

ISSN 0554-2081. Харчова промисловість. 1995. Вип. 41.

УДК 638.562

Б. М. ГОНЧАРЕНКО, доктор технічних наук

В. Й. ЛУЦИК, кандидат технічних наук

Український державний університет харчових технологій

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
ОБГОРТАЛЬНИХ АВТОМАТІВ**

Проведено аналіз залежності теоретичної продуктивності обгортальних автоматів з однопотоковим стрічковим живильником від умов їхньої роботи включно із часом роботи автоблокування подачі виробів та обгортальних матеріалів і намічено шляхи її істотного підвищення. Комплексне використання всіх цих шляхів може привести до значення продуктивності $Q_T = 1385$ виробів за 1 хв, або 1925 % від вихідної, що при коефіцієнті використання 0,7 становить фізично близько 1000 шт./хв.

Гончаренко В. М., Луцик В. Й., 1995.

Теоретична продуктивність обгортального автомата зі стрічковим живильником виробів, шт./хв, може бути визначена [1] за рівнянням:

$$Q = \frac{60p}{t_a} \leq \frac{60p}{t_n + t_a} = \frac{60p}{\sqrt{\frac{2l_{n1}}{a_r} + t_n}} = \frac{60p}{\sqrt{\frac{2l_n}{fg} + t_n}}, \quad (1)$$

де t_n — час подачі виробу на крок l_n з позиції завантаження в циклову позицію; t_a — час роботи автоматичного блокування подачі виробів і стрічки обгортальних матеріалів; a_r — прискорення сили тертя виробу об стрічку живильника; f — коефіцієнт тертя; g — прискорення сили тяжіння.

Рівняння (1) достовірне для рівноприскореного руху виробу на стрічці живильника з початку відліку t_a після закінчення подачі. Якщо виріб рухається частину шляху l_{n1} рівноприскорено (розгін до швидкості подачі V_0), а частину l_{n2} рівномірно із швидкістю V_0 , то час подачі t_n в рівнянні (1) є сумою $t_{n1} + t_{n2}$, кожний з яких визначається за своїм рівнянням руху. Якщо до того ж забезпечити додаткове притиснення виробу до стрічки (потоком повітря із сопла або ж шіткою), то слід урахувувати збільшення прискорення, створюваного силою тертя, в $(1 + K_{дп})$ разів, де $K_{дп}$ — відношення сили додаткового притиску до маси виробу. Тоді рівняння (1) матиме більш загальний вигляд

$$Q_r = \frac{60p}{\sqrt{\frac{2l_{n1}}{fg(1 + K_{дп})} + \frac{l_{n2}}{V_0} + t_a}}. \quad (2)$$

Якщо контроль наявності виробу проводиться до його подачі на циклову позицію чи в процесі подачі, то робота автоблокування повністю або частково суміщується у часі з подачею виробу. Тоді час завантаження t_a вже не становитиме суми часу подачі t_n і часу роботи автоблокування t_a , а буде $t_a \ll t_n$ і t_a та рівняння (1) і (2) уже непридатні для визначення продуктивності Q_r .

У частковому випадку збігу початку відліку t_n і t_a (ймовірно при контролі виробу до подачі його на циклову позицію) виконуються умови $t_a \geq t_n$ і $t_a \geq t_a$ і час завантаження визначається більшим із них.

Тоді при $t_a \geq t_n$ рівняння (1) матиме вигляд:

$$Q \leq \frac{60p}{t_a}. \quad (3)$$

а у разі $t_n > t_a$ воно виглядатиме так:

$$Q = \frac{60p}{\sqrt{\frac{2l_{n1}}{fg(1 + K_{дп})} + \frac{l_{n2}}{V_0}}}. \quad (4)$$

Якщо подача стрічки живильника на один оберт циклового вала рівна або перевершує значення 10 опт , що відповідає оптимальному значенню швидкості стрічки $V_0 \text{ опт}$, то подача виробу рівноприскорена і рівняння (4) матиме такий вигляд:

$$Q_r \leq \frac{60p}{fg(1 + K_{дп})}. \quad (5)$$

Розглянемо деякі можливі шляхи підвищення продуктивності обгортальних автоматів з однопотоковим стрічковим живильником.

Величина подачі виробу повинна задовольняти нерівність $l_a \geq l_n \geq l_{ш}$, де l_a і $l_{ш}$ — розміри виробу і штовхача в напрямку подачі. Подачу виробу (наприклад, цукерки), прийемо рівною його довжині, тобто $l_n = 40$ мм, подачу стрічки живильника $l_0 = 185$ мм/об. (фактичну для реального автомата), кут завантаження $\varphi = 125^\circ$ (від початку вистою штовхача до початку опускання борту, що завершує подачу виробу), тобто відносна тривалість завантаження, як відношення $\varphi_3/360^\circ$ є $p = 0,348$, коефіцієнт тертя виробу об стрічку $f = 0,5$ [2] реальне значення, а максимальне значення часу роботи автоблокування $t_a = 0,087$ с (фактичне за експериментом) і одержимо за рівнянням (1) теоретичну продуктивність $Q_T = 72$ шт./хв, що відповідає найгіршому використанню конструкції і живильника, і схеми автоблокування.

Якщо прийняти це значення за вихідне Q_T для порівнювальних розрахунків, то зможемо проаналізувати ефективність можливих шляхів підвищення продуктивності.

1. Використання оптимальної подачі стрічки живильника на один оберт циклового валу.

Подача $l_0 = 185$ мм/об. не є оптимальною для розглядуваного прикладу, оскільки призводить до зниження продуктивності. При оптимальній для даного випадку подачі $l_0 = 600$ мм/об., при якій $l_{n2} = 0$, Q_T , як випливає з рівняння (1), зростає до $Q_T = 97$ шт./хв, тобто на 35 % (п. 2, таблиці). Одержаний результат не тільки вказує шлях підвищення продуктивності автомата, а й обгрунтовує вибір кроку подачі стрічки живильника.

2. Зменшення кроку подачі виробу з позиції завантаження на циклову.

З огляду залежності часу подачі від кроку подачі l_n , зменшення останнього збільшує Q_T . В свою чергу крок подачі залежить від ширини штовхача L_T . Зменшення його ширини зменшує і крок.

Якщо зменшити ширину штовхача до 20 мм, а крок подачі — відповідно до 25 мм, то за інших однакових умов продуктивність Q_T підвищиться на 49 % (п. 3, таблиці).

З рівняння (1) видно, що час подачі t_n пропорційний квадратному кореню з кроку l_n і скорочення останнього (до речі, важко здійснюване) не дає суттєвих резервів підвищення продуктивності.

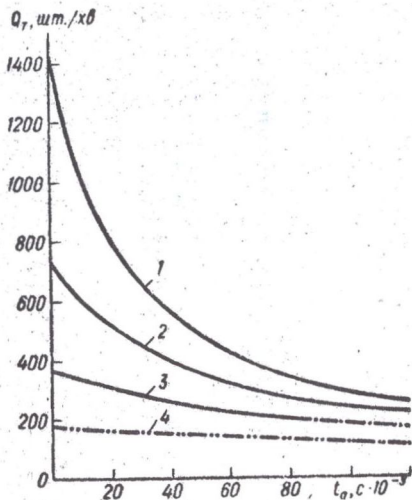
3. Скорочення часу автоблокування.

Цей шлях доцільний, коли час роботи автоблокування t_a входить у час завантаження t_a (рівняння (1)), (2) або ж перевищує час подачі t_n (рівняння (3)). Скорочення часу роботи автоблокування в даному прикладі до 0,023 с, що цілком досяжне технічно, дає змогу збільшити Q_T на 75 % (п. 4, таблиці).

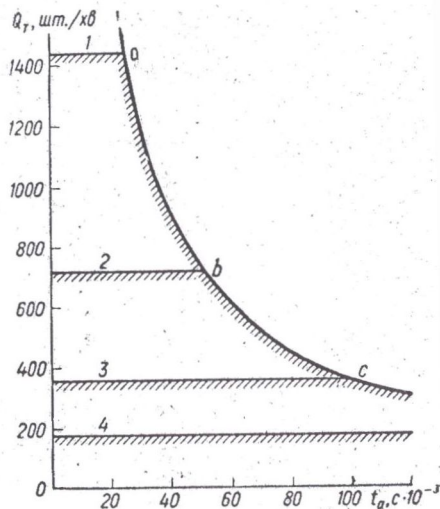
На рисунку 1 наведено криві залежності $Q_T = f(t_a)$ при $p = 0,6$ і $t_n = const$ для випадку, коли подача виробу і робота автоблокування не суміщені в часі, тобто $t_a \geq t_n + t_a$. Крива 1 відповідає часу подачі $t_n = 0,025$ с, крива 2 — 0,05, крива 3 — 0,1 і крива 4 — 0,2 с. Ці криві з нелінійним характером вказують на збільшення впливу часу роботи автоблокування на продуктивність автомата при зменшенні як часу подачі t_n , так і самого часу роботи автоблокування t_a . З характеру кривих випливає ефективний шлях підвищення продуктивності: суміщення роботи автоблокування з подачею виробу, тобто виключення t_a з часу завантаження t_a і скорочення часу подачі t_n при одночасному скороченні часу t_a , що докладніше розглянуто нижче.

4. Збільшення відносної тривалості завантаження.

Оскільки Q_T пропорційна відносній тривалості завантаження p у циклічних автоматах слід прагнути до збільшення останньої. Проте це обмежується зростанням динамічних навантажень у механізмах автомата [3], які в такому разі мають більші швидкості. Так, підвищення p до значення $p = 0,6$ (наприклад, за рахунок застосування «пірнаючого» штовхача [1]) підвищує продуктивність до $Q_T = 165$ шт./хв, або на 129 %; п. 5, таблиці). Якщо при



1. Криві залежності продуктивності від часу автоблокування



2. Криві залежності від часу автоблокування при $\rho=0,6$ і постійному кроці подачі

цьому скоротити подачу до $l_n=25$ мм, то продуктивність зростає до $Q_T=191$ шт./хв (п. 6, таблиці), що вже є межею для автоматів з однопотоковим стрічковим живильником із вільним розміщенням виробу на стрічці й з контролем виробів на цикловій позиції. З огляду лінійної залежності $Q_T=f(\rho)$ збільшення значення ρ ефективніше, ніж скорочення кроку l_n .

5. Суміщення в часі роботи автоблокування з подачею виробу.

Суміщення може бути повним або частковим. Цей шлях реалізується переносом точки контролю наявності виробу з циклової позиції на позицію завантаження і являє собою якісний стрибок у конструкції пристроїв автоблокування й подачі виробів та обгортальних матеріалів в автоматах [3].

На рисунку 2 представлені залежності $Q_T=f(t_n)$ при $\rho=0,6$ і $t_n=\text{const}$ для випадків, коли початок відліків t_n і t_a збігається в часі або робота автоблокування випереджає подачу ($t_a \geq t_n$). Нумерація кривих відповідає рисунку 1: крива 1 — $t_n=0,025$, крива 2 — $t_n=0,05$ с і т. д. Пока час t_a або його частина, що входить у час завантаження t_a і відкладається по осі абсцис, менший від часу подачі, продуктивність автомата визначається рівнянням

$$Q_T = \frac{60}{t_n} \quad (6)$$

і при $t_n=\text{const}$ являє собою пряму лінію, паралельну осі абсцис. При $t_a \geq t_n$ Q_T визначається рівнянням (3) і становить при прийнятих вихідних умовах криву abc на рисунку 2, в яку переходять згадані раніше прямі. Галузі продуктивності, що відповідають різним значенням часу подачі (0,025; 0,05; 0,1; 0,2), виділені на рисунку 2 штрихом. При рівнянні рисунків 1 і 2 виявляється більше підвищення продуктивності при суміщенні часу t_n і t_a , ніж у випадках при $t_a \geq t_n + t_a$.

У таблиці в п. 8 наведено відповідно до рівняння (4) значення Q_T автомата при заданих початкових умовах, при кроці подачі $l_n=36$ мм, $\rho=0,486$, відповідно до модифікації автомата ЗКЦА. Дані п. 9 таблиці відповідають

Залежність теоретичної продуктивності автомата від швидкодії автоблокування подачі виробів

№ п.п.	Рівняння	l_n , мм	p	t_a , с	t_n , с	$t_a + t_n$, с	Q_T , шт./хв	$Q_T/Q_{Tв}$
1	(2)	40	0,348	0,087	0,203	0,290	72	1,0
2	(1)	40	0,348	0,087	0,128	0,215	97	1,35
3	(2)	25	0,348	0,087	0,109	0,196	107	1,49
4	(2)	40	0,348	0,023	0,142	0,165	126	1,75
5	(2)	40	0,6	0,087	0,131	0,218	165	2,29
6	(1)	25	0,6	0,087	0,101	0,188	191	2,66
7	(2)	25	0,6	0,023	0,101	0,124	290	4,03
8	(4)	40	0,348	0,132	0,132	0,132	159	2,21
9	(5)	36	0,486	0,121	0,121	0,121	241	3,35
10	(5)	25	0,6	0,101	0,101	0,101	356	4,86
11	(2)	40	0,348	0,087	0,147	0,234	89	1,24
12	(3)	40	0,348	0,087	0,059	0,087	237	3,30
13	(4)	40	0,348	0,034	0,034	0,034	614	8,53
14	(5)	25	0,026	0,026	0,026	0,026	1385	19,25

максимальній теоретичній продуктивності ($Q_T=241$ шт./хв), яку можна ще одержати без зміни конструкції автомата при контролі наявності виробу на позиції завантаження.

Подальше зменшення кроку подачі до $l_n=25$ мм і збільшення її тривалості до $p=0,6$ дають змогу одержати значення $Q_T=356$ шт./хв (п. 10 таблиці), що є межею для подібного типу автоматів при вільно лежачих на стрічці однопотокового живильника виробів. Наступне підвищення продуктивності можливе лише при переході до багатопотокових живильників або при додатковому притисненні виробів до стрічки.

6. Збільшення прискорення руху подачі.

З вищеведеного аналізу випливає, що подальше скорочення часу t_n в автоматах з однопотоковим живильником можливе лише за рахунок збільшення прискорення a_T , створюваного силою тертя F_T виробу об стрічку живильника.

$$E = f(G + \Delta F), \quad (6)$$

де G маса виробу і ΔF — сила додаткового притиснення виробу до стрічки.

Збільшення значення коефіцієнта тертя виробу об стрічку живильника малоімовірне [2], тому реальний шлях зростання сили тертя дає додаткове притиснення виробу до стрічки. При цьому прискорення

$$a_T = fg \left(1 + \frac{\Delta E}{G} \right) = fg (1 + K_{дп}), \quad (7)$$

а продуктивність автомата за рівняннями (2), (4) і (5).

При використанні сопла для притиснення виробу потоком повітря легко одержати притиснення до 200 Н. При масі цукерки близько 14 г одержимо $K_{дп}=14$, що при оптимальній подачі $l_o_{опт}$ і кроці подачі виробу $l_n=40$ мм дає змогу скоротити час подачі до $t_n=0,033$ с. Проте при контролі наявності виробу на цикловій позиції, кроці подачі стрічки живильника $l_o=185$ мм і часі роботи блокування $t=0,087$ с вказане значення t_n не може бути досягнуто, оскільки загальний час завантаження (з урахуванням t_a) великий, а швидкість стрічки живильника недостатня. Фактичний час подачі при прийнятих раніше вихідних умовах становить 0,147 с (п. 11, таблиці) і продуктивність підвищується лише на 24 %.

Найефективніше додаткове притиснення в автоматах із суміщенням часу

подачі виробу і роботи автоблокування. Проте, якщо при цьому час подачі t_n менше від t_a , його швидкодія може обмежувати зростання Q_T , яка в розглянутому прикладі становить 237 шт./хв, або 330 % від вихідної.

При зменшенні часу роботи автоблокування до $t_a < t_n$ (наприклад, за рахунок використання швидкодіючих безконтактних пристроїв [4]) продуктивність підвищується (за інших однакових умов) до $Q_T = 614$ шт./хв, що буде вже 853 % від вихідної (п. 13, таблиці).

Висновок. Як видно з п. 14 таблиці, комплексне використання всіх розглянутих вище шляхів підвищення теоретичної продуктивності обгортальних автоматів з однопотоковим стрічковим живильником приводить до значення $Q_T = 1385$ шт./хв, або 1925 % від вихідної, що при коефіцієнті використання $K_v = 0,7$ відповідає фізичній продуктивності близько 1000 шт./хв.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бройдо Б. Е. Упаковочные автоматы.— К.: Гостехиздат УССР, 1961.— 254 с.
2. Бройдо Б. Е., Сухой Л. А. Экспериментальное определение коэффициентов трения скольжения штучных кондитерских изделий // Тр. ВНИИЭКИПродмаш.— М.: ВНИИПродмаш, 1967.— № 1.— 5 с.
3. Гончаренко Б. Н. Исследование динамики СЦР этикетки в заверточных автоматах высокой производительности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— К.: КТИПП, 1969.— 184 с.
4. Луцык В. И. Разработка и исследование быстродействующих устройств для автоблокировки и центрирования рисунка этикетки в конфетозаверточных автоматах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— К.: КТИПП, 1967.— 27 с.

Одержано редколлегією 10.03.94.

Проведен анализ зависимости теоретической производительности оберточных автоматов с однопотоковым ленточным питателем от условий их работы включительно со временем работы автоблокирования подачи изделий и оберточных материалов и намечены пути ее существенного повышения. Комплексное использование всех этих путей может привести к значению производительности $Q_T = 1385$ изделий за 1 мин, или 1925 % от исходной, что при коэффициенте использования 0,7 составляет физически около 1000 шт./мин.