 були розширені для програмного забезпечення автоматизованої системи управління підготовкою та пакуванням молока за допомогою модулів: «Users», «Mnemoshema», «CoordinationShema».

Клас «Source/Receivers» успадковується класом «PLC», який є інтерфейсом передачі даних між програмним забезпеченням та апаратним забезпеченням. Основні його функції – get() – отримання даних, set() – встановлення розрахункового значення.

Клас «Mnemoshema» – призначений для створення інтерфейсу програмного забезпечення. Даний клас містить наступні функції: output() – для виведення значення у інтерфейсі програмного забезпечення, get() – для отримання встановленого значення переважно, set() – для встановлення програмний шляхом значення змінної. Даний клас розширюється до наступних класів: «Reservuar», «PackMashine», «Line_1», «Line_2», «Line_3» - класів призначений для відображення апаратних засобів системи автоматизації, зокрема прийомним резервуар – клас «Reservuar», пакувальною установкою - «PackMashine», лініями виробництва з 1 по 3 – «Line_1», «Line_2», «Line_3». Новий метод input(), що з'явився у класів «Line_1»,

«Line_2», «Line_3» призначений для вводу користувачем значень змінних.

Клас «Graph» - ще одне розширення (чи нащадок) класу «Mnemoshema» призначений для виведення результатів у формі графіка.

Клас «CoordinationProgramm» призначений для координації рішень та розподілу ресурсів між лініями. Він містить три функції: getResurs() – функція розподілу ресурсів з використанням генетичного алгоритму, getTime() – функція встановлення послідовності роботи технологічних ліній, getResultV () - функція встановлення відповідно стану лінії відповідного до об'єму ресурсу на цій лінії.

Розв'язання задачі координації виконується на основі математичної моделі процесу, що включає рівняння, які відображають залежність вихідних параметрів від вхідних, що враховують розподіл сировини, послідовність упакування і систему обмежень [7].

Як критерій ефективності координації роботи системи управління використовується інтенсивність отримання прибутку

$$E = \frac{P - C}{T}, \quad (1)$$

де P – ціна партії продукції; C – витрати на виробництво партії; T – тривалість процесу виробництва партії. Цей критерій враховує як технологічні аспекти, так і економічні.

Ціна партії P залежить від тривалості зберігання сировини до переробки і може бути апроксимована функцією

$$P_i = R_i P_{0i} \left[\frac{\exp(-kt_i) + \lambda}{1 + \lambda} \right], \quad (2)$$

де R_i – кількість сировини (ресурсу) i -ї лінії; P_{0i} - первинна ціна одиниці сировини; λ – ціна реалізації простроченої сировини.

Загальний об'єм сировини розподіляється між технологічними лініями

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N R_i. \quad (3)$$

Час виконання технологічного процесу залежить від кількості сировини, призначеного кожній лінії, і її технічних параметрів. Таким чином, тривалість технологічного процесу t_{pi} кожній лінії

$$t_{pi} = \frac{R_i}{p_i}, \quad (4)$$

де p_i – продуктивність i -ї лінії; t_{pi} – тривалість технологічного процесу i -ї лінії. З іншої сторони, тривалість технологічного процесу

$$t_{pi} = t_{fi} - t_{oi}, \quad (5)$$

де t_{fi} - час початку технологічного процесу; t_{oi} - час його завершення, тобто

$$\frac{R_i}{p_i} = t_{fi} - t_{oi}. \quad (6)$$

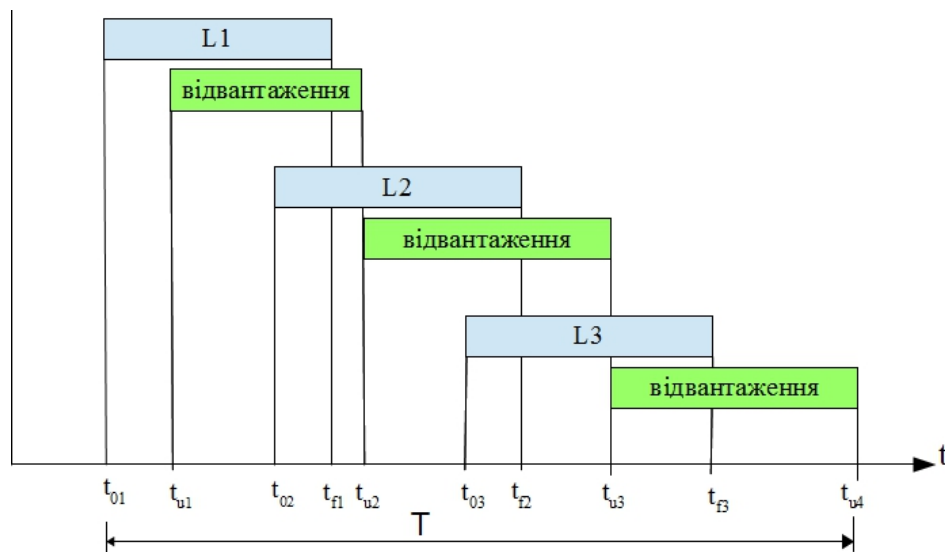


Рис. 3. Стрічковий графік виробничого процесу

У розглянутій системі здійснюється координаційне управління трьома технологічними лініями. Стрічковий графік їх роботи показаний на рис. 3. У зв'язку з тим, що продукція всіх технологічних ліній

надходить на одну ділянку упаковки і відвантаження, ці операції на стрічковому графіку виконуються послідовно. Продукція ліній збирається в накопичувачах, поки ділянка упаковки і відвантаження зайнята іншою продукцією.

Між параметрами стрічкового графіка і параметрами технологічних ліній виконуються співвідношення [7]:

$$\begin{cases}
 t_{fi} = t_{oi} + t_{pi} \\
 t_{li} = \frac{Amax_i}{p_i} \\
 t_{ui} = \frac{Amax_i}{u_{oi} - p_i} \\
 T_i = t_{li} + t_{ui} \\
 n = \left\lceil \frac{t_{fi} - t_{oi}}{T_i} \right\rceil \\
 u_i(t) = u_{oi} \left[k \left[H(t - t_{fi}) - H\left(t - p_i \left(\frac{t_{fi} - nT_i}{u_{oi}} \right) \right) \right] + \right. \\
 \left. (1 - k) \left[H(t - nT_i + t_{li}) - H\left(t - \left(t_{fi} + \frac{Amax_i - (u_{oi} - p_i)(t_{fi} - (nT_i + t_{li}))}{u_{oi}} \right) \right) \right] \right] \\
 k = \begin{cases} 1, t_f < nT_i + t_{li} \\ 0, t_f \geq nT_i + t_{li} \end{cases} \\
 A_i(t) = (p_i(t) + u_i(t))t
 \end{cases} \quad (7)$$

де $H(t)$ – функція Хевісайда; t_{li} – тривалість заповнення накопичувача; $Amax_i$ – об’єм накопичувача; A – об’єм продукції у накопичувачі; t_{ui} – тривалість відвантаження з накопичувача; n – кількість циклів, u_{oi} – продуктивність процесу відвантаження; T_i – тривалість циклу; $u_i(t)$ – стан відвантаження.

У задачі оптимізації є обмеження:

- кількість виробленої продукції M_i не повинно перевищувати попит D_i

$$D_i \geq M_i; \quad (8)$$

- загальна кількість продукції відповідає кількості ресурсу з урахуванням коефіцієнтів виходу

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{\eta_i}; \quad (9)$$

- час початку роботи лінії

$$0 \leq t_{0i} \leq T_{\max} - T_i. \quad (10)$$

Перелік аргументів класів, які відповідають позначенням моделі, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Аргументи класів «Mnemoshema», «Reservuar», «PackMashine», «Line 1», «Line 2», «Line 3» та «Graph»

Позначення		Вид	Тип даних	Діапазон значень	Опис	Одиниці виміру
Математична модель	Програмне забезпечення					
1	2	3	4	5	6	7
R_{Σ}	V	вхід	дійсний	450000	Стартовий об’єм сировини	л
R_i	V1 - V3	вхід	дійсний	0-450000	Об’єм сировини для лінії 1,2,3 відповідно	л
t_{oi}	To1-To3	вихід	дійсний	0-100000	Час початку роботи лінії 1,2,3 відповідно	с
t_{fi}	Tn1-Tn3	вихід	дійсний	0-100000	Час закінчення роботи лінії 1,2,3 відповідно	с

1	2	3	4	5	6	7
P	Z	вихід	дійсний	0-100000	Постійні витрати на виробництво	грн.
C_i	$C1 - C3$	вихід	дійсний	0-100000	Змінні витрати для лінії 1,2,3 відповідно	грн.
P_i	$Z1 - Z3$	вихід	дійсний	0-1000	Ціна продукції для лінії 1,2,3 відповідно	грн./шт.
ρ_{oi}	$U1 - U3$	вихід	дійсний	0-1000	Продуктивність лінії 1,2,3 відповідно	шт./год.
ρ_{oi}	U_pack	вихід	дійсний	0-1000	Продуктивність фасувальної установки	л./год.
-	$st1 - st3$	вхід	логічний	0-1	Статус роботи лінії 1,2,3 відповідно	-
-	$res1 - res3$	вхід	цілий	0-100	Значення графіку для ліній 1,2,3 відповідно	-

Інтерфейс системи координаційного управління показаний на рис.4. Інтерфейс має 3 зони: зону мнемосхеми, зону параметрів і зону візуалізації результатів координаційного управління у вигляді графіків роботи технологічних ліній. Зображення мнемосхеми сформоване з стандартних графічних об'єктів SCADA Trace Mode 6.

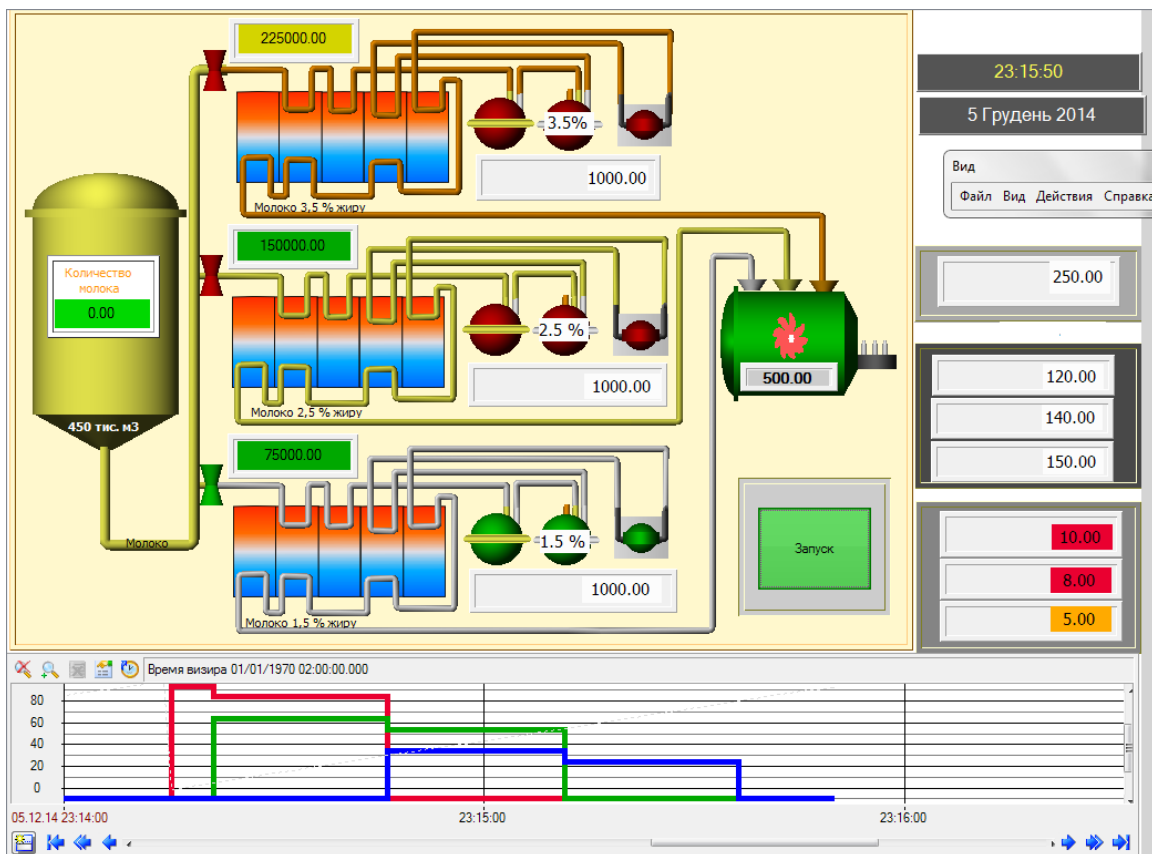


Рис. 4. Інтерфейс системи координаційного управління.

У системі координаційного управління генетична оптимізація параметрів координації здійснюється на основі операцій з хромосомою, яка утворюється з 6 параметрів $\{V1, V2, V3, To1, To2, To3\}$.

На рис.4 показаний результат імітаційного моделювання процесу координаційного управління при заданих початкових параметрах, які наведені у табл. 3.

Проведене тестування показало, що розроблене програмне забезпечення зменшує втрати від простоїв обладнання та збільшує ефективність виробництва.

Параметри імітаційного моделювання координаційного управління			
Параметр	Значення	Параметр	Значення
V	450000	C1	10
Z	0	C2	0
Z1	0	C3	0
Z2	0	P1	1000
Z3	0	P2	1000
U	1000	P3	1000

Висновки

Розроблена система координаційного управління забезпечує зменшення втрат від простоїв обладнання та збільшення ефективності виробництва. Система розроблена на базі SCADA-среде Trace Mode 6. Генетична оптимізація параметрів координації є достатньо швидкою для управління технологічним процесом підготовки та пакування молока в режимі реального часу.

Подяки

Ця робота була виконана за фінансової підтримки гранту "Міністерство вищої освіти, науки, технологій та інновацій" SENESCYT "Еквадор, і спонсорується університетом Santa Elena" UPSE ", Еквадор.

Література

1. Bayas M.M.. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using Genetic Algorithm / Marcia Bayas Sampedro and V.M. Dubovoy / Middle-East Journal of Scientific Research 14 (1): 01-04, 2013 ISSN 1990-9233 © IDOSI Publications, 2013 DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.14.1.16313.
2. Bayas M. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using an Approximate algorithm based on Random Walk /. Bayas M. M. and Dubovoy V. M. / International Journal of Engineering and Technology. Vol. 5 № 5 Oct-Nov 2013.
3. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д., Такахара И. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
4. Ладанюк О. А. Автоматизированное управление взаимосвязанными подсистемами технологических комплексов пищевых производств / Ладанюк О. А. – К., 1996. – 176 с.
5. Згурська О.М. Стан та тенденції розвитку молочної промисловості в Україні. [Електронний ресурс]. / Згурська О.М.// Економіка та управління підприємствами. – 2013 - 9-10(2) – С. 29-32 - Режим доступу: URL: http://soskin.info/userfiles/file/2013/2013/9-10%20%282_2013%29/Zghurska.pdf.
6. Статистична інформація. Сільське господарство. Тваринництво. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.vn.ukrstat.gov.ua/index.php/statistical-information/228/2013--1995-2010.html>
7. Bayas M.M. Координации решений о распределении ресурсов на основе генетического алгоритма. / M.M. Bayas, V.M. Dubovoy – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 13 с.
8. АСУ молочної отрясли. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://elites-montage.com.ua/amilk.php>
9. SCADA- системи [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://virom.com.ua/knowledge/42-avtomatizatsiya/373-scada-sistemi.html>
10. Trace Mode. Руководство пользователя. // AdAstra.- Москва, 2008 – Т.1 – 602 с.

References

1. Bayas M.M.. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using Genetic Algorithm / Marcia Bayas Sampedro and V.M. Dubovoy / Middle-East Journal of Scientific Research 14 (1): 01-04, 2013 ISSN 1990-9233 © IDOSI Publications, 2013 DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.14.1.16313.
2. Bayas M. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using an Approximate algorithm based on Random Walk /. Bayas M. M. and Dubovoy V. M. / International Journal of Engineering and Technology. Vol. 5 № 5 Oct-Nov 2013.
3. Mesarovic M. Theory of hierarchical mnogourovnevnyh / Mesarovic M., Mako, D., J. Takahara - M. : Mir, 1973. - 344 p.
4. Ladanyuk OA Avtomatizirovannoe Management vzaymosvyazannymy podsystemamy of technological complexes pyshevyyh productions / Ladanyuk OA - K., 1996. - 176 p.
5. Zghurska AM Status and trends of the dairy industry in Ukraine. [Electronic resource]. / Zgurskiy AM // Economics and business management. - 2013 - 9-10 (2) - S. 29-32 - Access: URL: http://soskin.info/userfiles/file/2013/2013/9-10%20%282_2013%29/Zghurska.pdf
6. Statystychna information. Agriculture. Livestock. [Electronic resource]. - Access: URL: <http://www.vn.ukrstat.gov.ua/index.php/statistical-information/228/2013--1995-2010.html>
7. Bayas M.M. Coordination decisions on the apportionment of resources based on henetycheskoho algorithm. / M.M. Bayas, V.M. Dubovoy - Vinnitsa: NTB, 2014 - 13 p.
8. ASU breast otryasly. [Electronic resource]. - Access: URL: <http://elites-montage.com.ua/amilk.php>
9. SCADA-systems [electronic resource] - Access: URL: <http://virom.com.ua/knowledge/42-avtomatizatsiya/373-scada-sistemi.html>
10. Trace Mode. MANUAL user. // AdAstra.- Moscow, 2008 - Vol.1 - 602 p.

Рецензія/Peer review : 9.12.2014 р.

Надрукована/Printed : 1.1.2015 р.