

УДК 658.011.012.56:637.1/3

МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ МОЛОЧНИХ ВИРОБНИЦТВ НА БАЗІ СЦЕНАРНОГО ПІДХОДУ

В.С. Смірнов, О.Г. Мазуренко, доктори техн. наук,

К.І. Богаєнко, В.П. Шуліка, кандидати техн. наук

На результати діяльності підприємства постійно впливають фактори невизначеності, які породжуються як макроекономічною ситуацією, так і внутрішніми закономірностями розвитку. Джерелами невизначеності є попит на продукцію (за терміном зберігання вона відноситься до групи ризику), ціни на сировину, інфляція, конкуренція, обмеження на енергоресурси та ін. Серед засобів і шляхів адаптації підприємства до випадковим чином виникаючим ситуаціям в багатьох роботах виділяють визначення гнучкої стратегії розвитку, впровадження і розвиток нових видів продукції, освоєння нових ринків і технологій, гнучку цінову політику, які базуються на оптимізації керування технологічними комплексами (ТК), що забезпечує раціональне використання сировини та енергоресурсів при виробництві готового продукту.

В цих умовах концепцію оцінки ефективності прийняття рішень для оптимізації керування ТК можна сформулювати так: орієнтуючись на найменш вигідний розподіл умов виробництва g відносно попиту торгівлі та домагаючись максимальної вигідності за рахунок вибору найбільш вдалого розподілу p варіантів рішень $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$, отримуємо максимінний критерій для вибору оптимального рішення

$$U = \max_p \min_g \sum_i \sum_j v_i(k_i) p_j g_j. \quad (1)$$

Визначення ефективних рішень пов'язане із застосуванням інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень [1]. Їх головною задачею є аналіз виробничих ситуацій та формувань керувань на основі бази знань, яка являє собою список сценаріїв, що описують способи досягнення цілей з урахуванням початкових умов та прогнозування розвитку ситуації при можливих змінюваннях в процесі функціонування ТК.

Задачу створення бази знань доцільно розділити на такі групи: для заданих витрат визначити енергетичний режим роботи ТЕС, який забезпечує їх максимальну продуктивність – максимум функції цілі при заданих витратах або для заданого об'єму випуску продукції визначити найменші витрати – мінімум функції цілі для заданого результату. У повному обсязі вирішення цих задач можливо на етапах життєвого циклу технологічного обладнання: 1) прийняття ефективних проектних рішень; 2) виготовлення; 3) функціонування на виробництві. Для підприємств найбільш суттєвим є третій етап.

Для оцінки енергозберігаючих властивостей технологічного обладнання дослідили вплив його одиничної продуктивності на техніко-економічні характеристики (ТЕХ). Результати показали, що при збільшенні продуктивності зменшуються питомі капітальні затрати на створення і виготовлення обладнання, а також і експлуатаційні витрати. Капітальні витрати зменшуються за рахунок зменшення метало-, енерго- і трудоемності виготовлення обладнання, що в кінцевому рахунку проявляється в зменшенні вартості одиничної продуктивності. При експлуатації машин і апаратів більшої продуктивності зменшуються питомі енергетичні витрати та трудоемність обслуговування, тобто одна одиниця обладнання дозволяє замінити дві і більшу кількість одиниць меншої продуктивності. Але покращення ТЕХ обладнання при екстенсивному шляху розвитку є можливим тільки до деякого рівня, після якого відбуваються їх погіршення. У реальних умовах молочних виробництв (сезонність надходження сировини, обмеження на енергоресурси і сировину та ін.) переваги обладнання більшої продуктивності, для функціонування якого необхідні і більші затрати, як матеріальні, так і енергетичні, не завжди вдається використати. Тому при наявності обмежень на споживаємо електричну потужність, яка задається у вигляді директивного графіка, оцінювати пріоритет використання обладнання можливо наступним чином. Вважаємо, що із групи конкуруючих ТК кращим є такий, при використанні якого для заданого об'єму продукції G і енергоресурсів W забезпечується максимальний прибуток Π або мінімальні затрати Z

$$\begin{aligned}
 F(x) &= \sum_{i=1}^n \Pi_i x_i \rightarrow \max; \\
 F(x) &= \sum_{i=1}^n Z_i x_i \rightarrow \min; \\
 \sum_{i=1}^n t_i x_i &= G; \quad \sum_{i=1}^n P_i x_i = W; \quad x_i \geq 0.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

При наявності специфічних вимог на додержання технологічних циклів при функціонуванні обладнання один із шляхів вирішення задачі раціонального використання сировини та енергоресурсів полягає в тому, щоб розрахувати оперативний план його завантаження сировиною і часові цикли роботи ТК при умові, що фактичний графік споживання енергоресурсів P_ϕ повинен відповідати заданому P_3 , оскільки при $P_\phi \geq P_3$ підприємство підлягає штрафним санкціям, а при $P_3 \geq P_\phi$ несе збитки у зв'язку з переплатою за заявлену потужність, а також з недовантаженням обладнання.

Для автоматизованої системи керування споживанням електроенергії потрібне виконання умов стабілізації $P_3(t) \geq P_\phi(t)$, які для переробних підприємств не завжди прийнятні у зв'язку з додатковими матеріальними затратами і високим

терміном окупності (до 5 років). Тому пропонується інший підхід до вирішення задачі створення бази знань для ефективного прийняття рішень при керуванні ТК молочних виробництв. Допустимо, що потрібно визначити час функціонування обладнання τ , який для заданих енергоресурсів W_3 забезпечує максимум продуктивності G , а для заданої продуктивності – мінімум затрат енергії (4)

$$F(\tau) = \sum_{i=1}^n G_i \rightarrow \max; \quad \sum_{i=1}^n P_i \tau_i = W_3; \quad \tau_i = \tau_{0i}; \quad (3)$$

$$F(\tau) = \sum_{i=1}^n P_i \tau_i \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n G_i \tau_i = G_3; \quad (4)$$

Для заданих часових циклів t , питомих затрат P та електричної енергії W розподіляємо сировину g між технологічними процесами

$$F(g) = \sum_{i=1}^n t_i g_i \rightarrow \max; \quad \sum_{i=1}^n P_i g_i = W; \quad g_i = g_{0i}; \quad (5)$$

$$F(g) = \sum_{i=1}^n P_i g_i \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n g_i = G. \quad (6)$$

Для заданих електричних потужностей P обладнання технологічного процесу і часу T (за директивним графіком споживання енергоресурсів) визначаємо раціональні часові цикли їх завантаження

$$F(t) = \sum_{i=1}^n P_i t_i \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n t_i = T; \quad t_i = t_{0i}; \quad (7)$$

$$F(t) = \sum_{i=1}^n g_i t_i \rightarrow \max; \quad \sum_{i=1}^n t_i = T. \quad (8)$$

Наведені моделі дають можливість розраховувати в залежності від конкретних умов виробництва режими роботи обладнання, які забезпечують максимум продуктивності при мінімально можливих затратах енергії, а також знизити плату за електроенергію за рахунок стабілізації $P_\Phi(t) = P_3(t)$.

Накопичення спеціалізованих задач та їх вирішення за допомогою стандартних програм дозволяє створити базу даних для ефективного прийняття рішень при керуванні ТК.

Працездатність розглянутих вище моделей була підтверджена при дослідженні їх на виробництві. На основі розроблених моделей розраховано режими обладнання підприємств кондитерської та молочної промисловості, що забезпечує зменшення затрат електричної енергії на 7–15 %.

Для ілюстрації використання моделей розглянемо можливі розрахунки режимів функціонування обладнання ТК для підприємства по переробці 50 т молока на добу, наприклад, ліній по виробництву масла, казеїну та морозива відповідно при споживанні електричної енергії 41,8; 8,47; 20 кВт·год при продуктивності 0,7; 0,32; 0,25 т/год. Для заданого загального обсягу готової продукції (наприклад, 6 т) визначити режими роботи кожної лінії, які

забезпечують мінімальні питомі затрати енергії, можливо наступним чином. У відповідності з виразом (5) одержимо

$$59,7x_1 + 26,5x_2 + 80x_3 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

У результаті розв'язання рівнянь за допомогою стандартної програми (симплекс-методом) одержано рішення $x = 1,5; 34 \ 1,5$. Мініально можливі витрати енергії 289 кВт·год на першій та другій установках, де виробляється по 1,5 та 3 т продукції.

Для заданого обсягу готової продукції, наприклад, 4 т, час роботи кожної лінії, який забезпечує мінімальні витрати енергії, визначають за (3)

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 \rightarrow \min;$$

$$0,7x_1 + 0,32x_2 + 0,25x_3 = 4, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Час роботи ліній $x = 1; 9,5; 1$ дає можливість одержати мінімальні витрати енергії 142,5 кВт·год.

Для заданих витрат енергії 100 кВт·год час роботи ліній з максимальною продуктивністю визначають за (2)

$$0,7x_1 + 0,32x_2 + 0,25x_3 \rightarrow \max;$$

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 = 100, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Максимальний обсяг готової продукції 2,4 т забезпечує $x = 1; 4,5; 1$. Для заданого (за директивним графіком) балансу часу 8 год визначити роботи ліній, які забезпечують мінімальні витрати енергії.

У відповідності з (6) маємо

$$41,8x_1 + 8,47x_2 + 20x_3 \rightarrow \min;$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 8, \quad x_i = x_{3i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Оптимальні витрати енергії 112,6 кВт·год, $x = 1; 6; 1$.

У роботі розглянуті основні типи моделей. На їх основі можливо одержати різні варіанти моделей керування ТК харчових виробництв. Але потрібно мати на увазі, що побудова цих моделей «є гра з прибутком» (затратами). Тому складання систем рівнянь вимагає відповідних навичок, розуміння ситуації, як з матеріальними та енергетичними ресурсами на підприємстві, так і з попитом, цінами на готову продукцію.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Архангельський В.І., Богаєнко І.М., Грабовський Г.Г., Рюмшин М.О.* Системи людино-машинної комунікації в АСУ // Автоматизація виробничих процесів. – 1999. – «2(9). – С. 1-8.

