УДК 621.87

В.М. ЛЮБІМОВ, канд. техн. наук
Л.О. КРИВОПЛЯС-ВОЛОДІНА, канд. техн. наук
А.В. ДЕРЕНІВСЬКА
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ СИРНИХ БЛОКІВ У ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ З ПРИВОДНОЮ ЗАСЛІНКОЮ

В статті наведено методику розрахунку основних технологічних етапів переміщення штучних харчових виробів прямокутної форми в перевантажувальному пристрої з метою визначення продуктивності і мінімального кроку з яким необхідно розташовувати вироби на стрічці павального конвеєра для виключення явища затору виробів.

Ключові слова: *операція, перевантаження, сили тертя, переміщення виробів, рівняння руху.*

В статье приведена методика расчёта основных технологических этапов перемещения штучных пищевых изделий прямоугольной формы в перегрузочном устройстве с целью определения производительности и минимального шага с которым необходимо располагать изделия на ленте подающего конвейера для исключения явления затора изделий.

Ключевые слова: *операция, перегрузки, силы трения, перемещение изделий, уравнение движений.*

In article the design procedure of the basic technological stages of moving of piece food products of a squared shape in the reloading device for the purpose of definition of productivity and the minimum step with which is resulted it is necessary to have products on a tape of the submitting conveyor for an exception of the phenomenon of a jam of products.

Keywords: *operation, overloads, forces of a friction, moving of products, the equation of movements.*

Огляд різних літературних джерел, зокрема і [1 – 4], показав, що повної методики розрахунку технологічних етапів процесу переміщення штучного виробу і надання рекомендацій щодо вибору параметрів даного перевантажувального пристрою не існує.

За принципом роботи пристрою передбачається, що блок сиру 1 (рис. 1) потрапляє з подавального 2 на відвідний 3 стрічкові конвеєри, рухаючись вздовж направляючої заслінки 4 до контакту з упором 5. В момент контакту заслінка відкривається і виріб переміщується відвідним конвеєром до наступного пристрою. При цьому приймаємо наступні припущення:

відстань між стрічковими конвеєрами $\Delta = 0$;

робочі поверхні стрічкових конвеєрів знаходяться в одній площині;

блок сиру приймаємо як відносно жорстке тіло.

На першому етапі починається процес переміщення виробу по стрічці відвідного конвеєра та вздовж поверхні заслінки. Етап характеризується тим, що відносна швидкість V руху центра мас тієї частини виробу, що знаходиться на стрічці відвідного конвеєра , в проекції на вісь абсцис $V_x = V_1 = \text{const}$ (рис. 2), а в проекції на ось ординат $\left|-V_y\right| = V_2 = \text{const}$. У даному випадку рушійною силою є сила тертя ковзання F_1, а силами опору проекція сили тертя F_2 на ось абсцис F_{2x} та сила тертя F_3. Проекція сили тертя F_2 на ось ординат F_{2y} притискає виріб до поверхні заслінки, в результаті чого виникає сила тертя F_3. Запишемо умову при якій закінчується перший етап:

$$F_1 = F_{2x} + F_3 \qquad (1)$$

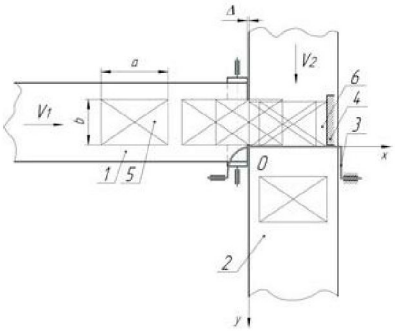

Рис. 1. Схема перевантажувального пристрою з напрямною заслінкою в лінії транспортування і пакетування блоків твердих сирів:
1 — подавальний стрічковий конвеєр, 2 — приймальний стрічковий конвеєр, 3 — активна напрямна заслінка, 4 — пасивний упор, 5, 6 — блок сиру.

© В.М. Любімов, Л.О. Кривопляс-Володіна, 2010

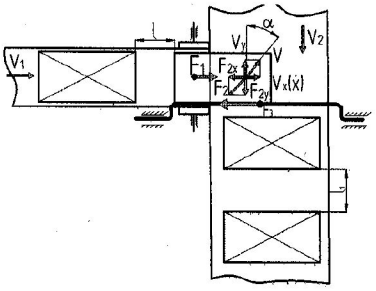

Рис. 2. Розрахункова схема другого і третього етапів

Виразимо сили тертя через сили тяжіння та коефіцієнти тертя і, враховуючи, що кут між віссю ординат у і відносною швидкістю V центру мас другої частини виробу дорівнює $a = \mathrm{arctg}(V_1/V_2)$, отримуємо:

$$mg\frac{(a-x_1)}{a}\cdot f_1 = mg\frac{x_1}{a}\cos\left(\mathrm{arctg}\frac{V_1}{V_2}\right)\cdot f_2 +$$

$$+mg\frac{x_1}{a}\sin\left(\mathrm{arctg}\frac{V_1}{V_2}\right)f_2\cdot f_3, \qquad (2)$$

де a — довжина виробу, x_1 — максимальна величина переміщення виробу по стрічці відвідного конвеєра, f_1, f_2, f_3 — коефіцієнти тертя-ковзання виробу, відповідно по стрічці подавального і відвідного конвеєрів та поверхнею заслінки. Перетворимо рівняння (2) враховуючи, що

$$\cos(\mathrm{arctg}\frac{V_1}{V_2}) = 1\Big/\sqrt{1+\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}$$

та

$$\sin\left(\mathrm{arctg}\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)\Big/\sqrt{1+\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}$$

і отримаємо:

$$x_1 = \frac{a\cdot f_1}{\left(f_1 + \dfrac{f_2 + f_2\cdot f_3\cdot V_1/V_2}{\sqrt{1+\left(V_1/V_2\right)^2}}\right)} \qquad (3)$$

Визначимо час переміщення виробу на першому етапі:

$$\tau_1 = x_1/V_1 \qquad (4)$$

Другий етап починається з моменту проковзування стрічки подавального конвеєра під виробом і характеризується тим, що швидкість $V_x = \dot{x} \neq V_1$, тобто змінна. На другому етапі виріб рухається під дією сили тертя F_1 та сили інерції. Запишемо рівняння руху виробу на цьому етапі:

$$m\ddot{x} = mg\frac{a-x}{a}f_1 - mg\frac{x}{a}\cdot\frac{f_2}{\sqrt{1+\left(\dot{x}/V_2\right)^2}} -$$

$$-mg\frac{x}{a}\cdot\frac{f_2\cdot f_3\cdot\left(\dot{x}/V_2\right)}{\sqrt{1+\left(\dot{x}/V_2\right)^2}}. \qquad (5)$$

Перетворимо рівняння (5) і отримаємо:

$$\ddot{x} + x\left(\frac{gf_1}{a} + \frac{gf_2V_2 + gf_2f_3\cdot\dot{x}}{a\sqrt{\dot{x}^2+V_2^2}}\right) - gf_1 = 0 \qquad (6)$$

Для вирішення цього рівняння маємо початкові умови: при $t_п = 0$, $x_п = x_1$, $\dot{x}_п = V_1$. Другий етап закінчується при умові $x = a$. При вирішенні рівняння (6) визначаємо величину x переміщення виробу на стрічку відвідного конвеєра та час переміщення τ_2. У випадку отримання $x < a$ маємо на увазі, що при заданих вихідних даних виріб не переміщується повністю на стрічку відвідного конвеєра і виникає «затор». З метою усунення «затору» вирішуємо нелінійне диференційне рівняння (6) при умові, що виріб переходить зі стрічки подавального конвеєру на стрічку відвідного. Тому для прийнятих співвідношень f_1/f_2 знаходимо потрібні співвідношення V_1/V_2. Результати розрахунків наведені на рис. 3.

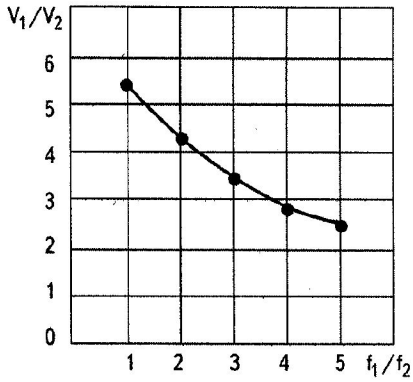

Рис.3. Графік для вибору відношення V_1/V_2, в залежності від прийнятого значення f_1/f_2, при умові відсутності «затору».

На третьому етапі (див.рис.2) заслінка відкривається і виріб розганяється силою тертя F_2 до швидкості V_2. Так як стрічка конвеєра проковзується під виробом, рівняння руху має вид:

$$m\ddot{y} = mg\cdot f_2 \qquad (7)$$

Вирішуємо рівняння з урахуванням початкових умов: при $t_п = 0$, $y_п = 0$, $\dot{y}_п = 0$. Тоді:

$$y = gf_2\cdot t \qquad (8)$$

Третій етап закінчується при $\dot{y} = V_2$, тоді час t_3 руху виробу на третьому етапі

$$t_3 = V_2 / gf_2. \qquad (9)$$

Визначаємо цикл T роботи пристрою, його продуктивність Z та крок l з яким повинні бути розташовані вироби на стрічці подавального конвеєра:

$$T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3,\ Z = 1/T,\ l = V_1 \cdot T \qquad (10)$$

Враховуючи, що в момент доторкання наступним виробом стрічки відвідного конвеєра попередній має швидкість V_2, визначаємо крок l_1 між виробами на стрічки відвідного конвеєра:

$$l_1 = V_2 \cdot T \qquad (11)$$

Висновки. На динаміку процесу переміщення не впливає маса виробів.

Здійснення перевантажувальних операцій без «заторів» залежить від правильного вибору співвідношень між швидкостями і коефіцієнтами тертя виробів по стрічкам подавального та відвідного конвеєрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Левачев Н.А.* Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ в пищевой промышленности. / М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 183с.

2. *Волчко А.И., Кривопляс А.П.* Оптимизация процесса перемещения штучних грузов с подающего на магистральный конвейер // Деп. в УкрНИИНТИ 17.02.87 — №773 — Ук.87. — с.19.

3. *Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О.* Перевантаження вантажів у потоково-транспортних системах одного рівня. — Наукові праці НУХТ, 2004, № 2

4. *Кривопляс А.П., Буров А.А., Любимов В.М.* Исследование удара тары в перегрузочном устройстве.// Пищ. пром. Киев.: Техника, 1987.— Вып. 24. — с.98 – 100.

Одержано редколегією 24.11.2009