

В статті розглядаються питання оперативної оптимізації технологічних комплексів, технологічних процесів та виробництва. Подані різноманітні математичні моделі об'єктів; показники функціонування технологічних комплексів як витрата ресурсів та сировини

Ключові слова: оптимізація технологічних комплексів

В статье рассматриваются вопросы оперативной оптимизации технологических комплексов, технологических процессов и производств. Приведены разные математические модели объектов; показатели функционирования технологических комплексов как расход ресурсов и сырья

Ключевые слова: оптимизации технологических комплексов

The article examines the operational optimization of technological complexes, processes and production. There are presented various mathematical objects models; indices of technological complexes functioning as consumption of resources and raw materials

Key words: optimization of technological complexes

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ В СТРУКТУРІ ОПЕРАТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

А. П. Ладанюк

Доктор технічних наук, професор, академік, завідувач кафедри*
Контактний тел.: (044) 289-52-83
E-mail: ladanyuk@nuft.edu.ua

Н. М. Луцька

Кандидат технічних наук, доцент*
Контактний тел.: (044) 287-94-56
E-mail: luts kaya@yandex.ru

С. О. Голованов

Аспірант*
Контактний тел.: 050-410-02-82
E-mail: sergey@ingredients.com.ua

*Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

Вступ

Для виробництв з неперервним характером технологічних процесів задачі оперативного управління розглядаються як визначення матеріальних потоків та календарного планування [1,2]. Для розв'язання цієї задачі використовуються моделі технологічного комплексу (ТК) та окремих підсистем і технологічних процесів, ефективність управління якими визначає такі узагальнені показники функціонування ТК як варіанти ресурсів та сировини, собівартість продукції, в якій суттєве значення мають оцінки якості, питомі витрати енергоносіїв, тощо [3]. В системах оперативної оптимізації формується вектор параметрів та їх оцінок, які відповідають обраному критерію оптимальності, що забезпечує наближення його до екстремального значення. Технологічні режими окремих підсистем (установок) ТК, тобто підтримання на певному рівні значень технологічних змінних, є розв'язком задачі оперативної оптимізації, що реалізується як завдання локальним регуляторам.

Постановка задачі та методика дослідження

Для конкретного ТК доцільно виконати при постановці задачі оперативної оптимізації класифікації технологічних об'єктів та поставити у відповідність їм необхідні математичні моделі, які відображають найбільш суттєві сторони поведінки реального об'єкта [4]. Традиційна класифікація технологічних об'єктів управління проводиться в теорії автоматичного керування за ознаками лінійності, систематичності та інші, але не враховуються такі оцінки параметрична та структурна невизначеності, особливості об'єктів в різних режимах функціонування, тощо.

В математичних моделях технологічних об'єктів необхідно враховувати різні процеси, які відбуваються одночасно в робочих зонах: тепло- та масообмін, гідродинаміка, дифузія, фазові перетворення, хімічні реакції та інше. В той же час до математичної моделі висувається головна вимога – отримання компромісного рішення між її точністю, адекватністю та простою і зручністю використання. При отриманні матема-

тичних моделей технологічних об'єктів далеко не всі дані щодо параметрів та характеристик технологічних об'єктів відомі, тому при використанні цих моделей в задачах оперативної оптимізації необхідно враховувати їх наближеність та обмеженість в описі дійсних властивостей об'єктів. Знаменита триада «не лінійність – багатовимірність – багатозв'язність» не може не враховуватись при розробці математичних моделей технологічних об'єктів та розробці на їх основі систем управління. Таким чином, можливість отримання математичної моделі необхідної точності будемо вважати однією з ознак класифікації технологічних об'єктів.

Технологічні об'єкти завжди характеризуються розподіленістю координат в просторі, тоді їх математичні моделі мають вигляд:

$$f\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dx}{dl}, x(t,l), U(t,l)\right) = 0 \quad (1)$$

де: x - вектор змінних стану, U - вектор управління, l - просторова змінна, f - векторна функція.

Для розв'язання системи рівнянь (1) існують відомі методи, але їх застосування потребує значного об'єму обчислень та необхідності урахування жорстких умов, які зв'язують за просторовою та часовою координатами, тому, як правило, систему (1) замінюють на систему звичайних диференціальних рівнянь:

$$f\left(\frac{dx}{dt}, x(t), U(t)\right) = 0 \quad (2)$$

Що потребує обґрунтування такої заміни.

Наступною ознакою є стохастичність поведінки технологічних об'єктів, обумовлена дією різних випадкових чинників та джерел перешкод (збурень), що визначає непередбачуваність (невизначеність) поведінки об'єкта в процесі управління, тоді модель в загальному вигляді буде:

$$\frac{dx}{dt} = f(x(t), U(t), z(t)) = 0 \quad (3)$$

де: z - вектор випадкових діянь.

Нестационарність динаміки враховується у вигляді:

$$\frac{dx}{dt} = f(x(t), U(t), z(t), t) = 0 \quad (4)$$

Невизначеності у процесі управління враховуються зміною стану функціонування: нестабільність сировини, відхилення постачання енергоносіїв, зміни умов тепло- та масообміну, тощо. Тоді відповідна модель може відображати зміну структури на множині станів функціонування

$$\left. \frac{dx}{dt} \right|_s = f_s(x(t), U(t), z(t), t) = 0 \quad (5)$$

де: s - індекс s - відображає структуру системи та інтенсивність переходу із стану l в стан $s (l \neq s)$.

Для складних технологічних об'єктів часте використання методів лінеаризації недопустиме, тому що суттєво нелінійні об'єкти є надчутливими щодо початкових умов та зміни технологічних режимів. За

цих умов необхідно використовувати нелінійні диференціальні рівняння, порядок яких $n \geq 3$ для оцінки їх оперативної поведінки та можливості виконання процесів самоорганізації [5]. Більшість об'єктів характеризуються зміною стану функціонування, дію випадкових збурень, тому пошук та синтез оптимальної структури та параметрів моделі об'єкта є актуальною задачею [6].

Для технологічних об'єктів харчової промисловості задача оперативної оптимізації визначається як пошук та підтримання оптимальних режимів функціонування ТК та його підсистем з урахуванням стану функціонування. В системі автоматизації можуть змінюватися структура, параметри регуляторів, алгоритми функціонування (закони регулювання). Урахування невизначеностей ускладнює задачу, особливо в умовах жорстких обмежень та технологічних змінних, показниках якості, ресурси та сировину. В задачах оперативної оптимізації виділяють стаціонарну та не-стаціонарну невизначеності, які в свою чергу поділяють на параметричну та структурну. Для стаціонарної невизначеності характерна наявність невизначених постійних параметрів та структури, що пов'язано з відсутністю необхідних даних та інформації про об'єкт та його функціонування в конкретних об'єктах. Параметри та структура об'єкта можуть визначатися певними статистичними залежностями і приймати значення та вид на дискретній або континуальній множині. Нестационарні невизначеності в процесі функціонування об'єкта змінюється, наприклад при стрибкоподібних змінах умов функціонування та дії випадкових перешкод. Це набуває особливого значення при ідентифікації об'єктів, коли невідомі параметри мають статистичний характер та деяке стаціонарне розподілення. В теорії робастного управління використовуються інтервальні полігони, коефіцієнти яких мають обмеження $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$ частота зміни відбувається не стрибкоподібно, а так, що межі переходів мають розламаний вид, тоді доцільно використовувати теорії нечітких множин та приймання рішень в умовах невизначеності.

Для задач оперативної оптимізації, складовими якої є під задачі для технологічних об'єктів, необхідно сформулювати критерії оптимальності. Для систем з мінімальною середньоквадратичною похибкою:

$$\alpha = M(E^2(t)), E(t) = Y(t) - Y_{\text{зад}}(t) \quad (6)$$

де: E - похибка; $Y(t), Y_{\text{зад}}(t)$ - відповідна вихідна змінна та її задане значення, формується статистичний критерій точності:

$$Q = M(E_{\text{вз}}^2(t)) = M(K^T E(t) E^T K) \quad (7)$$

де: $E_{\text{вз}}$ - узагальнена векторна похибка, K - вектор вагових коефіцієнтів.

У технічній літературі розглядаються також загальні критерії як оцінка ефективності систем управління, що можна використовувати в задачах оперативної оптимізації. Один клас задач передбачає двійкову оцінку: результат (ефект) може бути отриманим або не отриманим, наприклад забезпечення стійкості об'єкта або системи в цілому. Загальним критерієм приймається імовірність виконання поставленої задачі:

$$I = P(A) \tag{8}$$

де: A – випадкова подія, яка відповідає виконанню задачі в умовах статистичної невизначеності для отримання гарантованого результату ефективність системи оцінюється так:

$$I = \min_z P(A/z) \tag{9}$$

де: z- невизначені фактори, що фактично відповідає умові:

$$I = \max \min_z P(A/z) \tag{10}$$

тобто мінімальне значення ймовірності виконання задачі за найгірших умов.

Другий клас задач характеризується необхідністю отримання екстремального значення певної величини, яка однозначно характеризує кінцевий результат, як було показано за найменшим середнім квадратом похибки:

$$I = \max \min_z M(E^2/z) \tag{11}$$

Для конкретного об'єкта враховуються також витрати на досягнення результату.

Останнім часом в технічній літературі технологічні об'єкти виділяють в один клас, однією з ознак яких є наявність низькочастотних сигналів (збурень, зміни завдання, управління) [7]. Тоді критерієм оцінки ефективності може бути похибка управління, яку забезпечує система керування, до її значення при ручному керуванні – показник технологічної роботи здатності системи.

Місце технологічних об'єктів у загальній структурі оперативної оптимізації виробництва, до яких можна віднести:

- формулювання визначених ознак, класифікація об'єктів;
- визначення станів функціонування, оцінка інтенсивності переходів структури з одного стану в інший;
- врахування невизначеностей та характеру їх розподілення;
- формування критеріїв оцінки ефективності систем з урахуванням статистичних оцінок діючих сигналів;
- виявлення оперативної поведінки та ефектів та можливості самоорганізації;

- застосування методів теорії динамічних систем із змінюваною структурою.

Висновки

Отже, в рамках автоматизації підрозділів виробництва актуальним постає питання оптимізації, при чому оптимізація також виконується на всіх рівнях виробництва та вихідні параметри оптимізації на нижньому рівні є вхідними параметрами для оптимізації верхніх рівнів.

В рамках розробки оптимізації на нижніх та середніх рівнях управління розв'язуються такі задачі: вибір методу оптимізації; визначення критерію оптимізації; розробка математичної моделі підсистеми; визначення часового проміжку вирішуваної задачі (на всіх рівнях управління), а також класифікація типів виробництва для оптимізації (на рівнях технологічної лінії та виробництва).

Література

1. Дудников Е.Е. Типовые задачи оперативного управления непрерывным производством/ Дудников Е.Е., Цодиков Ю.М. – М.: Энергия, 1979. – 272 с.
2. Цодиков Ю.М. Оптимальное календарное планирование для непрерывного производства с ограничением на структуру графика/Цодиков Ю.М.//Автоматика и тепло-механика. 2008, №1, С.171-179.
3. Кузнецов Б.Ф. Оценка эффективности управления технологическим процессом/Кузнецов Б.Ф.//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, №8, С.3-6.
4. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Топологический принцип организации./Кафаров В.В., Дорохов И.Н.-М.: Наука, 1979г.
5. Колесников А.А. Синергитические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. /Колесников А.А.- М.: Комкнига, 2006, - 240с.
6. Сергин М.Ю. Выбор оптимальной структуры модели динамического объекта с учетом фактора неопределенности./Сергин М.Ю.//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2001, №1, С.6-11.
7. Ронтич В.Я. О выборе критериев оптимальности систем управления с учетом случайного характера воздействий/Ронтич В.Я.//Промышленные АСУ и контроллеры, 2006, №09, С.31-36.