



jet.com.ua

ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ISSN 1726-3501

информационные технологии

інформаційні технології

information
technologies

новая экономика

нова економіка

new economy

промышленные технологии

промислові технології

industrial
applications

1/3(37)
2009

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАКУУМ-АПАРАТАМИ З ЕЛЕМЕНТАМИ СИТУАЦІЙНОГО ПІДХОДУ

Розглянуте питання ефективності функціонування оптимальної системи керування вакуум-апаратами з елементами ситуаційного підходу та приведена її оцінка. За допомогою імітаційного моделювання визначено результат застосування оптимальної системи керування на цукровому заводі

М.С. Глуценко

Кандидат технічних наук, асистент

Контактний тел.: (044) 287-94-54, 331-99-47, 8-066-197-56

e-mail: dk@card-pay.com

В.Г. Трегуб

Доктор технічних наук, професор

Контактний тел.: (044) 287-94-54

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

1. Вступ

При побудові системи керування утфельним вакуум-апаратом задача оптимального керування є однією з головних задач. Для реалізації алгоритмів на сучасній мікропроцесорній техніці необхідно розробити структуру оптимальної системи керування. Доречно відзначити, що розроблена система має якісні характеристики функціонування при виконанні умов: збурення вкладаються в задані обмеження, математична модель досить чітко описує процес, об'єкт працює в заданому режимі.

Для доведення ефективності оптимальної системи керування вакуум-апаратами з елементами ситуаційного підходу було використано імітаційне моделювання. Переваги застосування імітаційного моделювання найбільш помітно виявляються у разі моделювання виробничих процесів.

Важливо, що імітаційне моделювання використовується, швидше, як спосіб попереднього аналізу розробленої системи і допомагає в цьому більше, ніж простий текстовий або математичний опис її.

2. Постановка задачі

Оптимальне керування процесу кристалізації проводиться для знаходження оптимальних режимів цього процесу та для підвищення ефективності роботи утфельних вакуум-апаратів періодичної дії. Для кожної ситуації синтезували відповідне їй оптимальне керування. В даному випадку оптимальне керування зводиться до розв'язання однієї з таких задач:

1. мінімізація тривалості процесу;
2. максимізація виходу готового продукту.

Мінімізація тривалості використовується у разі, коли продуктове відділення стає „вузьким” місцем виробництва цукру і запаси сиропу досягають критичної межі, тобто коли втрати сиропу потрібно звести до мінімуму і вихід готового продукту може розглядатися як обмеження. Максимізація виходу готового продукту використовується при достатній продуктивності відділення і головною ціллю є досягнення збільшення виходу готового продукту, а тривалість проходження процесу стає обмеженням.

Були розроблені алгоритми що реалізують спосіб оптимального керування вакуум-апаратами періодичної дії для розв'язання задач мінімізації тривалості процесу або максимізації готового продукту.

3. Мінімізація тривалості процесу

Алгоритм, що реалізує спосіб оптимального керування вакуум-апаратом для розв'язання задачі мінімізації тривалості процесу зводиться до визначення n, θ, p_n, t_n, c ; де n, θ, c - кінетичні параметри, форм-фактор та постійна часу відповідно; p_n, t_n - тиск вторинної пари та температура гріючої пари в камері.

Початкові вхідні дані (блок 2), необхідні для розрахунку, пов'язані з якістю утфелю та параметрами апарату.



Рисунок 1. Схема алгоритму, що реалізує задачу мінімізації тривалості процесу

Знаходження оптимального значення θ^* (блок 3) виконується зміною керувань p_n, t_n, c за допомогою методу градієнта.

Знаходження оптимального значення n^* (блок 4) виконується зміною керування p_n, t_n за допомогою градієнтного метода.

Розрахунок залежності змінних стану ведеться в блоці 5.

В блоці 6 порівнюються досягненні значення тривалості процесу, кінцевий вміст сухих речовин з існуючими, вміст кристалів цукру та перевіряють обмеження. Якщо $CB_{y,k} = 92,5\%$, $h_y = h_{y,k}$, $Kp_k / Kp_m \geq 0,9$, тоді оптимальні значення змінних керування виводяться, якщо ні то повертаємося до блоку 5 і продовжуємо розрахунок залежності змінних стану від часу

При мінімізації тривалості процесу, критерієм його закінчення буде досягнення вмісту сухих речовин 92,5% і певного рівня утфелю. Крім того, вихід готового продукту не повинен бути менше допустимого.

Приблизний час циклу в більшості випадків для вакуум-апаратів періодичної дії першого продукту, дорівнює 3,5-4 години.

За технологічним регламентом на Лохвицькому цукровому заводі варіння утфелю ведеться приблизно 3,5 години при $p_n = 40 \text{ кПа}$, $t_n = 115^\circ \text{C}$, а власно процес кристалізації триває 2,6 години.

На процес варки утфелю впливають збурення, а саме CB_{cn} , t_c , $Дб_{cn}$, які є стохастичними. Реальна частота зміни збурень дозволяє зробити припущення, що для кожного варіння збурення змінюються один раз на її початку. Експериментально встановлені такі межі зміни збурень: CB_{cn} - вміст сухих речовин в сиропі, який підкачується, змінювався в межах [62-66] %СР; t_c - температура сиропу, який поступає з випарної станції, в межах [72-78] °С; $Дб_{cn}$ - доброякісність сиропу, який підкачується; в межах [90-93] од.Дб.

Результати імітаційного моделювання за алгоритмом мінімізації тривалості процесу представлено у вигляді таблиці для 3-х варінь утфелю першого продукту для Лохвицького цукрового заводу.

Як видно з табл. 1, тривалість процесу кристалізації всіх варінь зменшилась в середньому на 17%, а тривалість всього процесу варіння менша за час варіння утфелю на Лохвицькому цукровому заводі у середньому на 12%.

Враховуючи вище викладене, простежили за допомогою імітаційного моделювання динаміку зміни основних змінних стану від часу, порівнюючи з експериментальними даними, отриманими під час варки на Лохвицькому цукровому заводі.

Як видно з графіка, час варіння утфелю зменшився, потрібний вміст сухих речовин, а саме $CB_y = 92,5\%$ досягається через 2,25 години.

Вихід готового продукту, як видно з табл.1, в усіх трьох варіннях не виходить за обмеження.

Таблиця 1

Результати моделювання при застосуванні алгоритму мінімізації тривалості процесу

№	Збурення			Змінні керування			Ефективність оптимального керування		
	t_{cn} , од.Дб	t_c , °С	CB_{cn} , %	p_n , кПа	t_n , °С	c	Kp_k / Kp_m	τ , год	$\frac{\tau_p - \tau_{opt}}{\tau_p} \cdot 100\%$
1	90.1	75.3	63.5	22	128	0,8	0,941	2,25	13,5
2	92,8	76.8	65.1	25	131	0,7	0,942	2,18	16,1
3	91,5	72.4	66.2	24	125	0,65	0,92	2,05	21

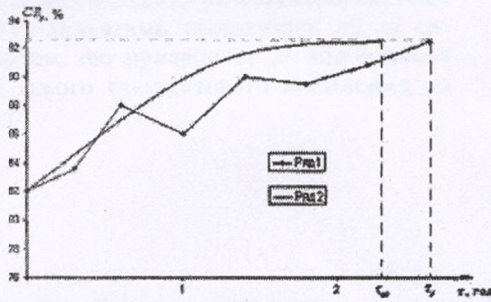


Рисунок 2. Залежність вмісту сухих речовин від часу
1-експериментальні дані
2-оптимальна траєкторія

4.Максимізація виходу готового продукту

Алгоритм зводиться до визначення $\theta, n, p, t_n, c, K_p$. До початкових вхідних даних (блок 2), необхідних для розрахунку, відносяться дані, що і у попередній задачі.

Знаходження оптимального значення θ^* (блок 3) виконується зміною керувань p, t_n, c за допомогою методу градієнта. В блоці 4 ведеться розрахунок n^* (так само, як при мінімізації тривалості процесу). Розрахунок залежності змінних стану від часу виконується в блоці 5. В блоці 6 порівнюються досягненні значення тривалості процесу, кінцевого вмісту сухих речовин та рівня з існуючими та перевіряються обмеження. Якщо $SV_{y,k} \geq 92,5\%$, $h_y \geq h_{y,k}$, $\tau_{n,опт} > \tau_k$, тоді оптимальні значення змінних керування виводяться, якщо ні, то повертаємося до блоку 5 і продовжуємо розрахунок залежності змінних стану від часу.

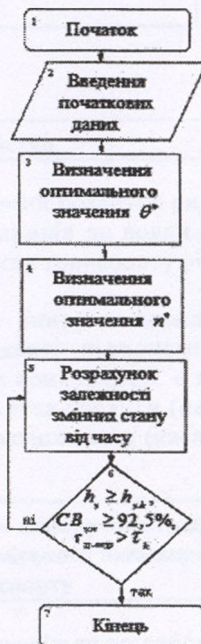


Рисунок 3. Схема алгоритму, що реалізує задачу максимізації виходу готового продукту

При моделюванні процесу під час розв'язання задачі максимізації виходу готового продукту для умов

Лохвицького цукрового заводу час проходження всіх стадій не може бути більшим допустимого, в даному випадку – 3,5 годин з врахуванням продуктивності шести центрифуг та утфелемішалки або не більше 2,6 годин процесу кристалізації. Закінчується процес варіння утфелю досягненням $SV_y = 92,5\%$ та певного рівня утфелю в вакуум-апараті.

Отже, враховуючи збурення, як і в попередній задачі, результат імітаційного моделювання представлено у табл.2 для 3-х варок утфелю першого продукту.

Таблиця 2

Результати моделювання при використанні алгоритму для знаходження максимуму виходу готового продукту

№	Збурення			Змінні керування			Ефективність оптимального керування		
	Дб _{сп}	t _c , °C	SV _{сп} %	p _в , кПа	t _n , °C	c	K _{pк} / K _{pм}	τ, год	K _{p*} %
1	91	72.3	64.5	29	121	1,3	0,981	2,52	9,1
2	92,8	74.8	63.7	34	119	1,1	0,968	2,42	7,6
3	90,1	72.4	66.1	31	123	0,95	0,983	2,48	9,2

$$\text{де } K_{p*opt} = \frac{(K_{pк} / K_{pм})_{опт} - (K_{pк} / K_{pм})_c}{(K_{pк} / K_{pм})_c} \cdot 100 ,$$

звідки $(K_{pк} / K_{pм})_e$ - це вихід готового продукту, розрахований за експериментальними даними.

Як видно з табл. 2, тривалість всіх варінь не перевищує 2,6 години, а вихід готового продукту більший в середньому на 8%.

Враховуючи вище викладене, простежили за допомогою імітаційного моделювання динаміку змін основних змінних стану, порівнюючи її з експериментальними даними, отриманими під час варінь утфелю на Лохвицькому цукровому заводі.

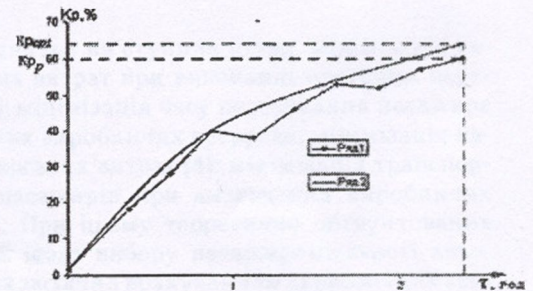


Рисунок 4. Залежність вмісту кристалів цукру від часу
1-експериментальні дані
2-оптимальна траєкторія

Як видно з рис. 4 час досягнення вмісту сухих речовин в утфелі майже співпадає з реальним часом. Вміст кристалів цукру збільшився майже на 4% за той самий час, що і при варінні утфелю на заводі.

Виходячи з графіків, можна зробити висновок що запропонована система оптимального керування призвела до покращення умов варіння і до збільшення виходу готового продукту майже на 8% в порівнянні з експериментальними даними, тривалість процесу варіння утфелю не перевищила 3,5 годин.

5. Висновки

За допомогою імітаційного моделювання було оцінено ефективність застосування оптимальної системи керування вакуум-апаратами періодичної дії за ситуаційним підходом, що призводить до підвищення продуктивності всього продуктового відділення на цукровому заводі.

1.

2.

Література

Трегуб В.Г., Глущенко М.С. Оптимальне керування технологічним комплексом апаратів періодичної дії// Наук. пр. НУХТ. - Київ. - 2006. - №18. – С. 74 – 76.

Трегуб В. Г. Автоматизоване керування апаратами періодичної дії на харчових підприємствах // Наук. пр. НУХТ. – 2005. - №16. – С. 25 – 27.