

Національний університет
харчових технологій

На правах рукопису

УДК 681.518.5:303.732.4

Власенко Лідія Олександрівна

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПІДСИСТЕМАМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДІА-
ГНОСТИКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ

05.13.07 Автоматизація процесів керування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Ладанюк Анатолій Петрович,
 Національний університет харчових технологій,
 завідувач кафедрою автоматизації та
 комп'ютерно-інтегрованих технологій,
 заслужений діяч науки і техніки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жученко Анатолій Іванович,
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут»,
 завідувач кафедри автоматизації хімічних виробництв

доктор технічних наук, професор
Казак Василь Миколайович,
 Національний авіаційний університет,
 завідувач кафедри автоматизації та
 енергоменеджменту

Захист відбудеться “ 17 ” листопада 2010 року о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м.Київ-33, вул. Володимирська, 68, ауд. A-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м.Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ ” _____ 2010 року.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,

кандидат

технічних

наук,

доцент

В.М.Філоненко

Актуальність теми. Підвищення ефективності функціонування технологічного комплексу (ТК) безпосередньо пов'язано з оперативними оцінками стану об'єкта, виробничих ситуацій та прогнозування їх розвитку.

При автоматизації технологічних комплексів виникає ряд специфічних задач, які досліджувались та опубліковані в роботах: московських вчених (наукові школи академіка Кафарова В.В. та Інституту хімічного машинобудування, професори: Балакірєв В.С., Володін В.М., Цірлін А.М.), а для умов харчової промисловості: Ладанюка А.П., Трегуба В.Г., Перепечаєнка В.Г., Кишенька В.Д., Луцької Н.М., Іващука В.В. та ін. В той же час не розглядались проблеми, пов'язані з діагностикою та прогнозуванням роботи технологічних процесів (ТП) і ТК та систем автоматизації.

Актуальним стає необхідність вчасного введення коригуючих дій, направлених на усунення відхилень, які виникають при роботі технологічного комплексу, з виявленням їх на ранніх стадіях та передбаченням можливого розвитку подій, що призводить до підвищення оперативності роботи системи, а також ефективності її функціонування. Отже необхідно використати нові підходи при управлінні підсистемами технологічних комплексів на основі використання методів та алгоритмів діагностики та прогнозування, тема дослідження актуальна.

В даній роботі **об'єктом досліджень** є ТК (підсистеми дифузійної, сокоочистної та випарної установок) цукрового виробництва, оскільки їх якісне регулювання веде до покращення якості готової продукції, зменшення простоїв, додаткових і неврахованих втрат, енергетичних витрат всього виробництва в цілому. **Предметом досліджень** є система автоматизації (СА) з алгоритмами і методами діагностики і прогнозування.

Існуючі схеми регулювання вказаних підсистем не задовольняють необхідній якості регулювання і не дозволяють вчасно ввести коригуючі впливи на ранніх стадіях появи відхилень, доцільно використовувати методи та алгоритми діагностики і прогнозування.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування ТК цукрового заводу за рахунок удосконалення систем автоматизації шляхом використання алгоритмів діагностики і прогнозування.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати задачі:

- системно-технічний аналіз ТК та показників його функціонування;
- вибір та обґрунтування методів аналізу, алгоритмів діагностики та прогнозування роботи ТК;
- розробка та адаптація математичних моделей для оцінки стану об'єкта;
- розробка алгоритмів та способів оцінки показників діагностики та прогнозування;
- розробка структури системи керування ТК та його підсистемами з розв'язання задач діагностики та прогнозування;
- комп'ютерне моделювання та експериментальна перевірка одержаних результатів.

Наукова новизна. При вирішенні поставлених задач одержані нові наукові результати:

- вперше показано, що для оцінки функціонування ТК, прийняття рішень, для узгодження управління його підсистемами доцільно використовувати апарат процесно-ресурсно-об'єктних графів (прографів) в класі організаційно-технологічних систем;
- вперше розроблено комплекс оцінки ситуацій та оцінки рішень на основі сценарного підходу з використанням прографів;
- розроблено, адаптовано та удосконалено математичні моделі, зокрема, для оцінки стану об'єкта;
- удосконалені для умов функціонування ТК цукрового заводу алгоритми діагностики з урахуванням систем автоматизації на основі комплексного підходу до аналізу технологічних показників, оцінки енергоресурсів та стану обладнання;
- запропонована структура автоматизованої системи керування з елементами штучного інтелекту на основі обробки експертної інформації.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень розроблена система автоматичного управління технологічним комплексом цукрового виробництва. На основі алгоритмів діагностики і прогнозування розроблено програмне забезпечення мікропроцесорної автоматизованої системи управління технологічним комплексом.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного університету харчових технологій кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та передані для впровадження на цукровий завод, що підтверджено відповідними довідками.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях Національного університету харчових технологій в 2005-2010рр.; Міжнародних конференціях з автоматичного управління "Автоматика-2004" (м.Київ, 2004), "Автоматика-2006" (м.Вінниця, 2006), "Автоматика-2007" (м. Севастополь, 2007) "Автоматика-2008" (м. Одеса, 2008), "Автоматика-2009" (м.Чернівці, 2009); IX Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи» (м.Київ, 2005), IX Міжнародній конференції "Контроль і управління в складних системах" (м.Вінниця, 2008р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними комплексами» (Київ, 2009).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 19 друкованих праць, в яких викладено основний зміст виконаних досліджень, з них 5 статей в фахових виданнях, один деклараційний патент, тези доповідей на наукових конференціях.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку літератури з 143 найменувань і 8 додатків. Повний обсяг дисертації 234 стор., з яких зміст викладено на 154 стор. друкованого тексту, містить 51 рисунків, 26 таблиць та 8 додатків.

Основні положення, що виносяться на захист: результати досліджень

властивостей підсистем ТК цукрового заводу (дифузійного, сокоочистного та випарного відділень) та процесів їх функціонування; сценарно-цільовий підхід на основі проєктів; математичні моделі підсистем; методи і алгоритми діагностики і прогнозування для вказаних підсистем; технічне та програмне забезпечення для реалізації прогнозування; сценарії розвитку ситуацій для ТК цукрового заводу.

Особистий внесок у розробку наукових результатів. Особисто автором розроблені положення, викладені в розділі автореферату "Основні положення, що виносяться на захист". В публікаціях у співавторстві особистий внесок автора полягає в наступному: в [1,6] використано структурний і сценарний підхід до моделювання бізнес-процесів, в [2,4,12,13] проведено системний аналіз змінних ТК, в [5] розроблено структуру підсистеми підтримки прийняття рішень з використанням експертних оцінок (ПППР з ЕО), в [8,16,17] розроблена структура підсистеми підтримки прийняття рішень для керування технологічними комплексами, [15] проведено аналіз існуючих методів оцінювання достовірності ЕО при розробці PPPP з ЕО, розроблено цільові сценарії і базові проєкти для дифузійного відділення [4,14] і випарного відділення [3] ТК цукрового заводу; в [18] виділені групи джерел дефектів і сформовано комплекс показників, які дають можливість отримати оцінки працездатності ТК цукрового заводу, в [11] запропоновано структуру ТК з інтелектуальною підсистемою діагностики (ІПД), а також на їх основі в [9, 12] розроблено алгоритм функціонування ІПД і підсистеми прогнозування [19, 7, 10], в [3] запропоновано сценарій розвитку ситуацій для ТК цукрового заводу.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Показана актуальність роботи з точки зору важливості використання методів та алгоритмів діагностики та прогнозування для ТК цукрової промисловості з урахуванням розвитку інформаційних технологій та переходу на мікропроцесорну техніку. Сформульована мета та задачі дослідження. Визначені наукова новизна та практичне значення одержаних результатів. Вказано на апробацію результатів дисертації та кількість публікацій.

Перший розділ «Загальна характеристика технологічного комплексу та аналіз проблеми управління ним. Постановка задачі дослідження» присвячений аналізу особливостей підсистем ТК цукрового виробництва а також управління ними, аналізу існуючих розробок з використанням методів діагностики та прогнозування та постановці задачі досліджень.

Проведений аналіз робіт показав, що традиційні СА не включають підсистеми діагностики та прогнозування розвитку ситуацій, а також, що необхідність прогнозування і діагностування основних техніко-економічних показників роботи ТК виникає при відхиленні фактичних значень основних вхідних і вихідних величин від їх прогностичних значень і є основою для проведення перерахунку параметрів роботи заводу з урахуванням допустимого діапазону зміни, в межах якого, вони не суттєво впливають на економічні показники роботи ТК цукрового заводу. Вихід будь-якого параметру за задані межі свідчить про не-

обхідність проведення розрахунку параметрів роботи заводу, а також можливість введення коригуючих дій.

В результаті аналізу дифузійного, дефекосатураційного і випарного відділень цукрового заводу можна зробити висновок, що вони характеризуються складністю структурною, функціональною, технологічною, конструктивною і інформаційною, залежністю від багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів, тому для стабільної роботи, а також підвищення ефективності їх роботи, потрібно застосовувати нові підходи до процесу управління, а також активно використовувати методи діагностики і прогнозування, які потребують одночасної оцінки (вимірювання) сотень технологічних змінних, різних за своєю природою. Проведено аналіз ТК цукрового заводу і виділено основні технологічні змінні, які впливають на ефективність його роботи і якість кінцевої продукції.

Визначені науково-технічні основи роботи та основні напрямки досліджень.

У другому розділі «Теоретичні основи розробки системи управління технологічним комплексом цукрового заводу з використанням алгоритмів діагностики та прогнозування» сформульовано комплекс задач моніторингу, контролю і діагностики, які зводяться до оцінювання даних щодо процесу і відображення їх у відповідній формі, а також оцінюється стан об'єкта та додатково задається цільова траєкторія в просторі станів. В процесі функціонування об'єкт відтворює фактичну траєкторію та визначається норма $\|T_{\text{зад}} - T_{\text{факт}}\|$ в n -вимірному просторі. У просторі станів задається сукупність областей C , фактична траєкторія системи в якій відсутня, тобто C описується набором несприятливих ситуацій. Ціллю діагностики є визначення технічного стану об'єкта, виявлення і при необхідності вказівка місця і причини виникнення неполадки, а також не потрапляння вектору стану в указану область. На основі оцінки стану об'єкта визначається в якому режимі знаходиться система – штатному, нештатному, передаварійному, аварійному. Кінцевою ціллю діагностики є корекція, тобто усунення виявлених дефектів або нейтралізація їх наслідків.

Для перебування системи в робочому стані необхідно забезпечити відповідність таким умовам:

$$\eta_i^- < \eta_i \leq \eta_i^+, W_i^- < W_i \leq W_i^+, T_{O_i} \leq T_{O_i}^{\text{доп}} \quad (1)$$

де η_i - ступінь ризику, тобто ймовірність появи небажаних наслідків дії будь-яких факторів ризику в момент часу $T_i \in T^\pm$ в процесі функціонування системи; W_i - рівень ризику, тобто величина шкоди небажаних наслідків будь-яких факторів ризику в момент часу $T_i \in T^\pm$; T_o - ресурс допустимого ризику, тобто тривалість періоду функціонування системи в певному режимі, на протязі якого ступінь та рівень ризику в результаті дії факторів ризику не перевищать апріорно заданих допустимих значень.

На ряді цукрових заводів (Андрушівський, Саливонківський) проведено дослідження та аналіз ситуацій, які показують, що на протязі виробничого се-

зону можливі різні сполучення діючих чинників, що вимагає оперативного прийняття рішень.

Однією з головних причин неефективної роботи цукрового заводу, та як наслідок, зменшення продуктивності роботи заводу, збільшення втрат цукру, зменшення виходу цукру, збільшення витрат допоміжних матеріалів – є поломки різних типів, які відбуваються протягом сезону на цукрових заводах. Умовно було виділено чотири групи неполадок і несправностей, які виникають під час роботи:

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

В результаті обробки думок експертів були виділені поломки, найбільш характерні для кожної групи поломок, а також оцінена частота їх появ. Експертами було визначено, що найбільша частота відмов на початку сезону, а в подальшому завод входить в ритмічну роботу і до кінця сезону працює за відсутності серйозних поломок; найбільше поломок відбувається в групі відмов обладнання, на другому місці - група технологічних відмов, на третьому – група відмов автоматизації, на четвертому – група відмов енергогосподарства; найбільше поломок протягом сезону відбувається в ТК сокоочистного відділення, а найменша – в ТК випарного відділення. При оцінці діагностики надійності складових систем автоматизації експертами виявлено, що основні поломки приходяться на виконавчі механізми – 50%, друге місце за частотою відмов посідають датчики – 20%, живлення – 14%, мікропроцесорні контролери – 10%, лінії зв'язку - 5%, не виявлені (скриті) дефекти – 1%.

Для розв'язання задач діагностики і прогнозування розроблено і адаптовано математичну модель ВУ, яка приведена до вигляду в координатах стану, де координатами стану x є зокрема рівні, вміст сухих речовин, температура киплячого соку і температура пари по корпусам ВУ; виходом вектору y - рівні і температура киплячого соку по корпусам ВУ, вміст сухих речовин в V корпусі ВУ; A, B, C – матриці відповідних розмірностей.

В даній роботі вперше для систем автоматизації цукрового заводу застосовується відомий в технічній літературі підхід використання прографів для організаційно-економічних систем, який дозволяє розглядати ТК як організаційно-технічну (технологічну) систему. А також вперше показано, що для дослідження складного технологічного об'єкта можна використати сценарно-цільовий підхід системного аналізу. Особливостями використання сценарно-цільового підходу для досліджуваного комплексу є формування і врахування: ресурсів;

критеріїв; цілей; об'єктів; процесів або операцій; переходів; подій. Системний аналіз проведено на трьох рівнях. На першому рівні складено цільовий сценарій у вигляді графів операцій і цілей, на другому – сформовано і досліджена структурна реалізація сценарію у формі прографа, на третьому – компоненти прографа - об'єкти і ресурси представлено таблицями – побудовано табличний програф, який є основою для імітаційного моделювання. Програф - це – процесно-ресурсно-об'єктний граф, який формується на двох підрівнях – базовому та табличному. Метою цільового сценарію є визначення способу досягнення поставлених перед системою цілей.

Наприклад, цільовий сценарій роботи випарного відділення визначається набором:

$$A = \langle F, C, T, \alpha, \beta \rangle, \quad (2)$$

де $F = \{f_1, \dots, f_{16}\}$ – 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 інциденцій «операції – переходи»; $\beta : F \rightarrow 2^C$ – функція розподілу цілей (2^C – множина всіх підмножин C).

Використовуючи граф операцій, виведено базовий програф. Базовий програф випарного відділення визначається набором:

$$B = \langle F, T, O, R, P, S, \Theta, \gamma, \delta, \varepsilon, \pi \rangle, \quad (3)$$

де: F, T – множина операцій і переходів визначена раніше; $O = \{o_1, \dots, o_{25}\}$ – множина об'єктів; $R = \{r_1, \dots, r_{16}\}$ – множина ресурсів; $P = \{p_1, \dots, p_{46}\}$ – множина місць (позицій) зберігання об'єктів; $S \subseteq 0 \times T$ – множина подій; $\Theta = \{0, 1, \dots, h\}$ – часова шкала; $\gamma : P \times F \cup F \times P \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інциденцій «операції – позиції»; $\delta : R \times F \cup F \times R \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інциденцій «операції – ресурси»; $\varepsilon : P \rightarrow 0$ – функція розміщення об'єктів за позиціями; $\pi : S \rightarrow 2^\Theta$ – функція часових міток позицій (2^Θ – множина всіх підмножин Θ) (Рис. 1).

Об'єкти і ресурси на табличному прографі представлені у вигляді таблиць. Виділено фактичні і прогнозні операції. При виконанні фактичної операції задані умова запуску, час виконання, умова закінчення, алгоритм корекції заповнення вхідних і вихідних таблиць, а при виконанні прогнозної операції відбувається динамічна оцінка параметрів системи на прогнозному інтервалі (чітко заданому) з обов'язковим часовим початком відліку.

Так, для випарного відділення цілями є формування технологічного регламенту, стабілізація технологічних змінних визначення продуктивності І корпусу ВУ, тощо; операціями виступають технологічні операції, прогнозні оцінки згущення соку; об'єктами є основні затрати, в тому числі прогнозна інформація про затрати; ресурси – бази даних і бази знань технологічних регламентів, матеріальні, технічні та фінансові потоки, а подіями є виконання операцій у вигляді передачі об'єктів від однієї до іншої в указаний час. Повний перелік цілей, операцій, об'єктів, ресурсів та подій вказаний в дисертаційній роботі.

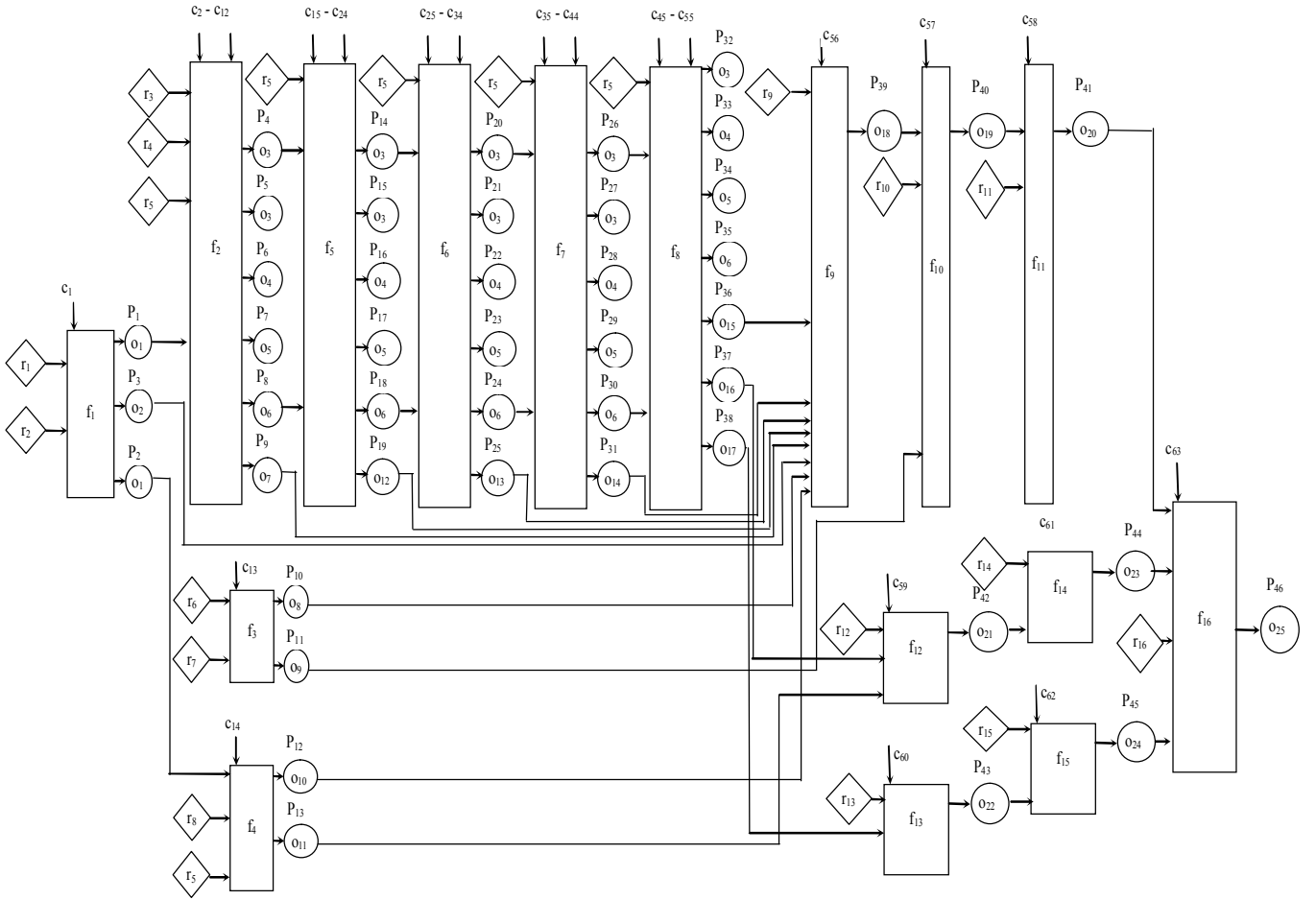


Рис. 1. Базовий програф процесу випарювання

Умовою запуску для виконання фактичних операцій є логічна функція, яка визначається у вхідних і вихідних таблицях операції:

- Умова, яка визначається у j -му стовпчику i -ої таблиці записується так:

$$F_{ij} = (a_{i1} \# \alpha_{i1}) \wedge \dots \wedge (a_{in} \# \alpha_{in}), \quad (4)$$

де $a_{i1}, \dots, a_{in}$ - атрибути таблиці, $\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{in}$ - числові константи або рядки символів, $\# \in \{=, >, \geq, <, \leq\}$ - знак порівняння, $\wedge$ - знак кон'юнкції.

- Умова перевірки на i -тій таблиці має вигляд:

$$\Phi_i = F_{i1} \wedge \dots \wedge F_{im}, \quad (5)$$

- Умова перевірки на наборі таблиць записується:

$$\Psi_{\text{запуску}} = \Phi_{i1} \wedge \dots \wedge \Phi_{ik}, \quad (6)$$

- Умова закінчення операції відповідає або закінченню часу Δ , або виконанню умови $\Psi_{\text{закінчення}}$, яка подібна до $\Psi_{\text{запуску}}$.

Алгоритм корекції заповнення таблиць виражається правилами:

$$\text{ЯКЩО } \langle \text{виконання умови} \rangle \text{ ТО } \langle \text{виконання дій} \rangle \quad (7)$$

Умова виконання дій подібна умові виконання операцій.

Прогнозна операція для випарного відділення дозволяє оцінити динаміку прогностичних показників, які записуються в таблицю, на інтервалі прогнозу-

вання із зазначеним горизонтом прогнозування, який містить визначене число h часових одиниць (2-3 години). Відлік часу ведеться з початкового моменту $v_{\text{поч}}$.

Наведені прографи є основою для імітаційного моделювання процесів функціонування об'єктів, їхньої діагностики, прогнозування розвитку ситуацій та прийняття рішень. В явному вигляді на прикладі випарного відділення наочно показаний взаємозв'язок між цілями, операціями і т.д., а також системами автоматизації, що використовуються для синтезу та аналізу функціонування процесу автоматизації. Виконання фактичних операцій технологічних процесів відділень цукрового заводу і діагностування їх фактичного проходження дозволяють оперативно оцінювати стан системи і є основою для введення коригуючих дій, направлених на попередження виходу системи з нештатного режиму роботи, а прогностичні операції для відділень ТК дозволяють оцінити динаміку техніко-економічних показників на інтервалі прогнозування із зазначеним горизонтом прогнозування (2-3 години) і підвищити ефективність функціонування ТК.

Аналіз на основі сценарно-цільового підходу і прографи для дифузійного і сокоочистного відділень наведені в дисертаційній роботі.

В третьому розділі «Алгоритмічне та програмне забезпечення систем управління з використанням підсистем діагностики та прогнозування» розроблені алгоритми діагностики технологічних змінних і стану ТК, а також прогнозування техніко-економічних показників роботи цукрового заводу, таких як:

- 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 I сатурації, вміст цукру в фільтраційному осаді, відносна витрата очищеного соку та ін;
- для випарного відділення: вміст сухих речовин в суміші.

Очікувані техніко-економічні показники роботи заводу: сумарні втрати цукру, вихід білого цукру за зміну, собівартість цукру, прибуток заводу за зміну – є основою для отримання прогнозованих оцінок функціонування ТК.

Ціллю керування є максимізація виходу цукру, оперативного прибутку, або мінімізація сумарних втрат цукру на виробництві, що досягається введенням глобальних коригуючих дій, які характерні для цукрових заводів: зміна продуктивності заводу по буряку, зміна відкачки дифузійного соку, зміна витрати вапна на проведення сокоочистки і зміна витрати води на промивку фільтрпесного осаду.

При роботі цукрового заводу можуть виникати ситуації, які можуть мати різний розвиток і наслідки. Для прогнозування можливого розвитку подій, а також для прийняття найкращого рішення використано сценарний підхід. Розроблено сценарій роботи цукрового заводу (рис. 2):

З рішень $A_1, \dots, A_3$ по вибору шляхів підвищення ефективності роботи ТК цукрового заводу не приводить до погіршення показників лише A_3 , інші варіанти видаляємо. 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.

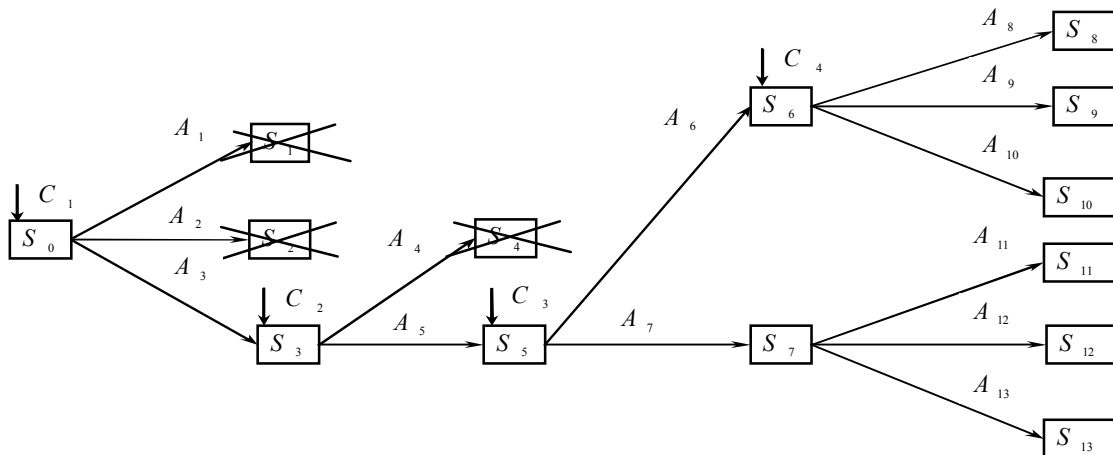


Рис. 2. Діаграма ситуацій для ТК цукрового заводу

Таблиця 1

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.

Таблиця 2

Фрагмент таблиці ситуацій

Позначення ситуації	Опис ситуації
S_0	Виробництво не приносить максимального прибутку, збільшуються різні види витрат. Ефективність роботи заводу знижується.
S_1	Вихід цукру не збільшується; затрати на виробництво підвищуються
S_2	Динаміка розвитку підприємства нагадує сценарій, що приводить до ситуації S_1 , «розтягнутий в часі» за рахунок разових мір. Підсумок аналогічний – ефективність роботи заводу знижується.
S_3	На підприємстві поряд з працюючою системою автоматизації вводяться різні заходи по діагностиці технологічного процесу,

Продовж. табл. 2

	проведення аналізу діагностичної інформації, що дозволить під-
--	--

	тримувати оптимальний регламент та ін. Проведення прогнозу можливого розвитку ситуацій викличе збільшення виходу цукру, зменшення фінансових витрат, збільшення ефективності роботи заводу.
--	---

$S_4 - S_{13}$ - описуються аналогічно.

Таблиця 3

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; по керуванню персоналом – проведення заходів по залученню достатньої кількості робітників потрібної кваліфікації; по керуванню фінансами – зменшення фінансових витрат, зменшення собівартості цукру.
A_5	Підвищення якості організації виробництва, удосконалення організації приймання, зберігання та переробки буряків. Аналіз проходження виробничого процесу на різних стадіях ТК, детальне дотримання інструкцій і технологічного регламенту, уважний аналіз викидів контролюємих технологічних змінних з подальшим прогнозом можливих поломок і відмов.
A_7	Впровадження нових та удосконалення існуючих ТП, нових систем автоматизації, нового більш продуктивного обладнання.
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.

Оптимальний набір рішень $V_6 = (A_3, A_5, A_7, A_{13})$. Запропонована методика прийняття рішень дозволяє на основі розрахунку індексу досяжності цілей, який характеризує ефективність функціонування ТК цукрового заводу, визначити виробничу ситуацію.

При керуванні технологічним процесом для своєчасного введення коригуючих дій доцільно застосовувати статистичний контроль на основі карт Шухарта і Хотеллінга. Коригуючою є така дія, яка допомагає повернути систему в шатний режим роботи. Для систем автоматизації, які використовуються на цукрових заводах коригуючі дії можуть класифікуватися, як глобальні і локальні.

До глобальних належать: зміна продуктивності заводу по буряку, зміна відкачки соку на виробництво, зміна витрати вапна на очистку соку, зміна витрати води на промивку фільтропресного осаду. До локальних належать: зміна настройок регулятора, зміна завдання регулятора, зміна закону регулювання.

В четвертому розділі «Розробка системи управління. Використання результатів досліджень» створено структурну схему, що відображає управління підсистемами ТК цукрового заводу (рис. 3).

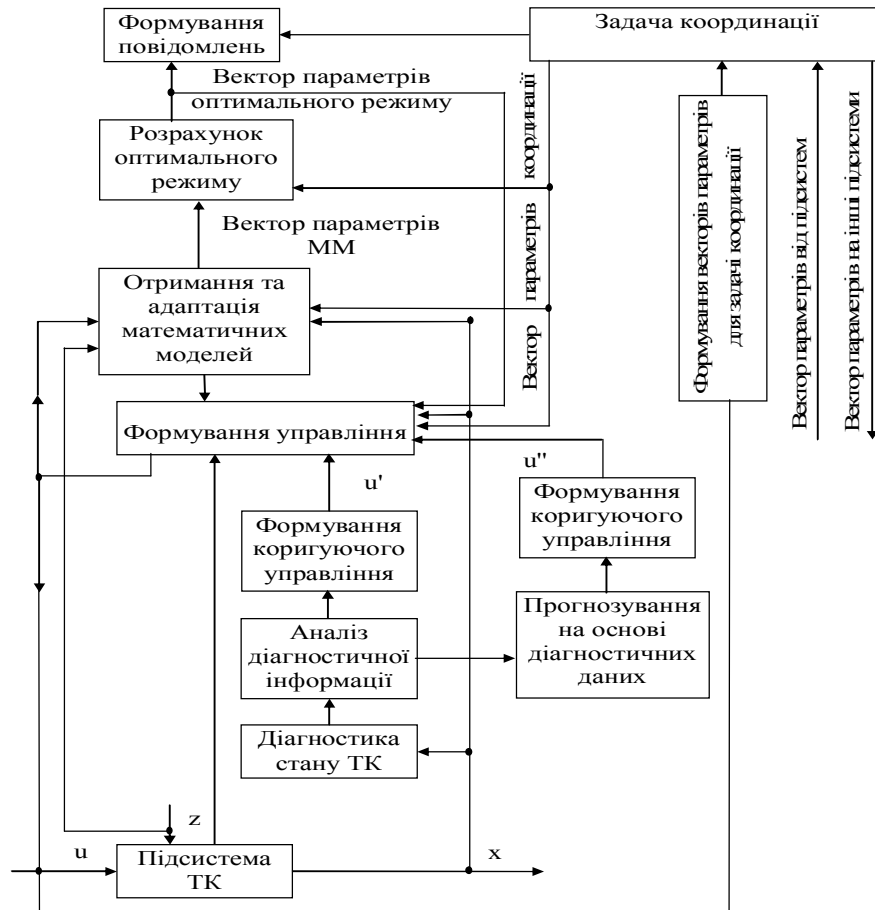


Рис. 3. Схема управління підсистемами ТК цукрового заводу

На рис. 3 наведена схема управління окремими підсистемами ТК, на якій, крім підсистем діагностики, реалізується також задача координації функціонування цих підсистем.

Статистичний контроль при керуванні технологічним процесом застосовується для своєчасного введення коригуючих дій. Найчастіше в багатопараметричному процесі існує декілька якісних показників, які необхідно контролювати і регулювати. Знаходження їх в заданих межах свідчить про правильний перебіг технологічного процесу, роботу ТК в штатному режимі, а також про знаходження процесу під контролем, тобто що протягом всього проходження процесу керована змінна буде відповідати одному закону розподілу. Для кожного якісного показника окремо доцільно використовувати контрольні карти Шухарта (Стандарт ДСТУ ISO 8258-2001 Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT)) – один з графічних засобів застосування статистичних методів, за допо-

могою яких можна встановити: статистично керований процес чи ні, а також причини можливої варіабельності, необхідність введення коригуючих впливів, не випадкові відхилення і, відповідно, дію на технологічний процес особливих причин.

Аналізуючи контрольні карти для вмісту сухих речовин в сиропі після ВУ (рис. 4) на R-карті з'являється викид за контрольні межі раніше ніж на X- карті при нормальному розподілі значень на X-карті, що є сигналом появи відхилення, а також необхідності введення коригуючих сигналів. На іншій карті (рис. 5) для вмісту сухих речовин в сиропі після ВУ викид за верхню контрольну межу з'являється в X-карті при нормальному розподілі значень на R-карті, що свідчить про необхідність введення коригуючих дій.

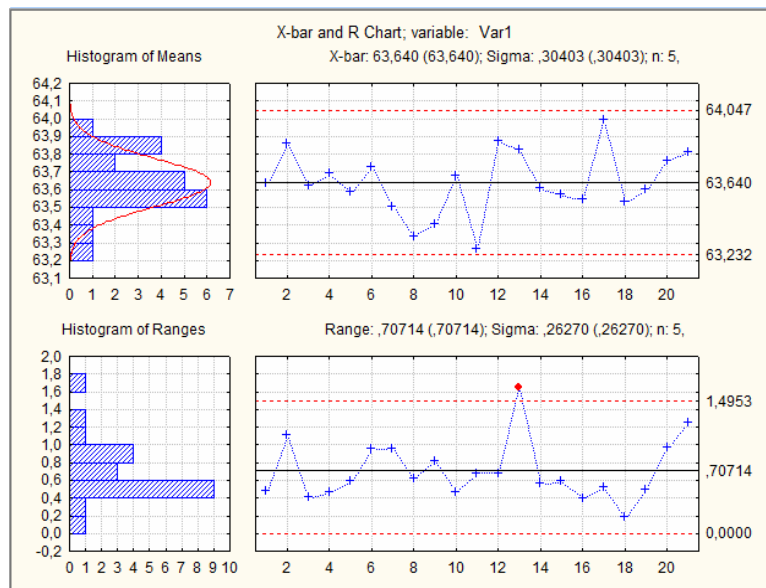


Рис. 4. Контрольні карти Шухарта для вмісту сухих речовин в сиропі після ВУ

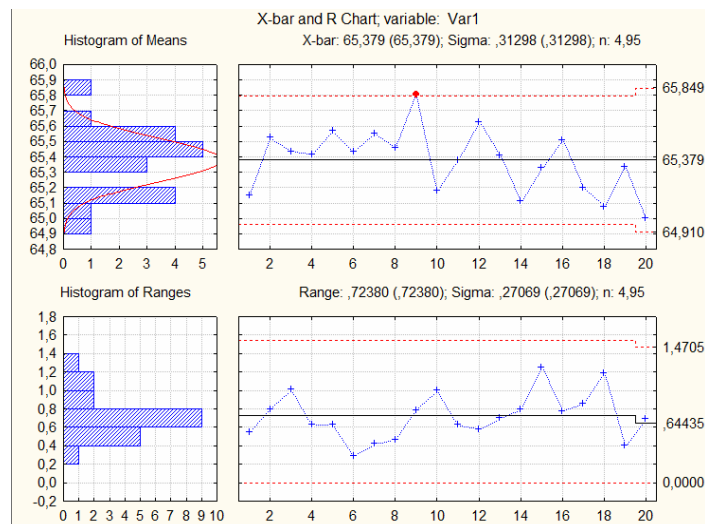


Рис. 5. Контрольні карти Шухарта для вмісту сухих речовин в сиропі після ВУ.

Для аналізу взаємозв'язаних змінних використано карти Хотеллінга на прикладі температур ретурної пари і соку в I корпусі ВУ. Аналізуючи карти Хотеллінга (рис. 6) робимо висновок про викиди для вибірок № 6, 23, 132, 139.

Оскільки дана контрольна карта об'єднує багатомірні характеристики якості на одній карті, то складно визнати, яка зі складових процесу розладалась. Крім того, якщо відхилення від норми присутнє лише у однієї з двох змінних, в той час як інша змінюється в допустимих межах відносно планових специфікацій, то загальне значення T_2 може і не вийти за контрольну межу карти.

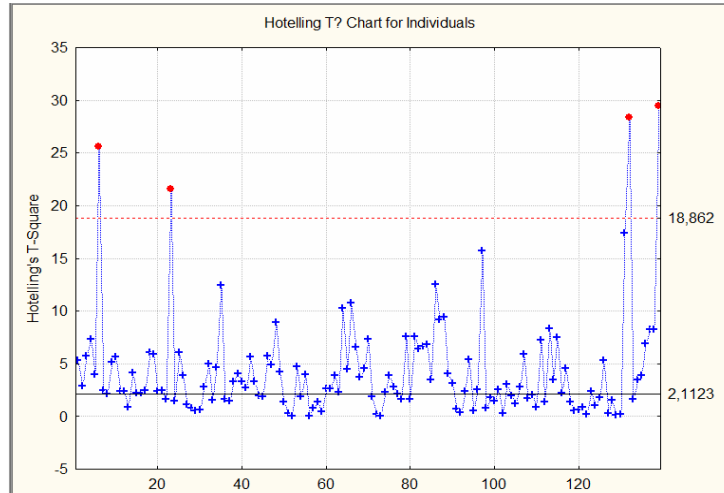


Рис. 6. Карти Хотеллінга для температур ретурної пари і соку в І корпусі ВУ

При оцінці контрольних карт Шухарта і Хотеллінга слід пам'ятати про існуючі ризики першого і другого роду. Ризик першого роду - α -ризик - «ризик помилкової тривоги» дорівнює ймовірності визнати процес розладженим, коли його не існує, а ризик другого роду - β -ризик – «ризик пропуску сигналу» дорівнює ймовірності прийняття рішення про правильно працюючий процес, в той час, як центр налагодження змістився.

Розроблено програмне забезпечення для прогнозування техніко-економічних показників, зазначених в третьому розділі.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

У дисертаційній роботі запропоновано нове рішення науково-технічної задачі підвищення ефективності функціонування технологічних комплексів цукрового заводу і зменшення витрат енергоносіїв за рахунок використання методів і алгоритмів діагностики і прогнозування для підсистем ТК (дифузійного, сокоочистного та випарного відділень). Застосування цих методів дає можливість вчасно виявити і/або попередити появу несправностей різних типів, чим суттєво підвищити точність підтримання технологічних режимів, що сприяє покращенню якості продукції та зменшенню витрат енергоносіїв та витрат основного продукту на проміжних стадіях.

1. На основі проведеного системо-технічного аналізу ТК цукрового заводу та показників його функціонування 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.
2. В результаті формування і аналізу комплексу показників ефективності фун-

кціонування та технологічних режимів підсистем ТК проведено системний аналіз на основі графових моделей, що є основою для використання сценарно-цільового підходу.

3. Вперше показано, що для дослідження складного технологічного об'єкта можна використати сценарно-цільовий підхід системного аналізу. Наведені графи та прографи є основою для імітаційного моделювання процесів функціонування об'єктів, їхньої діагностики, прогнозування розвитку ситуацій та прийняття рішень. В явному вигляді на прикладі ТК дифузійного, сокоочистного та випарного відділень наочно показаний взаємозв'язок між цілями, операціями, ресурсами, об'єктами, подіями, а також системами автоматизації, що використовуються для синтезу та аналізу функціонування процесу автоматизації.
4. Вперше розроблено і комплекс оцінки ситуацій та рішень на основі сценарного підходу і побудованих базових і табличних прографів для обраних відділень цукрового заводу.
5. Розроблено та адаптовано динамічну математичну модель випарного відділення, використання якої дозволяє аналізувати набір вибраних змінних, або конкретну змінну, при існуючих збуреннях, досліджувати поведінку системи в різних режимах її роботи: штатному, нештатному, аварійному. Отримані в результаті моделювання координати стану є основою для використання сценарно-цільового підходу і побудови прографів і сценаріїв.
6. В результаті використання ситуаційного аналізу розроблено сценарії розвитку роботи ТК цукрового заводу в цілому, а також сценарії розвитку виробничих ситуацій та вибір на їх основі оптимальних рішень.
7. Розроблено структури систем керування ТК та його підсистемами з зазначенням можливих джерел порушень, що є основою для розв'язання задач діагностики та прогнозування
8. Одержав подальший розвиток метод визначення джерел порушень на основі аналізу нев'язок, які з'являються в системах автоматичного регулювання, шляхом складання систем контрольних рівнянь.
9. Одержало подальший розвиток використання статистичного аналізу технологічного процесу на основі застосування карт Шухарта і Хотеллінга для виявлення відхилень в роботі ТК на ранніх стадіях;
10. Розроблено технічну структуру інтелектуальної підсистеми підтримки прийняття рішень з використанням методів діагностики і прогнозування та програмне забезпечення;
11. Практичне значення результатів роботи підтверджено актом про впровадження розроблених методів і моделей на Шамраївському цукровому заводі, а також довідкою про їхнє використання в навчальному процесі кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій НУХТ.

Основний зміст дисертації викладено в опублікованих роботах:

1. Ладанюк А.П. Автоматизоване управління бізнес-процесами в

- комп'ютерно-інтегрованих структурах підприємства / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко // ААЭКС – 2004. - №2. – С. 237-240.
2. Ладанюк А.П. Координація функціонування технологічних дільниць цукрового заводу з урахуванням задач прогнозування / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко, Н.М. Луцька // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2006. – №6. – С. 112-115.
 3. Власенко Л.О. Підвищення ефективності функціонування технологічного комплексу цукрового заводу за рахунок використання методів діагностики та прогнозування / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. - №2/3 (44). – С. 57-62.
 4. Ладанюк А.П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць // АВП – 2006. - №2. – С. 44-47.
 5. Власенко Л.О. Структура підсистеми підтримки прийняття рішень з використанням експертних оцінок / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк, Т.В. Лошак // Аграрна наука і освіта – 2005. – Т. 6 №3-4. – С.143-147.
 6. Ладанюк А.П. Автоматизація бізнес-процесів підприємства в комп'ютерно-інтегрованій структурі управління / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко // Матеріали 11-ої міжнародної конференції по автоматичному управлінню [“Автоматика 2004”], (Київ, 27-30 вересня 2004р.) – Т.3. – Київ, 2004. – С. 55.
 7. Власенко Л.О. Використання алгоритмів діагностики і прогнозування в системах автоматизації технологічних комплексів (ТК) / Л.О. Власенко. //: Програма і матеріали Міжнародної науково-технічної конференції [“Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами”], (Київ, 26-27 листопада 2009 р.) – К.: НУХТ, 2009. – с. 51.
 8. Власенко Л.О. Використання алгоритмів діагностики та прогнозування для управління складними технологічними комплексами неперервного типу // Доклади XV міжнародної конференції з автоматичного управління [“Автоматика-2008”], (Одеса, 23-26 вересня 2009 р.) – Одеса, 2008. – С.726-728.
 9. Власенко Л.О. Використання методів діагностики для підвищення ефективності функціонування ТК цукрового заводу / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Програма і матеріали 72-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів [„Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”], (Київ, 17-18 квітня 2006 р.) – У 2 ч. – К.: НУХТ, 2006. – Ч.2. – С.124.
 10. Власенко Л.О. Використання методів прогнозування для підвищення ефективної роботи ТК цукрового заводу // Програма і матеріали 76-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. - К.:НУХТ, 2010, Ч.3.– 115 с
 11. Власенко Л.О. Діагностика стану ТК цукрового заводу / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Програма і матеріали 74-ої наукової конференції моло-

- дих вчених, аспірантів і студентів. - К.:НУХТ, 2008, – с. 36.
12. Власенко Л.О. Особливості використання інтелектуальних підсистем діагностики для технологічних комплексів неперервного типу / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Матеріали XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління [«Автоматика-2006»], (Вінниця, 25-28 вересня 2006р.) – Вінниця, 2006. – С.358.
 13. Власенко Л.О. Особливості проведення системного аналізу / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Програма і матеріали 73-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. - К.:НУХТ, 2007, – 36 с.
 14. Власенко Л.О. Особливості сценарно-цільового підходу для моделювання та управління складними об'єктами з використанням прографів / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Матеріали XIV Міжнародної конференції з автоматичного управління [«Автоматика-2007»], (Севастополь, 10-14 вересня 2007р.) – Ч.1. – Севастополь, 2007. – С.121-122.
 15. Власенко Л.О. Оцінювання достовірності експертних оцінок при розробці підсистем підтримки прийняття рішень / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко // Матеріали 9-ої міжнародної науково-технічної конференції [Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи,], (Київ, 17-19 жовтня 2005р.) – Ч.2. – Київ, НУХТ, 2005. – С.45.
 16. Власенко Л.О. Патент на корисну модель №30556. Підсистема підтримки прийняття рішень для керування технологічними комплексами. Номер заявки u 2007 13857. 25 лютого 2008 р.
 17. Власенко Л.О. Формування управління в автоматизованих системах технологічних комплексів (ТК) з урахуванням результатів діагностики та прогнозування [Електронний ресурс] / Л.О. Власенко, А.П. Ладанюк // Матеріали IX Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2008)» - секція 4: Керування і оптимізація в складних системах. – 2008. – Режим доступу: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_4.pdf
 18. Власенко Л.О. Формування коригуючих 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, 22-25 вересня 2009 р.) – Чернівці, 2009. - С.122-123.
 19. Власенко Л.О. Ефективність алгоритмів діагностики і прогнозування в системах управління технологічними комплексами / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко // Програма і матеріали 75-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. - К.:НУХТ, 2009, – 360 с.

АНОТАЦІЯ

Власенко Л.О. Автоматизоване управління підсистемами технологічного комплексу цукрового заводу з використанням методів діагностики і прогнозу-

вання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 Автоматизація процесів керування. Національний університет харчових технологій, Київ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності роботи цукрового заводу за рахунок використання алгоритмів діагностики і прогнозування, які поряд з існуючою системою автоматизації дозволять вчасно виявляти відхилення, які виникають під час функціонування технологічного комплексу, попередити перехід зі штатного режиму роботи в нештатний, а також на основі результату проведеної діагностики спрогнозувати за допомогою розробленого програмного забезпечення значення техніко-економічних показників роботи заводу. Зміна техніко-економічних показників є основою для введення коригуючих впливів, таких як зміна продуктивності заводу, зміна відкачки соку на виробництво, зміна витрати вапна на очистку соку, зміна витрати води на промивку фільтр-пресного осаду. Для вирішення цієї задачі був використаний сценарно-цільовий підхід в результаті якого були побудовані базові і табличні прографи, що ілюструють роботу ТК і дозволяють проаналізувати ситуації які виникають на основі координат стану об'єкта, які отримані з адаптованих математичних моделей. Для проведення діагностування проходження технологічного процесу запропоновано використовувати контрольні карти Шухарта і Хотеллінга, які дозволяють на ранніх стадіях виявити відхилення від проходження технологічного процесу і введення коригуючих дій: зміна налаштувань регулятора, зміна завдання регулятора або зміна закону регулювання, з метою його ліквідації. Запропонована структура системи управління з алгоритмами діагностики і прогнозування.

Ключові слова: автоматизація, технологічний комплекс цукрового заводу, діагностика, прогнозування, сценарно-цільовий підхід, програф, сценарій, управління.

АННОТАЦИЯ

Власенко Л.А. Автоматизированное управление подсистемами технологического комплекса сахарного завода с использованием методов диагностики и прогнозирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 Автоматизация процессов управления. Национальный Университет Пищевых Технологий, Киев, 2010.

Диссертация посвящена повышению эффективности работы сахарного завода путём применения алгоритмов диагностики и прогнозирования, которые наряду с существующей системой автоматизации позволят своевременно обнаруживать отклонения, которые возникают во время функционирования технологического комплекса (ТК), предупредить переход из штатного режима в нештатный, а так же на основании результатов проведённой диагностики спрогнозировать при помощи разработанного программного обеспечения значения технико-экономических показателей работы завода. Проведён обзор существующих методов системного анализа, математического моделирования, диаг-

ностики и прогнозирования сахарного производства как ТК и выделено его подсистемы – диффузионное, сокоочистительное и выпарное отделения. Осуществлена постановка задачи оперативного оценивания эффективности функционирования подсистем ТК, которые сводятся к диагностированию протекания технологических и технико-экономических процессов и прогнозированию оперативных показателей работы завода для определения производственной ситуации и выбора оптимального набора решений. Для анализа значений контролируемых переменных и исследования поведения системы в различных режимах её работы: штатном, нештатном, аварийном – адаптирована динамическая математическая модель выпарной станции. Результатом моделирования являются координаты состояния вышеуказанных подсистем, и изменение их значений является основанием для введения корректирующих локальных (изменение задания регулятора, настроек регулятора, закона регулирования) либо глобальных (изменение продуктивности завода, откачки сока на производство, расхода извести на очистку сока, расхода воды на промывку фильтр-прессного осадка) воздействий. Получил дальнейшее развитие метод определения возможных источников нарушений, позволяющий определить их при помощи появления невязок на основании составления систем контрольных уравнений для одно- и многоконтурных систем автоматизации. Впервые для подсистем ТК сахарного завода применён сценарно-целевой подход в результате использования которого показана существующая взаимосвязь между целями, операциями, ресурсами, объектами, событиями и системами автоматизации на основании разработанных графов целей и целевых сценариев, выраженных графами операций; базового прографа и табличного прографа. Получил дальнейшее развитие ситуационный анализ, с помощью которого разработаны сценарии развития работы ТК сахарного завода, а также сценарии развития производственных ситуаций, в результате проведения которых исключаются нежелательные ситуации, приводящие к ухудшению технологических и технико-экономических показателей и увеличению издержек, выбирается оптимальный набор решений. Дальнейшее развитие получил статистический анализ, позволяющий на основе использования контрольных карт проводить диагностику технологических процессов. Для анализа независимых переменных и взаимокорреляционных переменных использованы соответственно контрольные карты Шухарта и Хотеллинга, позволяющие на ранних стадиях определить отклонения в работе ТК. Разработана техническая структура интеллектуальной подсистемы поддержки принятия решений в состав которой включён интеллектуальный блок диагностики и прогнозирования. Разработано алгоритмическое, информационное и программное обеспечение процедуры прогнозирования оперативных показателей работы сахарного завода.

Ключевые слова: автоматизация, технологический комплекс сахарного завода, диагностика, прогнозирование, сценарно-целевой подход, програф, сценарий, управление.

ANNOTATION

Lydia Vlasenko Automated control of sugar plant technological complex subsystems using methods of diagnosis and prognosis. – Manuscript.

Thesis for the Ph.D. degree in the specialty 05.13.07 Automation of control processes. National University of Food Technologies, Kyiv, 2010.

The thesis is devoted to improving the efficiency of the sugar plant by using algorithms of diagnosis and prognosis. These algorithms in complex with the existing automation system help to identify deviations that occur during operation of the technological complex, to prevent the transition from staff work in freelance work, to predict technical and economic performance of the plant using developed software. Changing of technical and economic indexes is the basis for corrective actions, such as changing plant productivity, changing pumping juice production, changing amount of lime for cleaning juice, changing amount of water for washing filter-press sediment. For solving this problem the scenario-based approach was used. As the result, basis and table prografts were built. They illustrate the work of TK and help to analyze situations that arise on the basis of the coordinates of an object, obtained with adaptive mathematical models. For the diagnosis of technological process is proposed to use control maps of Shukhart and Hotellinha which help to detect deviations from the operating of technological process and to make a corrective action: changing the settings of the regulator, changing regulatory tasks or change the settings of the regulator for it elimination. The structure of control systems with algorithms of diagnosis and prognosis are proposed.

Keywords: automation, technological complex of sugar plant, diagnosis, prognosis, scenario-based approach, prohrafi, scenario, control.