

УДК 004.021:664.1

STRUCTURE OF THE AUTOMATED EXTENDED CONTROL SYSTEM FOR COORDINATING ADJACENT STATIONS OF A SUGAR FACTORY

V. Polupan, V. Sidletskiy

National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar refinery
Automation control
system
Coordination
Decision support system*

Article history:

Received 12.11.2016
Received in revised form
24.11.2016
Accepted 07.12.2016

Corresponding author:

V. Polupan
E-mail:
serunder@mail.ru

ABSTRACT

This article describes an approach to the development of the structure of an extended control system of a sugar factory, which is characterized by additional modules for coordinating the work of related departments of the sugar factory, and decision-support system for operators in difficult situations. The objective of this system is to provide assistance to specialists in preparing and selecting rational decisions in difficult situations that arise during the operation of real time automation control system, based on the knowledge acquired by experts and processed by means of computer. It is also used for prediction and coordination of interactions between departments and factory control systems.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗШИРЕНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ СУМІЖНИХ СТАНЦІЙ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

В.В. Полупан, В.М. Сідлецький

Національний університет харчових технологій

У статті описано підхід до розробки структури системи розширеного керування ділянками цукрового заводу, що характеризується додатковими модулями, які забезпечують координацію роботи суміжних відділень цукрового заводу і підтримку прийняття рішень оператором у складних ситуаціях. Завданням такої системи є надання допомоги спеціалістам у процесі підготовки та вибору раціональних рішень у складних ситуаціях, що виникають при функціонуванні АСУ реальному часу, на основі знань, набутих спеціалістами-експертами й оброблених обчислювальними засобами, а також для прогнозування взаємодій та узгодження взаємодій між відділеннями заводу й системами керування.

Ключові слова: цукровий завод, АСУТП, координація, система підтримки прийняття рішень.

Постановка проблеми. На сьогодні високий рівень розвитку мікропроцесорних засобів дає змогу використовувати технічні засоби з високими

експлуатаційними характеристиками. Первинні перетворювачі надають можливість отримати достовірні значення контрольованих параметрів технологічного процесу. Комп'ютеризовані засоби дозволяють реалізовувати найскладніші алгоритми управління, забезпечуючи високу якість проведення технологічних процесів і реалізацію таких функцій, як:

- визначення та реалізація оптимального режиму функціонування кожного з технологічних агрегатів;
- стабілізація технологічних параметрів (тиску, температур, рівнів);
- програмне керування зміною технологічних параметрів (реалізація заданого графіка зміни температури в печі);
- підтримання певного співвідношення між параметрами;
- логічне управління обладнанням;
- аварійне відключення тощо.

Типова структурна схема управління (АСУ ТП) на цукровому заводі має вигляд, представлений на рис. 1.

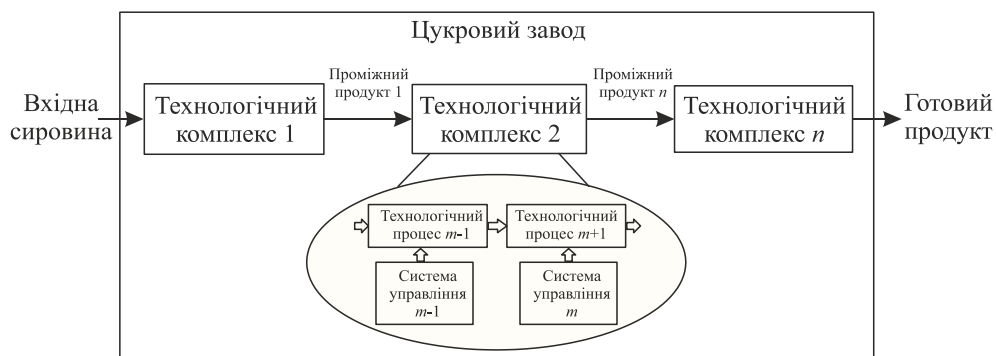


Рис. 1. Типова структура управління технологічними ділянками цукрового заводу

Сучасні АСУ ТП дають змогу забезпечувати виконання всіх покладених функцій. За останніми тенденціями системи керування будуються як ієрархічні системи, де на нижньому рівні знаходиться АСУТП, на верхньому рівні ERP система — корпоративна інформаційна система (КІС), призначена для автоматизації обліку й управління бізнес процесами [1]. Для поєднання технологічних процесів і бізнес процесів в єдиний інформаційний простір можуть використовуватися MES системи, призначені для вирішення завдань синхронізації, координації, аналізу й оптимізації випуску продукції в рамках виробництва [2].

Якість функціонування системи в цілому залежить від ефективного функціонування підсистем кожного рівня, а також від якості взаємодії підсистем між собою [3], тому при аналізі та проектуванні систем необхідно звертати особливу увагу на місця стику суміжних підсистем як технічних, так і підсистем управління.

АСУТП являє собою систему операторського управління технологічним процесом у вигляді автоматизованого робочого місця, де використовуються засоби збору, обробки й архівування інформації про хід процесу. Система

управління технологічним процесом ділянки цукрового заводу складається з типових засобів автоматики: датчиків, пристроїв керування, виконавчих пристроїв. Складовими частинами АСУТП є системи: автоматичного управління, диспетчерського управління та збору даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Використання таких підходів сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат тощо, але важливим залишається питання: яким чином найефективніше поєднати роботу оператора з технічними засобами, прискорити прийняття ним критичних рішень, ефективно передавати свій досвід недосвідченим операторам.

Підвищення якості і скорочення часу прийняття рішень при управлінні промисловими комплексами та складними технічними системами різного призначення в теперішній час неможливе без розробки ефективних програмних і апаратних засобів, що підтримують діяльність осіб, які приймають рішення. Особливо гостро стоїть ця проблема при прийнятті рішень в АСУ реального часу, де особливо відчувається дефіцит часу, а наслідки при несвочасному або неправильному прийнятті рішення можуть бути катастрофічними [4].

Мета дослідження: розробка підсистеми, основним завданням якої є надання допомоги спеціалістам у процесі підготовки і вибору раціональних рішень у складних ситуаціях, що виникають при функціонуванні АСУ реального часу, на основі знань, набутих спеціалістами-експертами й оброблених обчислювальними засобами.

Виклад основних результатів дослідження. Аналіз роботи станції дефекосатурації дає змогу виділити проблеми й відхилення, які виникають і вирішуються всередині досліджуваного об'єкта. Наприклад, причиною скрипів і шумів у роботі змішувального пристрою може бути накопичення осаду на дні апарата. Така проблема вирішується оператором станції дефекосатурації, який виконує продувку апарата. Також прикладом може бути потрапляння в сік крупних частинок осаду. Причиною цього може бути велике відкладення осаду на дні сатуратора, тому для вирішення даної проблеми рекомендується виконати продувку сатуратора.

Також можливі проблеми, які безпосередньо не пов'язані з роботою станції дефекосатурації. Такі проблеми виникають унаслідок порушень режимів роботи суміжних відділень. Наприклад, сповільнена робота сатуратора і викидання соку в переливну коробку дефекатора може бути викликана як внутрішніми проблемами — відкладення осаду на решітках сатуратора, так і зовнішніми — низький вміст CO_2 в сатураційному газі або низька щільність дифузійного соку. У випадку з низьким вмістом CO_2 проблема вирішується шляхом налагодження роботи вапняково-газової печі, а у випадку з низькою щільністю слід налагодити роботу дифузійної установки.

Вирішенням зазначених проблем має займатися не система управління станції дефекосатурації, а системи управління відповідних суміжних відділень (вапняково-випалювального і дифузійного). Оператор станції дефекосатурації при фіксації таких неполадок немає можливості одразу вплинути на ситуацію.

Насамперед необхідно розглянути основну структуру управління станцією дефекосатурації і суміжних станцій.

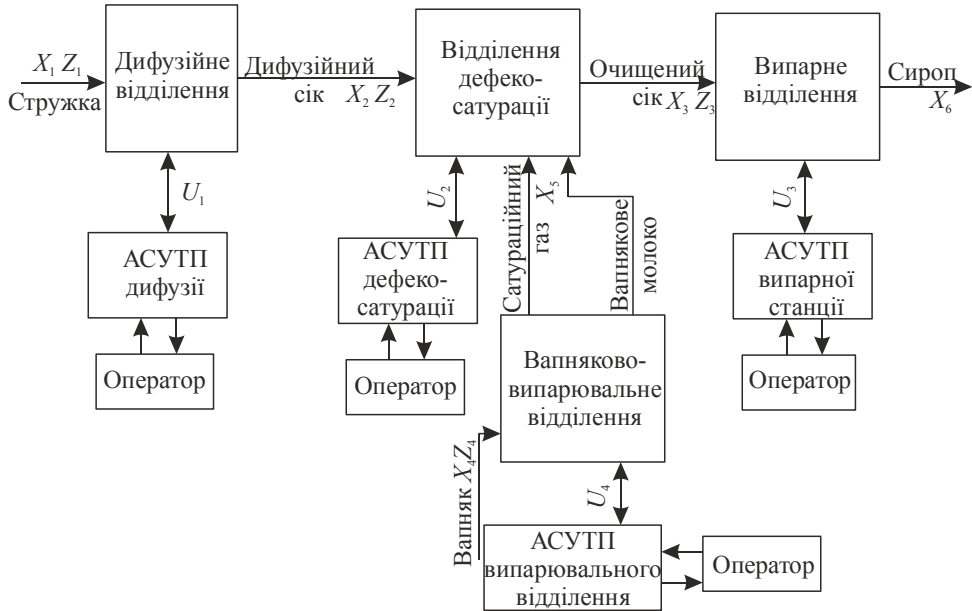


Рис. 2. Структурна схема управління, а також матеріальні потоки станції дефекосатурації і суміжних ділянок

Як видно із структурної схеми, суміжними для станції дефекосатурації є дифузійна станція, випарна станція і вапняково-випарювальне відділення. Кожна суміжна станція, включаючи станцію дефекосатурації, управляється за допомогою своєї автоматизованої системи управління — АСУТП дифузії, АСУТП дефекосатурації, АСУТП випарної станції і АСУТП вапняково-випарювального відділення. Кожною системою управління керує відповідний оператор. Усі дані про перебіг технологічного процесу потрапляють до центрального архіву.

Слід зазначити, що в технологічному процесі явно існують взаємозв'язки між технологічними змінними кожного відділення. Структуру матеріальних потоків ТК показано на рис. 2, де X_i — вектор вхідних величин; U_i — вектор керувань; Z_i — вектор збурень.

Для відділення дифузії вектор вхідних змінних $X_1 = [x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,n}]$ складається з таких параметрів, як витрата стружки, цукристість стружки, цукристість тощо. Вектор збурень $Z_1 = [z_{1,1}, z_{1,2}, \dots, z_{1,n}]$ складається з таких параметрів, як рН екстрагента, зміна коефіцієнтів теплообміну тощо.

Система управління дифузійного відділення виконує такі функції, як регулювання питомого навантаження апарата; регулювання рівня в головній частині апарата; регулювання вмісту цукру в дифузійному соку; регулювання температурного режиму апарата; управління подачею жомпресової води тощо. Ці управляючі дії реалізуються за допомогою вектора управління $U_1 = [u_{1,1}, u_{1,2}, \dots, u_{1,n}]$.

Для відділення дуфекосатурації вектор вхідних змінних складається з вектора $X_2 = [x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n}]$, що містить такі параметри, як витрата соку (відкачування) з дифузійного апарата; вміст цукру в соку; вміст сухих речовин тощо. Вектор $X_5 = [x_{5,1}, x_{5,2}, \dots, x_{5,n}]$ містить такі параметри, як вміст CO_2 в сатураційному газі з вапняково-випалювального відділення; густина вапнякового молока тощо. Вектор збурень $Z_2 = [z_{2,1}, z_{2,2}, \dots, z_{2,n}]$ складається з таких параметрів, як температура соку, рН соку тощо. На станції сокоочистки система автоматизації виконує такі функції: регулювання витрати вапняного молока в переддефекатор, холодний дефекатор і дефекатор перед другою сатурацією відносно витрати дифузійного соку; регулювання витрати суспензій соків першої і другої сатурації в переддефекатор; регулювання витрати дефекованого соку на першу сатурацію; регулювання витрати фільтрованого соку першої сатурації на другу сатурацію; регулювання рН соку на першій та другій сатурації. Ці управляючі дії реалізуються за допомогою вектора управління $U_2 = [u_{2,1}, u_{2,2}, \dots, u_{2,n}]$.

Для випарного відділення вектор вхідних змінних складається з вектора $X_3 = [x_{3,1}, x_{3,2}, \dots, x_{3,n}]$, що містить такі параметри, як витрата фільтрованого соку другої сатурації; вміст сухих речовин; доброякісність очищеного соку; кольоровість соку тощо. Вектор збурень $Z_3 = [z_{3,1}, z_{3,2}, \dots, z_{3,n}]$ складається з таких параметрів, як температура і теплоємність гріючої пари; тиск гріючої пари; розрідження на конденсаторній установці тощо. Оптимальні умови роботи випарної установки забезпечуються шляхом контролю та регулювання по корпусам цілого ряду параметрів. Система автоматизації випарної станції повинна забезпечувати регулювання витрати фільтрованого соку на ВС; регулювання рівня в корпусах ВС; регулювання розрідження в концентраторі; регулювання температури соку перед ВС тощо. Ці управляючі дії реалізуються за допомогою вектора управління $U_3 = [u_{3,1}, u_{3,2}, \dots, u_{3,n}]$.

Для вапняково-випалювального відділення вектор вхідних змінних складається з вектора $X_4 = [x_{4,1}, x_{4,2}, \dots, x_{4,n}]$, що містить такі параметри, як якість вапнякового каменя; якість палива тощо. Вектор збурень $Z_4 = [z_{4,1}, z_{4,2}, \dots, z_{4,n}]$ складається з таких параметрів, як температура в печі; відбір вапна; відбір сатураційного газу тощо. Система управління забезпечує відповідно до заданих технологічними параметрами підтримку режимів горіння, а також відображення стану механізмів і режимів роботи печі; управління автоматичною подачею сировини в піч; управління системою газових пальників; регулювання температури в печі. Ці управляючі дії реалізуються за допомогою вектора управління $U_4 = [u_{4,1}, u_{4,2}, \dots, u_{4,n}]$.

Процес функціонування ТК цукрового заводу і систем керування ним надає можливість стверджувати, що в загальному випадку виникає проблема координації роботи керованих підсистем, вирішення якої забезпечить найкращі техніко-економічні показники функціонування автоматизованих ТК.

Координація — специфічне завдання ієрархічної системи керування. Основні принципи координації такі: прогнозування взаємодії, коли координація здійснюється завданням змінних взаємодії координованих підсистем; узгодження взаємодій, що передбачає модифікацію локальних функцій мети за

допомогою параметрів, які задаються координатором; оцінювання взаємодій, що можна розглядати як узагальнення принципу прогнозування взаємодій [5].

У технологічному комплексі виділено N підсистем, при функціонуванні яких можуть виникати конфліктні ситуації. Так, у разі послідовного з'єднання підсистем економічність E залежно від навантаження Q може мати вигляд кривих 1 і 2, а робоча точка A — змінювати своє положення внаслідок деформування та дрейфу кривих (рис. 3)

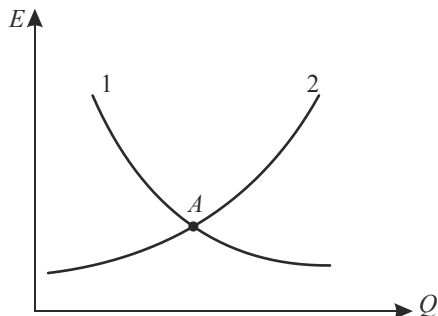


Рис. 3. Залежність економічності підсистем E від навантаження Q

Економічність екстрагування і відкачування збільшується (зменшуються втрати цукру), а економічність випарювання зменшується, оскільки при цьому витрачається більша кількість палива (1):

$$\begin{cases} S = DF \frac{C-c}{d/4} \tau; \\ W = A \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \right), \end{cases} \quad (1)$$

де S — кількість продифундованої речовини, середня концентрація нормального соку всередині стружки за весь час її вихолодження; c — середня концентрація соку ззовні стружки; D — коефіцієнт дифузії; F — поверхня дифундування; τ — час; W — маса пари, витраченої на випарювання 1 кг соку; A — маса очищеного соку; r_1 — початковий вміст сухих речовин у соку; r_2 — необхідний вміст сухих речовин у згущеному сиропі.

Існує точка A , в околі якої потрібно підтримувати робочий режим координованих підсистем. Положення точки A під час роботи постійно змінюється через те, що характеристика сировини, кількість і характеристика енергоносіїв, тому цю точку слід шукати постійно [5].

Якщо для координованих підсистем відомі критерії оптимальності й вони мають вигляд інтегральної функції:

$$I_i = \int_0^t F(X, U, Z, t) dt \rightarrow 0, \quad (2)$$

то найпростішим способом керування ТК є адитивна функція згортки:

$$I_{TK} = \sum_{i=1}^N I_i \rightarrow 0 . \quad (3)$$

Такий підхід за правильної реалізації дає змогу проводити технологічний процес на оптимальному рівні, але він мало допомагає при випадкових критичних ситуаціях, несправностях та інших проблемах, які було описано на початку статті, тобто ті ситуації, в яких виникає проблема прийняття рішення і правильних дій залежності від ситуації, яка склалася на об'єкті. Прийняття неправильних, необґрунтованих рішень призводить до тяжких наслідків.

Виникає необхідність створення системи підтримки прийняття рішень. Необхідними умовами функціонування підсистеми підтримки прийняття рішень є висока швидкість розв'язку задач, здатність системи до перспективного пошуку рішень, адаптація системи, реакція системи на події, можливість переривання роботи на перепланування.

Підсистема підтримки прийняття рішень повинна:

- оцінити стан (ситуацію);
- вибрати критерії, визначити їх відносну важливість;
- згенерувати можливі рішення;
- дати оцінку всім рішенням і вибрати краще;
- забезпечити постійний обмін інформації про стан прийнятих рішень і допомогти узгодити групові рішення;
- створити динамічний комп'ютерний аналіз можливих наслідків прийнятих рішень;
- вести збір даних про результати прийнятих рішень і здійснювати оцінку результатів.

Задачі, які вирішуються за допомогою підсистеми підтримки прийняття рішень, як правило, мають велику кількість невизначеностей. Ці невизначеності можна класифікувати за такими ознаками:

- невизначеності зв'язані з неповнотою наших знань про проблеми, щодо яких ми приймаємо рішення;
- невизначеність через неможливість точного прогнозування реакції системи на наші дії;
- неточне розуміння своїх цілей оператором.

Ці невизначеності спростовуються спеціалістом, який вибудовує ланцюг дій за допомогою переваг, тобто вибору найважливішого.

Для кращого управління цукровим заводом структура автоматизованої системи для розширеного керування, направлена на координацію суміжних станцій цукрового заводу, повинна мати ряд додаткових модулів. Для того, щоб виявити відхилення, всі технологічні параметри, які контролюються безпосередньо чи є результатом комплексного виведення, повинні бути в єдиному інформаційному просторі, що аналізується системою керування, причому дані повинні аналізуватись як статично (відносно один одного), так і динамічно (як вони змінюються в часі).

У цілому система вдосконаленого керування технологічним процесом матиме вигляд, представлений на рис. 4. Насамперед система доповнюється блоком «Прийняття рішень», який проводить аналіз роботи ділянки включно

із системою керування, потім, використовуючи дані аналізу, моделюється та перевіряється можливість появи нештатної ситуації, а також блоком «Координації відділень» для прогнозування взаємодії й узгодження взаємодій між відділеннями заводу та системами керування.

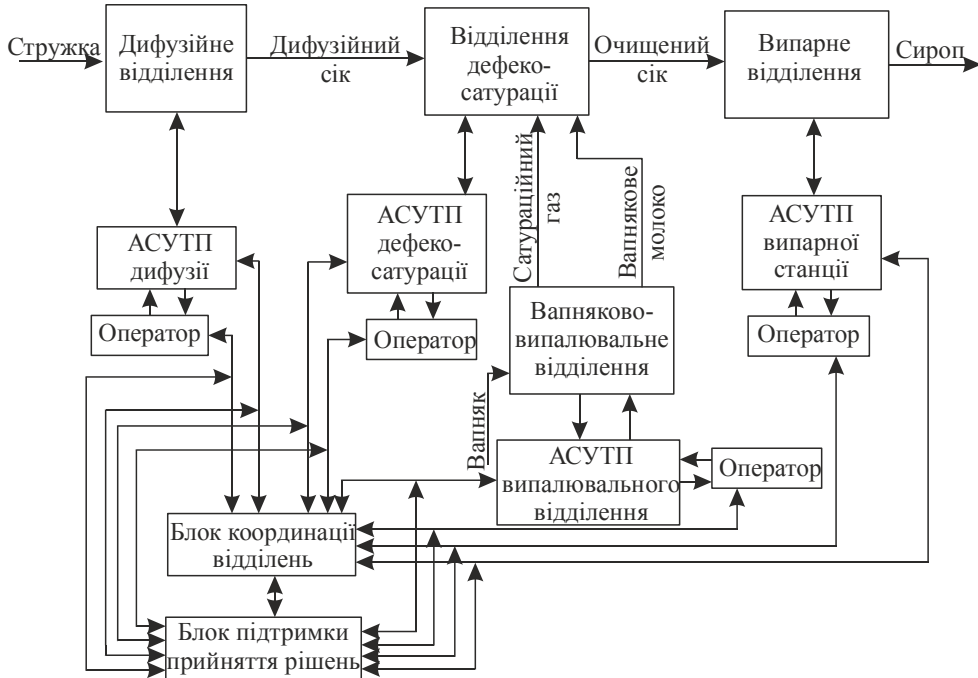


Рис. 4. Структура вдосконаленої системи управління

Висновки

Отже, система керування повинна бути адаптована до змін цілей, наборів і точності значень параметрів, особливо при зміні режимів роботи однієї ділянки та при вплив її на роботу інших. Для системи керування необхідно використовувати сучасні підходи при моделюванні технологічного процесу та формуванні управляючих діянь. Запропонована система розширеного керування ділянками цукрового заводу характеризується додатковими модулями, які забезпечують координацію роботи суміжних відділень цукрового заводу, а також підтримку прийняття рішень оператором у складних ситуаціях.

Література

1. The role of semantic models in smarter industrial operations: Introductory [Електронний ресурс] / T.Hanis, D.Noller // developerWorks®. — 2011, 2012. — Режим доступу: <http://www.ibm.com/developerworks/library/x-ind-semanticmodels/x-ind-semanticmodels-pdf.pdf>.
2. Sharing data for production scheduling using the ISA-95 standard [Електронний ресурс] / I.Narjunkski, R. Bauer // Frontiers in Energy Research. — 2014. — 2:44. — Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.3389/fenrg.2014.00044> (21.10.2014).
3. Richard L. Shell. and Ernest L.Hall. Handbook of industrial automation. Marcel Dekker, Inc. — New York, NY 10016, 2000. — P. 202—214.

4. Аналіз невимірюваних параметрів на рівні розподіленого керування для автоматизованої системи, об'єктів і комплексів харчової промисловості / В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін, В.В. Полупан // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2016. — Том 22, № 3. — С. 7—15.

5. Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. — Київ: НУХТ, 2013. — 274 с.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСШИРЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ СМЕЖНЫХ СТАНЦИЙ САХАРНОГО ЗАВОДА

В.В. Полупан, В.М. Сидлецкий

Национальный университет пищевых технологий

В статье описан подход к разработке структуры системы расширенного управления участками сахарного завода, который характеризуется дополнительными модулями, обеспечивающими координацию работы смежных отделений сахарного завода и поддержку принятия решений оператором в сложных ситуациях. Задачей такой системы является предоставление помощи специалистам в процессе подготовки и выбора рациональных решений в сложных ситуациях, возникающих при функционировании АСУ реального времени, на основе знаний, полученных специалистами-экспертами и обработанных вычислительными средствами, а также для прогнозирования взаимодействий и согласования взаимодействий между отделениями завода и системами управления.

Ключевые слова: *сахарный завод, АСУТП, координация, система поддержки принятия решений.*