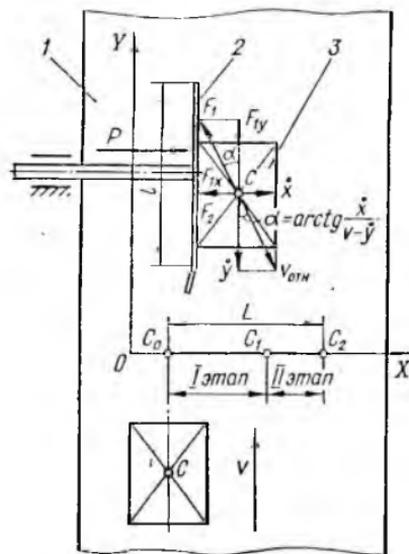


ПЕРЕСТРОЙКА ДВИЖЕНИЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ ИЗ РЯДА В РЯД ТОЛКАТЕЛЕМ



Расчетная схема узла перестройки штучного груза из ряда в ряд.

Процесс перестроения груза из ряда в ряд под действием толкателя широко применяется в машинах-автоматах, пакетоформирующих машинах и транспортирующих устройствах технологических линий предприятий пищевой промышленности.

Пусть, например, груз 3 (см. рисунок) перемещается толкателем 2 поперек ленты конвейера 1 из исходной позиции C_0 в заданную позицию C_2 . В процессе перестроения на груз действует движущая сила P и силы сопротивления — сила трения F_1 груза о ленту конвейера и сила трения F_2 груза о рабочую поверхность толкателя. Процесс перестроения состоит из двух этапов: на первом от позиции C_0 до позиции C_1 груз разгоняется движущей силой P , на втором — от позиции C_1 до позиции C_2 груз совершает инерционное перемещение.

Согласно положениям, изложенным в работе [1], максимальное быстродействие можно обеспечить, если на участке разгона груза

движущая сила $P = P_{\max}$ и на участке инерционного перемещения $P = 0$.

Полагая коэффициенты трения скольжения постоянными, определяем силы трения по следующим формулам:

$$F_1 = mgf_1; \quad (1)$$

$$F_{1x} = mgf_1 \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{x}{v-y} \right); \quad (2)$$

$$F_{1y} = mgf_1 \cos \left(\operatorname{arctg} \frac{x}{v-y} \right); \quad (3)$$

$$F_2 = f_2 P, \quad (4)$$

где m — масса груза; g — гравитационное ускорение; f_1 и f_2 — коэффициенты трения скольжения груза по ленте конвейера и по рабочей поверхности толкателя; v — скорость ленты конвейера; \dot{x} — скорость перемещения центра масс груза вдоль оси X ; \dot{y} — ускорение перемещения центра масс груза вдоль оси Y .

При исследовании процесса перемещения примем следующие допущения: груз считаем жестким телом, вектор силы P параллелен оси X , вектор силы F_2 параллелен оси Y , отсутствует зазор между толкателем и грузом в момент приложения движущей силы (условие безударного начала движения). С учетом принятых допущений уравнения движения груза имеют вид:

на первом этапе (от позиции C_0 до позиции C_1)

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= P - F_{1x}; \\ m\ddot{y} &= F_{1y} - F_2; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

на втором этапе (от позиции C_1 до позиции C_2)

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= -F_{1x}; \\ m\ddot{y} &= F_{1y}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

После подстановки в уравнения (5)—(8) значений сил из уравнений (1)—(4) получим нелинейные дифференциальные уравнения, которые аналитическому решению не поддаются. С целью линеаризации уравнений заменим нелинейные части функций их усредненным значением A :

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{zv} \int_0^v dy \int_0^z \frac{\dot{x} dx}{\sqrt{x^2 + (v-y)^2}} = \frac{1}{zv} \int_0^z d\dot{x} \int_0^v \frac{(v-y) dy}{x^2 + (v-y)^2} = \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{v}{z}\right)^2} - \frac{v}{z} + \frac{z}{v} \ln \left[\sqrt{1 + \left(\frac{v}{z}\right)^2} + \frac{v}{z} \right] \right\}, \quad (7) \end{aligned}$$

где z — максимальная скорость \dot{x} движения груза вдоль оси X (выбирается конструктивно).

Уравнения (5)–(6) с учетом выражения (7) и соответствующих преобразований примут вид:
на первом этапе

$$\ddot{x} = a_1; \quad \ddot{y} = b_1; \quad (8)$$

на втором этапе

$$\ddot{x} = -a_2; \quad \ddot{y} = a_2, \quad (9)$$

где

$$a_1 = \left(\frac{P}{m} - gf_1A \right); \quad b_1 = \left(gf_1A - \frac{P}{m} f_2 \right); \quad a_2 = gf_1A. \quad (10)$$

Граничные условия на первом и втором этапах будут иметь вид

$$\left. \begin{aligned} t = 0, \quad x = 0, \quad \dot{x} = 0, \quad y = 0, \quad \dot{y} = v; \\ t = T, \quad x = L, \quad \dot{x} = 0, \quad y = l, \quad \dot{y} = v, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где T — время, за которое груз переместится из позиции C_0 в позицию C_2 ; L — перемещение груза поперек ленты конвейера; l — длина рабочей поверхности толкателя.

Решение уравнений (8) и (9) с учетом условий (11) имеет вид:
на первом этапе

$$\dot{x} = a_1 t; \quad x = 0,5 a_1 t^2; \quad (12)$$

$$\dot{y} (b_1 t + v); \quad y = (0,5 b_1 t^2 + vt); \quad (13)$$

на втором этапе

$$\dot{x} = a_2 (T - t); \quad x = a_2 (Tt - 0,5t^2 - 0,5T^2) + L; \quad (14)$$

$$\dot{y} = v - a_2 (T - t); \quad y = l - v (T - t) - a_2 Tt - 0,5 a_2 (T^2 + t^2). \quad (15)$$

Из совместного решения уравнений (12) и (14) находим время действия движущей силы

$$v = \frac{a_2 T}{(a_1 + a_2)}, \quad (16)$$

а также время перемещения груза из позиции C_0 в позицию C_2

$$T = \sqrt{\frac{L(a_1 + a_2)}{0,5 a_1 a_2}}.$$

Решив совместно уравнения (13) и (15) с учетом выражения (16), находим длину рабочей поверхности толкателя

$$l = 0,5 \frac{(b_1 a_2^2 - a_1^2 a_2)}{(a_1 + a_2)^2} T^2 + Tv.$$

Результаты проведенного исследования позволяют расчетным путем определить геометрические параметры толкателя, кинематические параметры груза при перестройке из ряда в ряд, продолжительность действия движущей силы, время рабочего хода и, соответственно,

производительность узла. Результаты проведенных исследований использованы при разработке пакетоформирующей машины для упакованных в транспортную тару макаронных изделий.

Список литературы

1. Кривопляс А. П. Исследование и оптимизация законов движения жесткой тары, заполненной пищевыми продуктами, при машинном пакетировании. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. К. 1975. 30 с.

Поступила в редколлегию 28.03.80.