

Наведено результати застосування методів діагностики і для технологічного комплексу (ТК) цукрового заводу. Показано результати використання сценарно-цільового підходу

Ключові слова: діагностика, прогнозування, прографи, сценарно-цільовий підхід, сценарій, коригуючі дії

Приведены результаты применения методов диагностики и прогнозирования для технологического комплекса (ТК) сахарного завода. Показаны результаты применения сценарно-целевого подхода

Ключевые слова: диагностика, прогнозирование, прографы, сценарно-целевой подход, сценарий, корректирующее управление

The application of diagnostic and prediction methods for technological complex (TC) of a sugar factory is proposed in the article. The results of the scenario-targeted campaign are presented

Key words: of diagnostic, prediction, prograf, scenario-targeted campaign, scenario, corrective control

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ

Л. О. Власенко

Асистент*

Контактний тел.: (044) 287-52-94

E-mail: vllida@yandex.ru

А. П. Ладанюк

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*

*Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний Університет Харчових Технологій

вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна

Контактний тел.: (044) 289-52-83

Вступ

В сьогоденнішніх умовах стрімкого розвитку новітніх технологій, мікропроцесорної техніки, інформаційних систем, ринку, конкуренції, кризи керівники підприємств зацікавлені отримувати максимальні прибутки при економії затрат по всім статтям витрат але, щоб якість продукції не погіршувалась. Основними причинами, що призводять до збільшення фінансових затрат, зменшення виходу кінцевої продукції і погіршення її якості є виникнення різних видів поломок, недотримання технологічних регламентів з різних причин, збільшення часу простоїв, погіршення координації роботи підсистем технологічного комплексу (ТК) та ін. Для підвищення ефективності роботи ТК доцільно доповнити системи автоматизації (СА) методами та алгоритмами діагностики і прогнозування,

які дозволять в реальному часі оперативно виявляти, розпізнавати і прогнозувати можливість розвитку ситуації з штатної в нештатну, критичну, надзвичайну або аварійну з необхідним рівнем достовірності (рис. 1), а також знаходження, обґрунтування та реалізація коригуючих впливів, які б забезпечували перехід з нештатного режиму в штатний.

Постановка задачі

Все вищезазначене характерно і для цукрового виробництва.

Виділені відділення: дифузійне, сокоочистне і випарне, які мають ознаки підсистем.

Будь-яка аварія є результатом послідовного переходу з штатного режиму в аварійний (рис. 1)

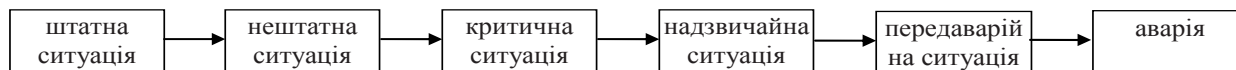


Рис. 1. Розвиток аварії для ТК цукрового заводу

За своєю природою ці ситуації є випадковими, частина з них є непередбачуваними, що пов'язано з випадковим характером діючих факторів: зміна подачі буряків; зміна якісних показників сировини, в тому числі сезонного характеру; зміна характеристик та витрат енергоносіїв; знос технологічного обладнання; змінювання оцінок живучості та надійності різного обладнання, в тому числі системи автоматизації; вплив людського фактора.

Результатом проведення прогностичних заходів – є передбачення зміни в просторі станів траєкторії переходу об'єкта з одного стану в інший, причому вона не повинна потрапляти в задану сукупність областей С [4], яка описується набором несприятливих ситуацій. Крім того при проведенні прогнозування слід враховувати необхідність коректного вибору горизонту прогнозування. Для автоматизованого технологічного комплексу (АТК) цукрового виробництва горизонтом прогнозування може бути зміна або доба. На основі аналізу моделей в координатах стану визначається стан ТК, знаходяться відхилення від заданих значень і при наявності їх проводиться прогнозування якісних і техніко-економічних показників роботи заводу. Для розрахунку основних очікуваних показників цукрового заводу формується база даних, в якій використовуються:

- для дифузійного відділення: вміст цукру в дифузійному соці, вміст нецукрів в дифузійному соці та ін.;
- для відділення очистки та фільтрації соку: лужність дефекованого соку, вміст цукру в соці І сатурації, вміст цукру в фільтраційному осаді, відносна витрата очищеного соку та ін.;
- для випарного відділення: вміст сухих речовин в суміші

Очікувані економічні показники роботи заводу:

Сумарні втрати цукру, % до маси буряків:

$$P_{CX} = SA_{X_{Ж}} + SA_{X_{Ф0}} + SA_{X_{Нд}} + SA_{X_{Н}} + \Delta SA_{X_{К}} + SA_{X_{М}} \quad (1)$$

де $SA_{X_{Нд}}$ - невраховані втрати цукру в дифузійному відділенні, % до маси буряків; $SA_{X_{К}}$ - втрати цукру на кагатному полі, % до маси буряків; $SA_{X_{М}}$ - вміст цукру в мелясі, % до маси буряків.

Вихід білого цукру за зміну, т:

$$G_{CX} = A \cdot 10^{-2} (SA_{X_{СТР}} - P_{CX}), \quad (2)$$

де A - продуктивність заводу за буряком, т/год; P_{CX} - сумарні втрати цукру на виробництві, % до маси буряків.

Собівартість цукру, грн./т:

$$C_{CX} = \frac{A}{G_{CX} \cdot 10^{-2}} (P_{CB} \cdot 10^2 + P_{УТ} \alpha_{УТ} + 2,088 P_{ИК} \alpha_{ИЗ} - P_{Ж} \alpha_{Ж}^T - P_{М} \alpha_{М}^T) + C_{ВСМ} + C_{АЗ} \frac{A}{G_{CX}} \quad (3)$$

де $P_{CB}, P_{УТ}, P_{ИК}, P_{Ж}, P_{М}$ - ціна буряка, палива, вапняного каміння, жому, меляси, відповідно, грн./т;

$\alpha_{Ж}^T, \alpha_{М}^T$ - відносні витрати товарних жому і меляси відповідно, % до маси буряків; $C_{ВСМ}$ - питома вартість допоміжних матеріалів, грн./т; $C_{АЗ}$ - питома вартість амортизаційних відрахувань і затрат, грн./т.

Прибуток заводу за зміну, грн.:

$$\Pi = G_{CX} (P_{CX} - C_{CX}), \quad (4)$$

де P_{CX} - ціна цукру, грн.

Можливі джерела порушень: спотворення алгоритму керування або його невідповідність можливим діям виконавчого механізму; виникнення значної систематичної похибки; дія невимірваних збурень; неможливість відновлення характеристик об'єкта або його елементів;

Методика дослідження

Неполадки і несправності, які виникають під час роботи цукрового заводу, мають негативний вплив на роботу заводу в цілому, оскільки сприяють зменшенню продуктивності роботи заводу, збільшенню втрат цукру, зменшенню виходу цукру, збільшенню витрат допоміжних матеріалів. Неполадки і несправності було умовно розділено на чотири групи:

- технологічні відхилення, недотримання штатного режиму, робота ТК не в оптимальному режимі, вихід регулюємих і контролюємих змінних за допустимі межі, погіршення якісних показників технологічного процесу – в подальшому будемо називати технологічні відмови;
- поломки обладнання, різного роду закупорювання, вихід зі строю рухомих частин обладнання, знос, перевантаження по потоку – відмови обладнання;
- вихід з ладу різних складових системи автоматизації, включаючи проблеми, пов'язані з програмним забезпеченням – відмови автоматизації;
- проблеми, пов'язані з виробленням і нехваткою пари, роботою двигунів, електропроводкою - відмови енергогосподарства.

Нижче наведено результати оцінки поломок та частота їх виникнення при управлінні ТК з використанням експертних оцінок (ЕО). Експертами виступали фахівці цукрових заводів різних спеціальностей, технологи, начальники КПП і А, теплоенергетики, працівники спеціалізованих організацій, які виконують розробку та впровадження систем автоматизації, а також оброблювались літературні джерела та матеріали Internet.

В результаті обробки думок експертів було визначено, що більшість поломок приходить на початок сезону, а в середині і в кінці – кількість поломок практично однакова, це можна пояснити тим, що завод входить в ритмічну роботу і до кінця сезону працює за відсутності серйозних поломок. Було визначено, що поломки по групам розподіляються наступним чином: група відмов обладнання, на другому місці - група технологічних відмов, на третьому – група відмов авто-

матизації, на четвертому – група відмов енергогосподарства. Експертами було відзначено, що найбільша кількість поломок протягом сезону відбувається в сокоочистному відділенні, а найменша – в випарному. За думкою експертів основні поломки, що характерні для СА припадають на виконавчі механізми (ВМ) – 50%, друге місце за частотою відмов посідають датчики – 20%, живлення – 14%, мікропроцесорні контролери (МПК) – 10%, лінії зв'язку - 5%, не виявлені (скриті) дефекти – 1% (рис. 2).

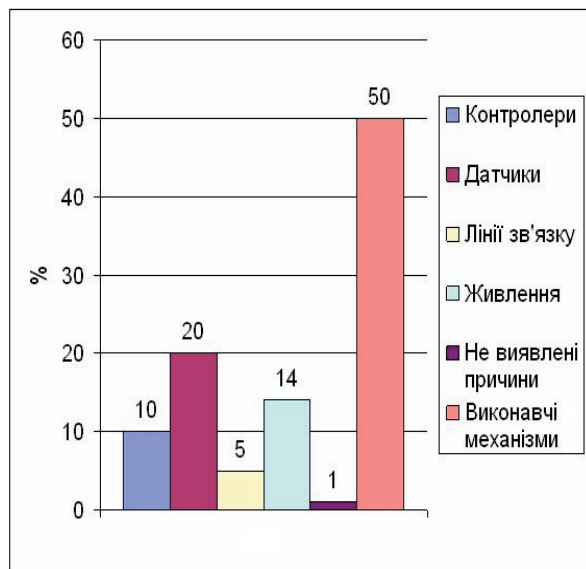


Рис. 2. Діаграма відмов, характерних для систем автоматизації

Таким чином виявлено ділянки ТК цукрового заводу, які характеризуються більш високою частотою поломок, що було основою для впровадження методів діагностики і прогнозування з метою попередження переходу роботи ТК в нештатний режим роботи, виникнення простоїв і для покращення координації роботи заводу.

Діагностику проводять не лише для виявлення відхилень контрольованих змінних від заданих значень, а і для вироблення коригуючих керуючих дій, які направлені на усунення причин появи відхилень [2]. Для СА, які використовуються на цукрових заводах, коригуючими впливами можуть виступати: зміна завдання регуляторам, зміна налаштувань регуляторів, зміна закону регулювання або зміна структури системи.

Для формування коригуючих дій важливе значення має:

- виявлення джерел зміни показників якості контрольованих змінних, для АТК ця процедура проводиться на основі даних, які отримують з СА і даних лабораторії;
- глибина проведення діагностики та точність виявлення джерела зміни показників;
- можливість отримання достовірної вчасної інформації про контрольовані змінні, оскільки існує ряд показників, значення яких необхідно розраховувати за певними методиками;
- врахування погрішності розрахунків і вимірювань;

– врахування даних, які поступають несвоєчасно (наприклад, через інерційність каналу керування і вимірювання) і нічого не варті для виконання корекції.

Для проведення системного аналізу систем автоматизації вперше було застосовано відомий в технічній літературі підхід використання прографів (процесно-ресурсно-об'єктний граф) для організаційно-економічних систем [3], який дозволяє розглядати ТК як організаційно-технічну (технологічну) систему. Було використано сценарно-цільовий підхід для досліджуваного комплексу, особливістю якого є формування і врахування: ресурсів; критеріїв; цілей; об'єктів; процесів або операцій; переходів; подій. Для ТК цукрового заводу показано фрагмент розв'язання системної задачі сценарно-ситуаційного аналізу процесу функціонування випарного відділення з урахуванням результатів прогнозування.

На першому етапі проведення системного аналізу розроблено цільовий сценарій у вигляді графів операцій і цілей [4].

На другому етапі проведення системного аналізу базовий програф отримано з цільового сценарію на основі правила заміни кожного переходу t набором позицій $P^* \subseteq P$.

Для побудови графа операцій ТК складаються таблиця цілей і операцій. В табл. 1 наведені цілі c_i для випарного відділення.

Таблиця 1

Цілі випарного відділення

Позначення	Зміст цілі
c_1	Сформувати найкращий (оптимальний) технологічний регламент
$c_2 - c_{56}$	Підтримувати необхідні значення технологічних змінних по корпусам ВУ
c_{63}	Створити новий покращений технологічний регламент (виробити рекомендації по покращенню вже існуючого технологічного регламенту) на основі обробки O_{37}, O_{40}, O_{41}

Кожна з цілей, операцій, об'єктів, ресурсів, наведених відповідно в таблицях 1-4 деталізується при необхідності до потрібного виду.

Досягнення цілей відбувається при виконанні в певній послідовності (паралельній або послідовній) операцій. В табл. 2 наведено операції і їх опис для випарного відділення.

Таблиця 2

Операції підсистеми ТК випарного відділення

Позначення	Зміст операції
f_1	Визначення технологічного регламенту
f_2	Процес згущення соку в I корпусі випарної установки
f_3	Прогнозування проходження технологічного процесу випарювання
f_{16}	Вироблення нового покращеного технологічного регламенту або рекомендацій по покращенню вже існуючого технологічного регламенту (з використанням ЕО при необхідності) на основі обробки O_{37}, O_{40}, O_{41}

Базовий програф системи визначається набором:

$$V = \langle F, T, O, R, P, S, \Theta, \gamma, \delta, \epsilon, \pi \rangle, \tag{5}$$

де для ТК випарного відділення:

$F = \{f_1, \dots, f_{16}\}$ – множина операцій (подій); $C = \{c_1, \dots, c_{63}\}$ – множина цілей; $T = \{t_1, \dots, t_{46}\}$ – множина переходів; $\alpha : T \times F \cup F \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інцидентів «операції – переходи»; $\beta : F \rightarrow 2^C$ – функція розподілу цілей (2^C – множина всіх підмножин C); $O = \{o_1, \dots, o_{25}\}$ – множина об'єктів; $R = \{r_1, \dots, r_{16}\}$ – множина ресурсів; $P = \{p_1, \dots, p_{46}\}$ – множина місць (позицій) зберігання об'єктів; $S \subseteq O \times T$ – множина подій; $\Theta = \{0, 1, \dots, h\}$ – часова шкала; $\gamma : P \times F \cup F \times P \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інцидентів «операції – позиції»; $\delta : R \times F \cup F \times R \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інцидентів «операції – ресурси»; $\epsilon : P \rightarrow 0$ – функція розміщення об'єктів за позиціями; $\pi : S \rightarrow 2^\Theta$ – функція часових міток позицій (2^Θ – множина всіх підмножин Θ).

Базовий програф для випарного відділення зображено на рис. 3, а об'єкти, ресурси і події наведено в фрагментах табл. 3, табл. 4, табл. 5 відповідно.

Таблиця 4

Ресурси випарного відділення	
Позначення	Зміст ресурсів
r_1	БД та БЗ можливих технологічних регламентів
r_2	Якісні показники соку після процесу сокоочистки
$r_7, r_{11} - r_{16}$	Фінансові затрати на проведення операцій $f_7, f_{11} - f_{16}$ відповідно, грн.

Таблиця 5

Події випарного відділення	
Позначення	Зміст подій
s_1	Передати o_1 від f_1 до f_2 в момент часу τ_1
s_5	Вилучити o_3 з f_2 в момент часу τ_5
$s_2 - s_4, s_6 - s_{46}$	Описуються аналогічно

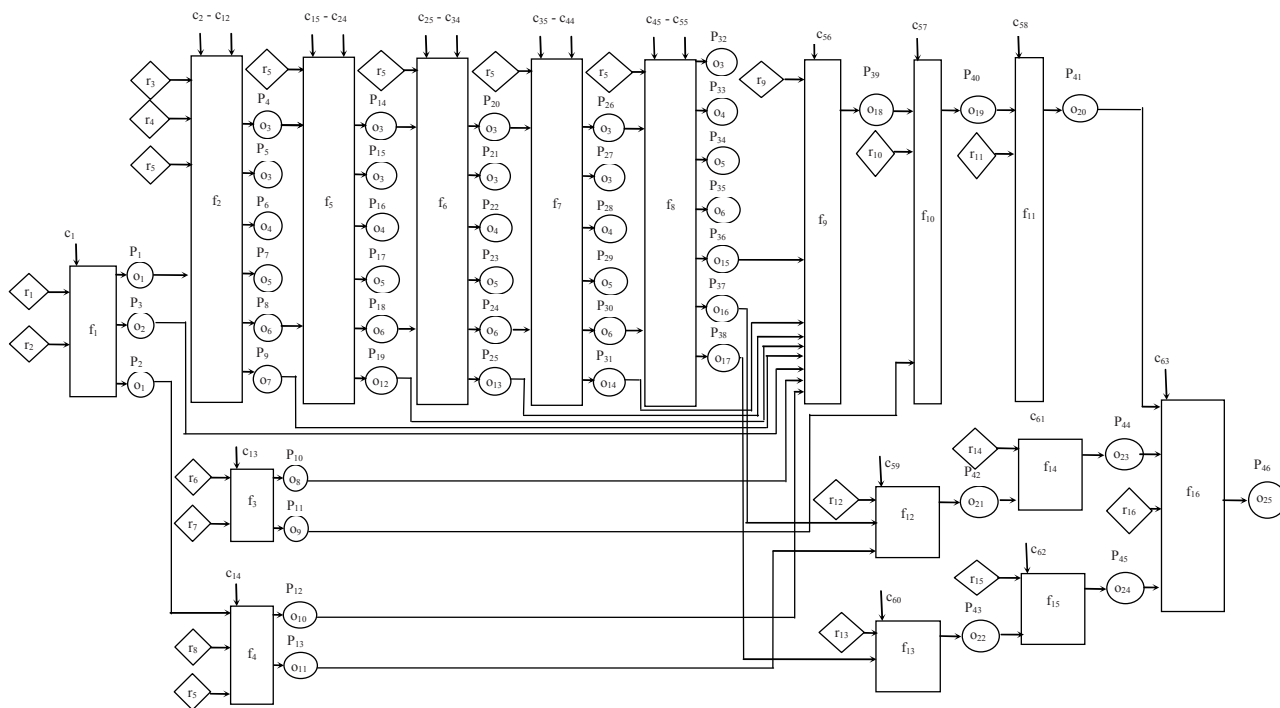


Рис. 3. Базовий програф процесу випарювання

Таблиця 3

Таблиця об'єктів випарного відділення

Позначення	Зміст об'єктів
o_1	Технологічний регламент
$o_7, o_{12} - o_{15}$	Затрати на випарювання в I, II-V корпусах ВУ відповідно, грн.
o_{25}	Новий технологічний регламент; рекомендації по корегуванню технологічного регламенту

На третьому етапі проведення системного аналізу виведено табличний програф, шляхом заміни вершин (об'єктів і ресурсів) базового прографа таблицями, а також вводяться правила виконання операцій. Табличний програф – є основою для імітаційного моделювання і в даній статті не наводиться.

Завжди існує безліч можливих варіантів рішень, які приймаються для досягнення найкращої кінцевої мети. Для отримання оптимального набору рішень користуємося ситуаційним аналізом, який дозволяє розробити сценарій розвитку подій, провести його аналіз, а також розглянути альтернативи на основі по-

будови діаграми ситуацій, на якій вершинами виступають ситуації S_i , які характеризують стан системи, дугами – альтернативні рішення A_k по досягненню поставлених цілей C_j (позначаються стрілками підведеними до верхньої сторони вершини)

Діаграма ситуацій для ТК цукрового заводу представлена на рис. 4, де ситуаційні цілі C_j - в табл. 6, ситуації S_i описані в фрагменті табл. 7, альтернативні рішення A_k - в табл. 8.

З рішень A_1, \dots, A_3 по вибору шляхів підвищення ефективності роботи ТК цукрового заводу не приводить до банкрутства лише A_3 , інші варіанти відкидаємо. В ситуації S_3 (при виборі способів зменшення затрат, пов'язаних з відмовами) були запропоновані варіанти рішень S_4, S_5 , але S_4 було відкинуто через нестабільність роботи ТК і погану координацію між суміжними ТК.

Таблиця 6

Таблиця ситуаційних цілей

Позначення ситуаційної цілі	Опис ситуаційної цілі
C_1	Обрати стратегії по підвищенню ефективності роботи цукрового заводу.
C_2	Зменшити затрати, пов'язані з відмовами.
C_3	Зменшити кількість поломок і відмов.
C_4	Зменшити відхилення від штатного технологічного регламенту.

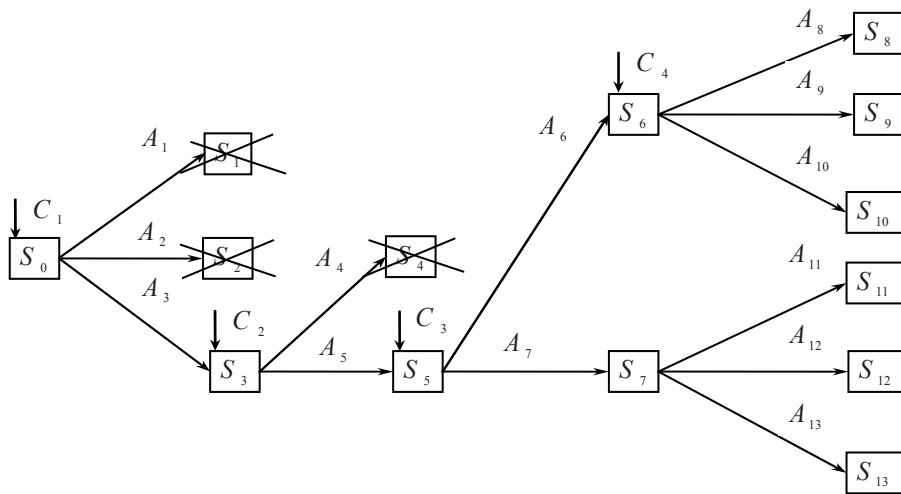


Рис. 4. Діаграма ситуацій для ТК цукрового заводу

Таблиця 7

Фрагмент таблиці ситуацій

Позначення ситуації	Опис ситуації
S_0	Виробництво не приносить максимального прибутку, збільшуються витрати цукрових буряків, газу, палива, води, електроенергії, вапна, допоміжних матеріалів, збільшуються втрати цукру на різних стадіях виробництва, збільшуються втрати цукру в жомі, мелясі, збільшується час виробництва.

$S_2 - S_{13}$ - описуються аналогічно.

Таблиця 8

Можливі рішення по виробничому процесу

Позначення рішення	Опис рішення
A_1	Екстенсивний розвиток підприємства і збереження тенденцій, які склалися – все йде «як є».
A_2	Відрізняється від A_1 нерегулярними фінансовими «вливаннями»; проведенням попереджувальних робіт з метою не допуску простоїв, не допущення поломок.
A_3	Проведення грамотної політики по керуванню ТК цукрового заводу з використанням методів і алгоритмів діагностики і прогнозування.
A_{13}	Рациональне використання ресурсів підприємства та зменшення кількості відмов і поломок групи відмов енергогосподарства.

$A_4 - A_{12}$ деталізуються при необхідності до потрібного виду.

За методикою, описаною в [5], обирається оптимальний набір рішень $B_6 = (A_3, A_5, A_7, A_{13})$.

Результати та висновки

Прийняття рішень в результаті застосування даної методики дозволяє визначити виробничу ситуацію, яка може виникнути. Реакцією на це можуть бути підказки оператора для підтримання оптимального технологічного процесу, наприклад, рішення пов'язані безпосередньо з регулюванням систем автоматизації, а саме зміна значень настройок регулятора, зміна закону регулювання або зміна завдання регулятора.

Основою для проведення прогнозування техніко-економічних показників (1-4) є відхилення технологічних змінних від допустимих меж, які призводять до погіршення ефективності роботи заводу. З метою своєчасного виявлення відхилень і впровадження коригуючих керуючих впливів, направлених на їх ліквідацію або зменшення, пропонується використовувати карти Шухарта, які забезпечують візуальне спостереження виміральної змінної і виявлення невідповідностей сировини номінальним значенням, зсув шкали датчика та ін. При багатопараметричному процесі існує декілька якісних показників, значення яких контролюють і слідкують, щоб вони відповідали одному закону розподілу. Контрольні карти можуть

використовуватись для різних оцінок діагностування складних систем, в тому числі тоді, коли моделі ТП чи об'єктів невідомі або є наближеними. При побудові карт Шухарта статистичні дані відповідали нормального закону розподілу, забезпечували ергодичність і було враховано необхідність того, що час нанесення точки на контрольну карту, аналіз і визначення стану об'єкта на його основі значно менший, ніж час, за який система може суттєво змінитися під дією небажаних впливів. Аналіз карт проводився на основі [6,7]. Результати наведені в дисертаційній роботі.

Отже, на основі проведеного системного аналізу ТК цукрового заводу, показників його функціонування, а також координат стану системи, отриманих в результаті дослідження адаптованої математичної

моделі, сформульовано задачу оперативної оцінки ефективності функціонування підсистем ТК цукрового заводу, що полягає в необхідності проведення діагностичних і прогностичних заходів для визначення виробничої ситуації і вибору оптимального набору рішень, яка розв'язувалась за допомогою сценарно-цільового підходу, було побудовано графіки відділень із зазначенням прогностичних і діагностичних операцій і сценарії розвитку роботи ТК цукрового заводу в цілому. Дослідження статистичних даних за допомогою карт Шухарта є основою для прогнозування техніко-економічних показників роботи заводу і дозволяє вчасно ввести коригуючі керуючі дії. Функціональна структура СА доповнюється необхідними алгоритмами та програмами.

Література

1. Власенко Л.О. Використання алгоритмів діагностики і прогнозування в системах автоматизації технологічних комплексів (ТК) / Л.О Власенко // Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами: Прогр. і матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 листоп. 2009 р. – К.: НУХТ, 2009. – с. 51.
2. Власенко Л.О. Формування коригуючі впливів в технологічних комплексах (ТК) за результатами діагностики процесу функціонування / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Доклади XVI міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2009». – Чернівці, 2009. - С.122-123.
3. Юдицкий С.А. Сценарно-целевой подход к системному анализу / С.А. Юдицкий // Автоматика и телемеханика. - 2001. - №4. – С. 163-175.
4. Ладанюк А.П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації / Ладанюк А.П., Власенко Л.О., Заєць Н.А. // АВП – 2006. - №2. – С. 44-47.
5. Юдицкий С.А. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем/ С.А. Юдицкий - М.: Синтег, 2001. - 108 с.
6. Статистический контроль. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT): ДСТУ ISO 8258-2001. / М.. Шаранов (пер.і наук.-техн.ред.). - Офіц. вид. - К. : Держспоживстандарт України, 2003. - V, 32 с.
7. Обеспечение Стабильности технологических процессов в системах качества по моделям стандартов ИСО серии 9000. Контрольные карты Шухарта. ГОССТАНДАРТ РОССИИ Р 50.1.018-98 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/541618>.