

Автоматизована система управління станції дефекосатурації з модулем координації

В.В. Полупан, аспірант, кафедра інтегрованих автоматизованих систем управління Національного університету харчових технологій

В.М. Сідлецький, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інтегрованих автоматизованих систем управління Національного університету харчових технологій

У даній статті описано підхід та вимоги до розробки структури модуля координації автоматизованої системи керування станції дефекосатурації, призначення якого направлено на координацію роботи станції дефекосатурації і суміжних відділень цукрового заводу. Задачею такої системи являється прогнозування взаємодій та узгодження взаємодій між відділеннями заводу та системами керування.

Ключові слова: цукровий завод, дефекосатурація, АСУТП, модуль координації відділень.

В данной статье описан подход и требования к разработке структуры модуля координации автоматизированной системы управления станции дефекосатурации, назначение которого направлено на координацию работы станции дефекосатурации и смежных отделений сахарного завода. Задачей такой системы является прогнозирование взаимодействий и согласования взаимодействий между отделениями завода и системами управления.

Ключевые слова: сахарный завод, дефекосатурация, АСУТП, модуль координации отделений.

This article describes the approach and requirements for development of coordination module structure for automated control system of of station of juice purification station, the purpose of which is aimed at coordinating the work of station of juice purification station and related departments at sugar factory. The object of this system is the prediction of interactions and coordination of interactions between factory departments and control system.

Keywords: sugar factory, juice purification, coordination module for departments.

Ефективність цукрового виробництва в сучасних умовах багато в чому визначається вибраною стратегією планування в системі управління на всіх її рівнях: від окремого технологічного процесу або агрегату до підприємства в цілому. Основною метою оперативного планування в системі управління виробництвом є складання узгоджених планів виробництва технологічних комплексів підприємства і забезпечення їх виконання. Інструментом узгодження роботи окремих елементів керованої системи з метою реалізації поточних виробничих графіків є технологічна координація, яка полягає в узгодженні (синхронізації) роботи технологічного обладнання і транспорту, руху матеріальних потоків, взаємодії виробничого персоналу цеху при відхиленні фактичного ходу виробництва від запланованого.

Розглядаючи технологічний комплекс цукрового заводу можна побачити, що він належить до складних об'єктів, оскільки має ієрархічну структуру і можна проводити декомпозицію на окремі підсистеми, пов'язані між собою складними структурними та функціональними зв'язками.

Якість функціонування системи в цілому за-

лежить від ефективного функціонування підсистем кожного рівня, а також від якості взаємодій підсистем між собою. Тому розробляючи підходи до аналізу та проектування систем необхідно звертати особливу увагу на місця стику суміжних підсистем як технічних так і підсистем управління. Використання таких підходів сприяє підвищенню продуктивності, зменшенням витрат та ін., яким чином найефективніше поєднати роботу кожної підсистеми для досягнення таких результатів.

Розглядаючи станцію дефекосатурації у якості досліджуваного об'єкту можна виділити такі проблеми і відхилення, які виникають і вирішуються всередині досліджуваного об'єкту. А також можуть виникнути проблеми, які не пов'язані напряму з роботою станції дефекосатурації, а які виникають внаслідок порушень режимів роботи суміжних відділень. Наприклад сповільнена робота сатуратора і викидання соку в переливну камеру 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 вирішується шляхом налагоджен-

ня роботи вапняково-газової печі. А у випадку з низькою щільністю – налагодити роботу дифузійної установки.

Проблема полягає в тому, що навіть правильно налагоджена робота системи управління станції дефекосатурації може не вирішувати покладені на неї задачі і, як наслідок, виникнення недопустимих відхилень, що призводять до порушення технологічного процесу. Тобто під час неперервного технологічного процесу необхідно постійно враховувати поточну ситуацію на всіх суміжних відділеннях і своєчасно переналаштовувати параметри роботи станції, забезпечуючи стабільну роботу всього цукрового заводу.

Процес функціонування ТК цукрового заводу і систем керування ним дає можливість стверджувати, що в загальному випадку виникає задача координації роботи керованих підсистем. Тільки в цьому разі можна забезпечити найкращі техніко-економічні показники функціонування автоматизованих ТК. Координація – специфічна задача 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.

Для ефективного функціонування системи керування ТК важливими є умови скоординованості та сумісності підзадач керування. Ці умови гарантують розв'язання загальної задачі, якщо існує розв'язок кожної з підзадач. Визначення сумісності можна сформулювати так: підзадачі системи сумісні, якщо реалізація рішень підзадач нижнього рівня завжди забезпечує досягнення

загальної мети функціонування системи. Проблеми створення систем керування охоплюють не тільки питання розроблення відповідних методів і алгоритмів, а й коректності підзадач керування, стійкості алгоритмів до обчислювальних похибок та керування комплексами стохастичних підсистем.

Умови сумісності підзадач ієрархічної системи керування ТК передбачають такі основні положення:

- підзадачі нижнього рівня, тобто задачі керування підсистемами мають бути коректними;
- алгоритм розв'язання задачі координації забезпечує пошук таких дій координації, за яких розв'язок підзадач нижнього рівня відповідає екстремуму загального показника ефективності ТК;
- алгоритми розв'язання підзадач нижнього рівня та підзадачі координації мають бути стійкими до обчислювальних похибок.

Розглянемо перетворення вектора матеріального потоку станції дефекосатурації та її суміжних ділянок з точки зору розв'язування задачі керування та координації. Структуру ТК показано на **рис. 1**.

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

Виходячи з ситуацій, які можуть виника-

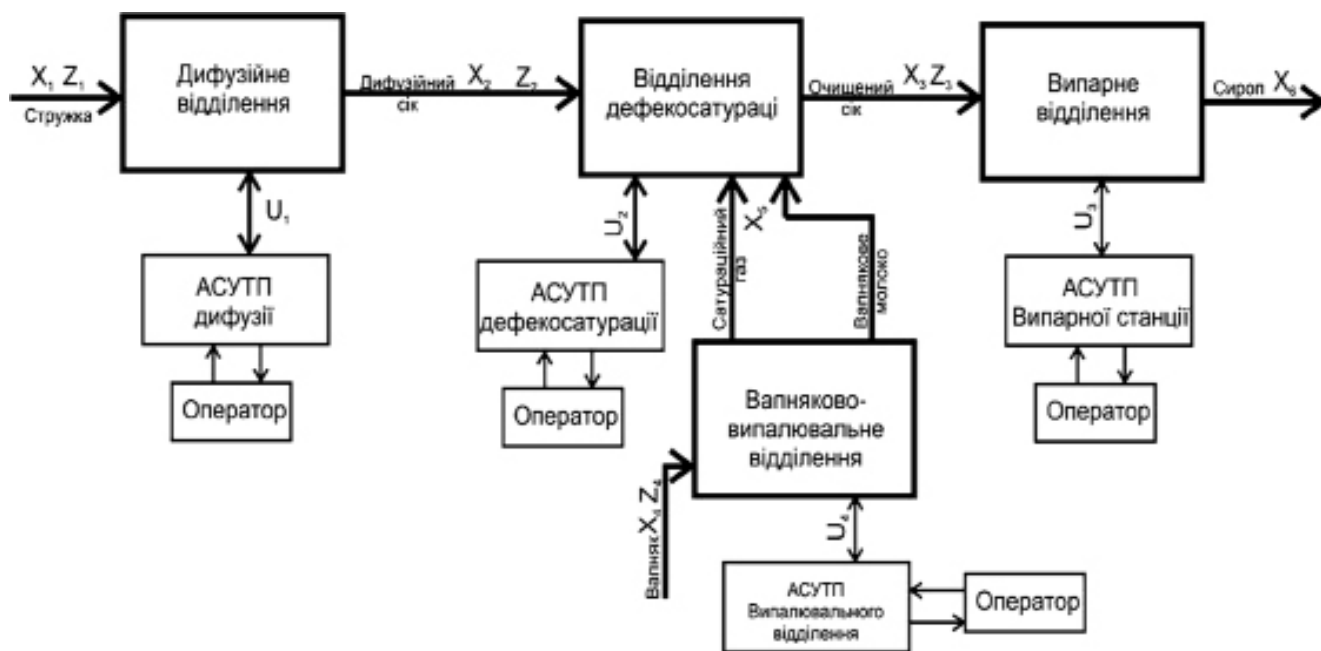


Рис. 1. Структурна схема управління а також матеріальні потоки станції дефекосатурації і суміжних ділянок

ти 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 $X_1 = [x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,n}]$, і складається з таких параметрів як витрата стружки, цукристість стружки, цукристість і т.д. Вектор збурень $Z_1 = [z_{1,1}, z_{1,2}, \dots, z_{1,n}]$ і складається з таких параметрів як рН екстрагенту, зміна коефіцієнтів теплообміну та ін..

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

Для відділення дефекосатурації 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 апарату; вміст цукру в соку; вміст сухих речовин та ін. А також вектор $X_5 = [x_{5,1}, x_{5,2}, \dots, x_{5,n}]$, що містить такі параметри як вміст CO_2 в сатураційному газі з вапняково-випалювального відділення; густина вапнякового молока та ін.. Вектор збурень $Z_2 = [z_{2,1}, z_{2,2}, \dots, z_{2,n}]$ і складається з таких параметрів як температура соку; рН соку та ін.. На станції сокоочистки система автоматизації виконує такі функції; регулювання витрати вапняного молока в переддефекатор, холодний дефекатор і дефекатор перед 2-й сатурацією по відношенню до витрати дифузійного соку; регулювання витрати суспензій соків 1-й і 2-й сатурації в перед дефекатор; регулювання витрати дефекованого соку на 1-у сатурацію; регулювання витрати фільтрованого соку 1-й сатурації на II-у сатурацію регулювання рН соку на 1-й і 2-й 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 II сатурації; вміст сухих речовин; доброякісність очищеного соку; кольоровість соку та ін.. Вектор збурень $Z_3 = [z_{3,1}, z_{3,2}, \dots, z_{3,n}]$ і складається з таких параметрів як температура і теплоємність граючої пари; тиск граючої пари; розрідження на конденсаторній установці та ін.. Оптимальні умови роботи випарної установки забезпечуються шляхом контролю та регулювання по корпусам цілого ряду параметрів. Система автоматизації випарної станції повинна забезпечувати регулювання витрати фільтрова-

ного соку на ВС; регулювання рівня в корпусах ВС; регулювання розрідження в концентраторі; регулювання температури соку перед ВС та багато ін.. 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 та ін.. Вектор збурень $Z_4 = [z_{4,1}, z_{4,2}, \dots, z_{4,n}]$ і складається

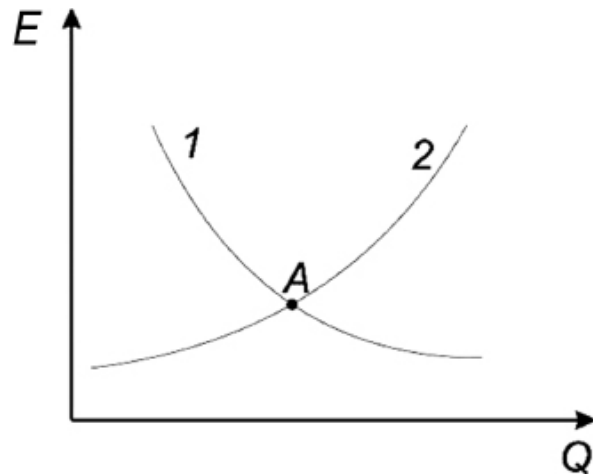


Рис. 2. Залежність економічності підсистем E від навантаження Q

ся з таких параметрів як температура в печі; відбір вапна; відбір сатураційного газу та ін.. Система управління забезпечує відповідно до заданих технологічними параметрами підтримку режимів горіння, а також відображення стану механізмів та режимів роботи печі. А також: управління автоматичною подачею сировини в піч; управління системою газових пальників; регулювання температури в печі Ці управляючі дії реалізуються за допомогою вектора управління $U_4 = [u_{4,1}, u_{4,2}, \dots, u_{4,n}]$.

При функціонуванні підсистем 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. 2**).

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

$$\begin{cases} S = DF \frac{c-c}{a/4} \tau \\ W = A(1 - \frac{r_1}{r_2}) \end{cases} \quad (1)$$

де S – кількість продифундованої речовини, середня концентрація нормального соку всередині стружки за весь час її висолоджування, c – середня концентрація соку ззовні стружки, D – коефіцієнт дифузії, F поверхня дифундування, τ –

час, W – маса витраченої пари, витраченої на випарювання 1 кг соку, A – маса очищеного соку, r_1 – початковий вміст сухих речовин у соці, r_2 – необхідний вміст сухих речовин у згущеному сиропі.

Існує така точка A , в околі якої потрібно підтримувати робочий режим координованих підсистем. Положення точки A під час роботи постійно змінюється, бо змінюється характеристика сировини, кількість та характеристика енергоносіїв, тому цю точку слід шукати постійно.

Очевидним є зведення задачі оптимального керування багатостадійним виробництвом до задачі оптимального керування окремими стадіями з урахуванням взаємодії між ними

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

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

Під час технічної реалізації алгоритмів використовуються такі процедури:

1. Розв'язання задачі координації має гарантувати розв'язок загальної задачі керування ТК у результаті розв'язування підзадач нижнього рівня.

2. Для формування процедур координації потрібно мати адекватні математичні моделі підсистем.

3. В умовах дефіциту машинного часу доводиться отримувати часткові розв'язки. Можна використовувати проміжну ітерацію, яка забезпечує істотне підвищення ефективності роботи ТК

Для кожної з підсистем розроблено підзадачу оптимізації як результат декомпозиції загаль-

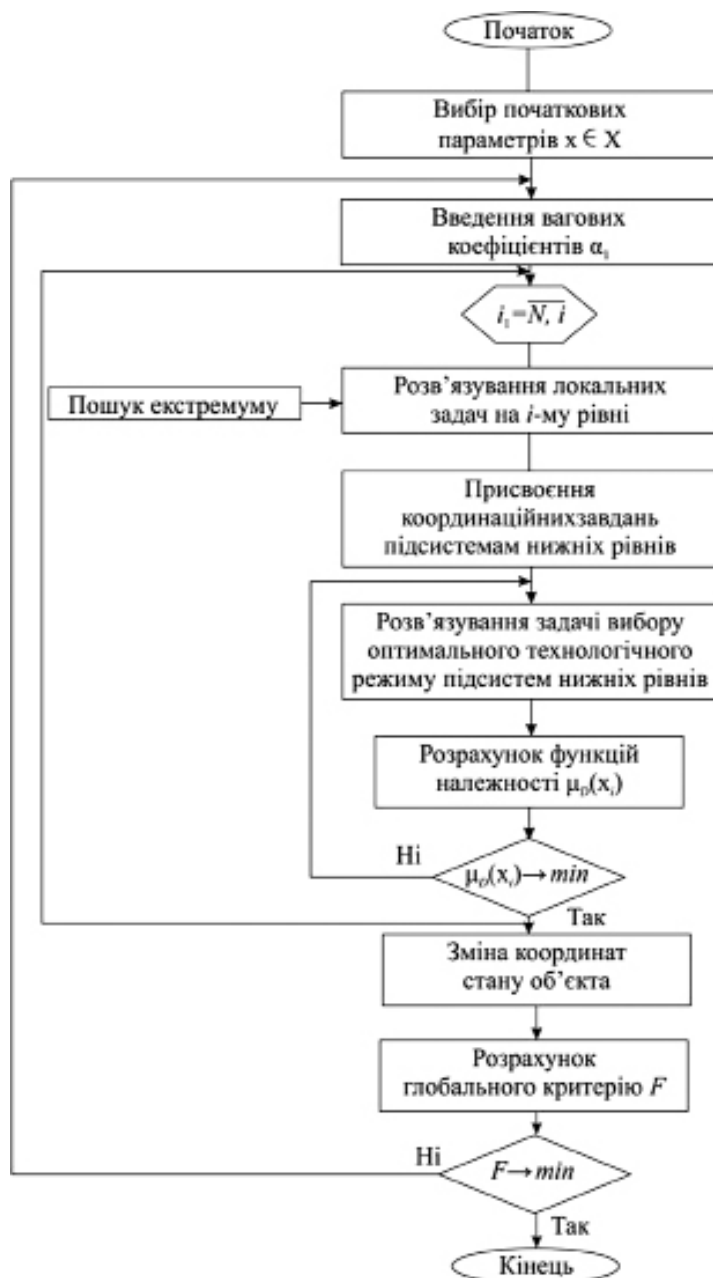


Рис. 3. Блок-схема алгоритму керування станцією дефекосатурації з розв'язуванням задач оптимізації суміжних підсистем і координації їхньої роботи

ної задачі керування технологічним комплексом. Задача координації розв'язано з використанням принципу прогнозування взаємодії підсистем на основі ітераційного алгоритму (рис.3).

На реалізацію алгоритмів координації значно впливає також наявність обчислювальних похибок. Крім того точний розв'язок задачі можливий лише за нескінченного числа ітерацій. Під час реалізації алгоритмів координації обчислювальні похибки виникають у разі:

- знаходження екстремумів цільових функцій;
- реалізації математичних моделей;

– визначення комплексу змінних взаємодії підсистем

Для розв'язання задачі використовуються два види алгоритмів координації: ітеративні та безітеративні. В ітеративних оптимальне розв'язання визначається у ході ітеративного обміну інформацією між центром й елементами, а на кожному кроці ітеративного процесу розв'язуються локально-оптимальні задачі елементів і координуюча задача центру. У безітеративних алгоритмах розв'язки ухвалюються в результаті однократного обміну інформацією між рівнями.

Для того щоб виявити появу відхилень, всі

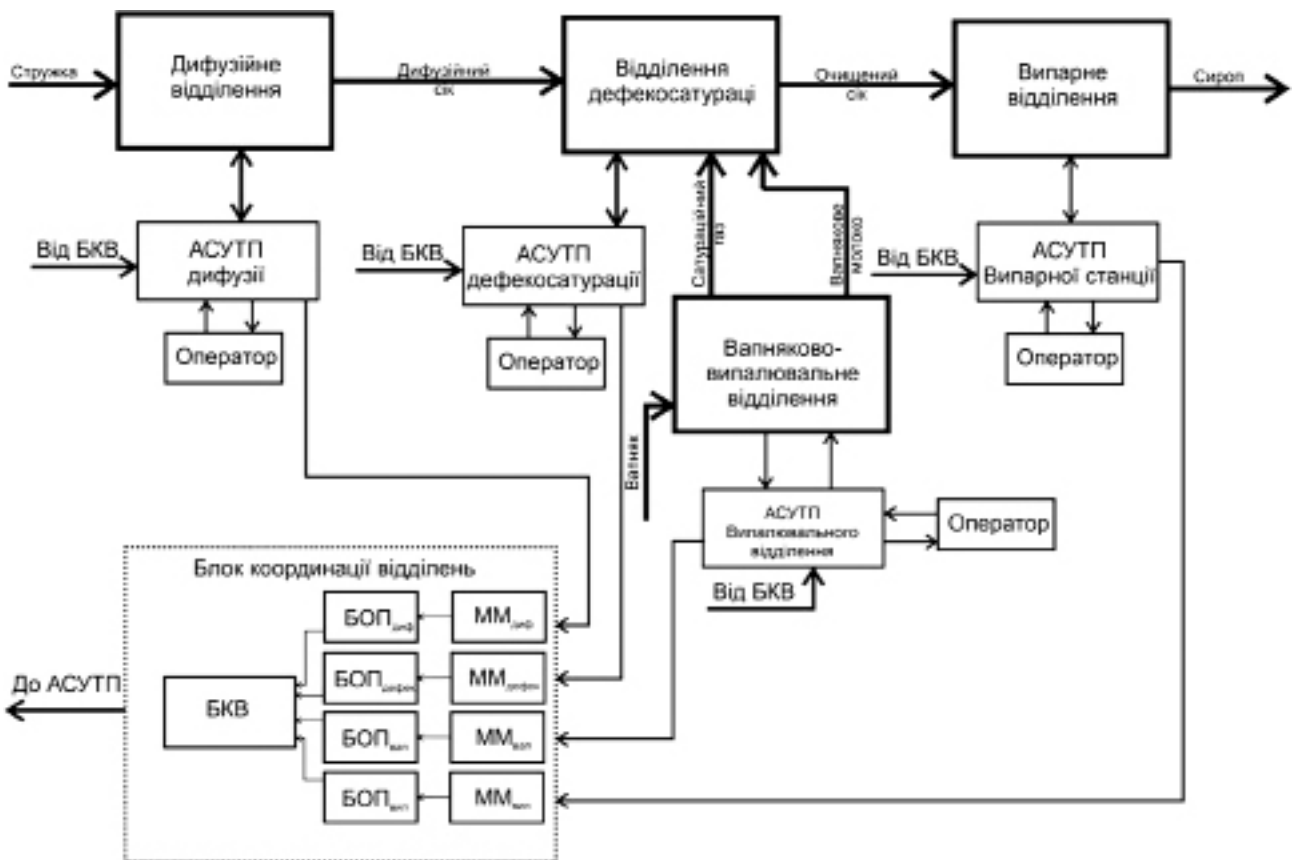


Рис. 4. Структура розробленого блоку координації відділень

технологічні параметри, які контролюються на пряму (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, тобто аналізуватись, як вони змінюються в часі. Для реалізації розв'язку задачі координації розроблено структуру блоку координації відділень БКВ (рис. 4). На підставі інформації, що вводиться в керуючий обчислювальний комплекс БКВ, в математичній моделі ММ відповідного відділення розраховуються значення функцій оптимального керування згідно математичної моделі. При цьому значення збурень приймаються

рівними їх поточним значенням. Блок оптимального пошуку БОП уточнює параметри координат і видає результати розв'язання задачі на блок координації відділень, який розв'язує загальну задачу координації між відділеннями. Результати розв'язання задачі передаються на відповідні локальні регулятори, змінюючи їх уставки та параметри налаштування, що дозволяє оптимально проводити технологічний процес згідно поточній ситуації в технологічному комплексі.

Очікуваний результат розв'язання задачі координації наведено на рис. 5. На 5-6 кроці координації загальний показник функціонування технологічного комплексу ($\Sigma I_i, i = 1-4$) перевищує рівень роботи без координації. Характерним може

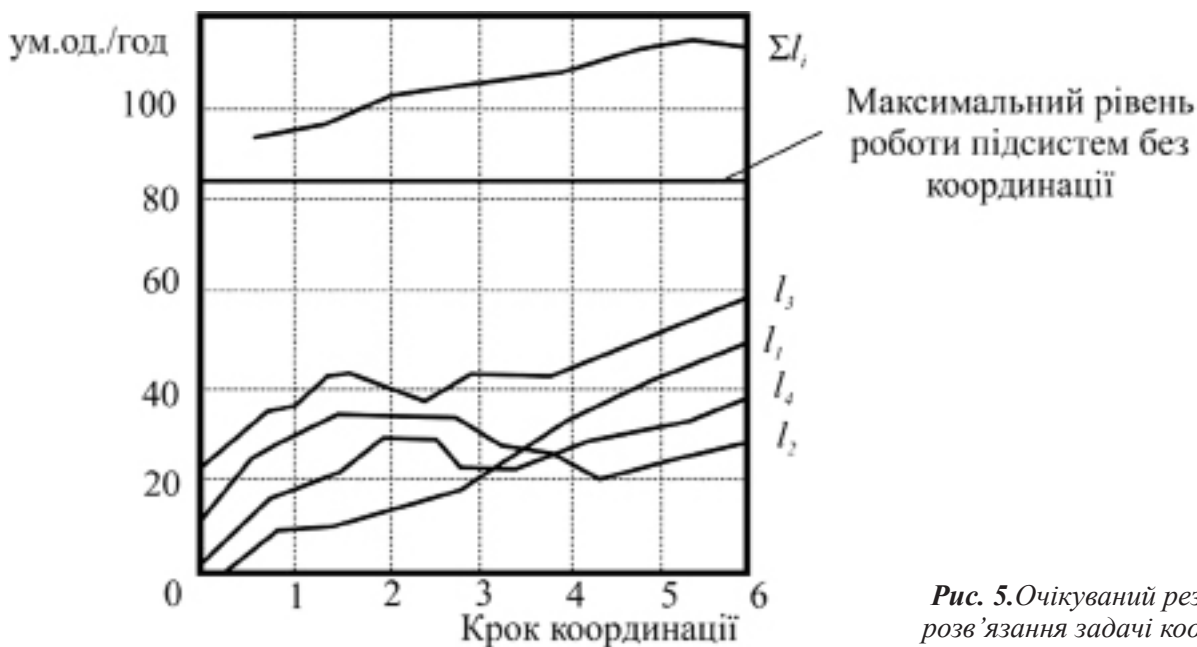


Рис. 5. Очікуваний результат розв'язання задачі координації

виявитись те, частинний показник I_2 у процесі координації зменшується.

Висновок

Отже система керування повинна бути адаптована до змін цілей, наборів і точності значень параметрів, а особливо при зміні режимів роботи однієї ділянки та вплив її на роботу інших. Тому для системи керування необхідно використовувати сучасні підходи при моделюванні технологічного процесу та формуванні управляючих діянь. Розглянутий модуль координації керування ділянками цукрового заводу, характерний такими складовими у своїй структурі які направлені на оцінювання поточного стану ділянок координацію, а також розрахунок параметрів необхідних для підтримки функціонування технологічного комплексу на оптимальному рівні.

– При реалізації розглянутого модуля на обчислювальних потужностях ЕОМ необхідно враховувати такі вимоги: Розв'язок загальної задачі повинен бути результатом розв'язання кількох відносно простих підзадач.

– За використання ітеративних алгоритмів координації кожна наступна ітерація поліпшує показники ефективності функціонування ТК, що уможливує керування в реальному часі та зменшує витрати машинних ресурсів.

– Алгоритми координації мають використовувати, по можливості, лише один нижній рівень математичних моделей підсистем ТК, що істотно спрощує процедуру ідентифікації цих моделей.

– Під час реалізації алгоритмів координації має бути незначний вплив евристичних способів. ■

Список використаних джерел

1. Аналіз не вимірюваних параметрів на рівні розподіленого керування, для автоматизованої системи, об'єктів та комплексів харчової промисловості. / В.М. Сідлецький, І.В. Ельперін, В.В. Полупан // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – Том 22, № 3 (2016) С. 7-15.

2. Системний аналіз складних систем управління: Навч. Посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

3. Цуканов М. А. Технологическая координация и управление сложноструктурированными производствами на основе мультиагентных технологий: диссертация кандидата технических наук: 05.13.01 / Цуканов Михаил Александрович; [Место защиты: Воронеж. гос. техн. ун-т]. – Старый Оскол, 2012.- 169 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/491.

4. Полупан В. В. Структура автоматизованої системи розширеного керування для координації суміжних станцій цукрового заводу / В. В. Полупан, В. М. Сідлецький. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2017. – С. 16–25.

Рецензент: Ю.Б. Беляєв
д.т.н. проф.