

МИНИСТЕРСТВО ВЫШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УССР

КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 664.002.6:621.798.4

Н.А.Масло, А.П.Кривопляс, В.М.Любимов

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ В ФОРМЕ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА С
ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРА НА НЕПОДВИЖНУЮ ПЛОСКОСТЬ

Дел. в Укр НИИ ИЛИ 22.07.87

Киев - 198 7

2156-Ук87

Операция перемещения изделий в форме параллелепипеда (например, пачек с макаронными изделиями) с движущейся ленты конвейера на неподвижную плоскость относится к группе операций по формированию структурных элементов пакета. Она является типичной при формировании ряда из отдельных пачек (рис. I) в устройствах, предназначенных для укладки изделий в транспортную тару.

В технической литературе приводится исследование процесса перемещения тарно-штучного груза с ленты конвейера на неподвижную плоскость /1, 2/. На практике чаще встречается случай, когда из пачек, расположенных с определенным интервалом на ленте конвейера, в процессе перемещения их на неподвижную плоскость формируют ряд.

Исследуем процесс формирования ряда с момента начала перемещения второй пачки с ленты конвейера на неподвижную плоскость. При этом считаем скорость U_k ленты величиной постоянной и зазором в месте стыка конвейера с неподвижной плоскостью ввиду малости пренебрегаем. Процесс перемещения рассматриваем состоящим из нескольких этапов:

- вход единичной пачки в контакт с неподвижными пачками (прямой центральный удар движущейся пачки о неподвижный ряд пачек);
- разгон образовавшегося ряда;
- движение ряда с постоянной скоростью;
- замедление движения ряда от максимальной скорости до остановки.

Первый этап - вход единичной пачки в кон-

такт с неподвижными пачками (рис.2). Величина ударного импульса, возникающего в момент контакта, определяется известной формулой классической механики:

$$S = (1 + K) \frac{m_1 \cdot m_2}{(m_1 + m_2)} v_n, \quad (I)$$

где K - коэффициент восстановления при ударе пачки о пачку;

m_1 - масса единичной пачки;

m_2 - масса неподвижных пачек;

v_n - скорость единичной пачки (соответствует скорости движения ленты конвейера v_k).

Экспериментально установлено, что удар пачки о пачку является близким к абсолютно неупругому удару, т.е. коэффициент восстановления K можно принять равным нулю. Учитывая это, а также то, что

$$m_2 = n \cdot m_1, \quad (2)$$

где n - число неподвижных пачек,

выражение (I) можно преобразовать к виду:

$$S = \frac{n \cdot m_1 \cdot v_k}{n + 1}. \quad (3)$$

Скорость пачек после удара определяется известной формулой классической механики:

$$v_o = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_k. \quad (4)$$

С учетом выражения (2), формула (4) примет вид:

$$v_0 = \frac{v_k}{n+1} . \quad (5)$$

Из анализа формулы (5) можно сделать вывод, что с увеличением числа неподвижных пачек, начальная скорость всей совокупности пачек после удара снижается, а из выражения (3) следует, что при тех же условиях повышается величина ударного импульса.

Если известна величина допускаемого ударного импульса $[S]$, который может воздействовать на пачку не нарушая ее целостности, то можно определить скорость движения ленты конвейера из условия сохранности пачек в процессе выполнения исследуемой операции, по формуле:

$$v_k \leq \frac{[S](n+1)}{n m_1} . \quad (6)$$

В т о р о й э т а п - разгон силой трения образовавшегося ряда от скорости v_0 до скорости v_k (рис.3,а). Для этапа характерно ускоренное движение всей совокупности пачек, которое описывается дифференциальным уравнением:

$$n \cdot m_1 \ddot{x} = F_1 - F_2 , \quad (7)$$

где n - число всех пачек;

x - координата точки, расположенной на торце первой пачки;

F_1 - сила трения между лентой конвейера и пачками (движущая сила);

F_2 - сила трения между пачками и неподвижной плос-

костью (сила сопротивления движению).

Силы трения F_1 и F_2 переменные, зависят от координаты x и определяются выражениями:

$$F_1 = n m_1 g f_1 \frac{(n l - x)}{n l} = m_1 g f_1 \frac{(n l - x)}{l}, \quad (8)$$

$$F_2 = n m_1 g f_2 \frac{x}{n l} = m_1 g f_2 \frac{x}{l}, \quad (9)$$

где f_1 и f_2 — коэффициенты трения скольжения пачек, соответственно, по ленте конвейера и неподвижной плоскости;

l — длина боковой грани единичной пачки;

g — ускорение свободного падения тела.

С учетом выражений (8) и (9) уравнение (7) можно преобразовать к виду:

$$\ddot{x} + A^2 x = B, \quad (10)$$

где $A = \sqrt{\frac{g}{n l} (f_1 + f_2)}$ и $B = g f_1$.

Введя начальные условия второго этапа: $x = x_n$,

$\dot{x} = v_n$ при $t = 0$, запишем решение полученного уравнения в виде:

$$x_2 = \left(x_n - \frac{B}{A^2} \right) \cos A t + \frac{v_n}{A} \sin A t + \frac{B}{A^2}, \quad (11)$$

$$\dot{x}_2 = A \left(\frac{B}{A^2} - x_n \right) \sin A t + v_n \cos A t, \quad (12)$$

$$\ddot{x}_2 = (B - A^2 x_n) \cos A t - v_n A \sin A t. \quad (13)$$

Окончание второго этапа наступит в момент, когда скорость $\dot{x}_2$ ряда пачек станет равной скорости ленты конвейера U_K . Применяв в уравнении (I2) подстановку $\dot{x}_2 = U_K$ и решая последнее относительно t , определим продолжительность второго этапа

$$\tau_2 = \frac{1}{A} \arcsin \left(\left(\frac{B}{2U_H A} - \frac{Ax_H}{2U_H} \right) \pm \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A_1 U_H} - \frac{Ax_H}{U_H} \right)^2 - \left(\frac{U_K}{U_H} - 1 \right)^2} \right) \quad (I4)$$

Начальные условия, входящие в приведенные выше формулы, определяются следующим образом. Начальная скорость $U_H = U_0$ и определяется по формуле (5), а значение x_H определяется по формуле (II), преобразованной к виду:

$$x_H = \left(x_0 - \frac{B}{A^2} \right) \cos A_1 \tau_2' + \frac{U_0}{A_1} \sin A_1 \tau_2' + \frac{B}{A_1^2}, \quad (I5)$$

где $x_0 = \frac{(n-1) l f_1}{f_1 + f_2}$ — координата ряда пачек до удара; найденная из условия равенства

$$\text{сил } F_1 = F_2, \text{ а коэффициенты } A_1 = \sqrt{\frac{g}{(n-1)l(f_1 + f_2)}} \\ \text{и } B = g f_1.$$

Время τ_2 , входящее в формулу (I5), определяется по формуле (I4), в которой U_H , x_H , A предварительно заменены на U_0 , x_0 и A_1 .

С учетом начальных условий, находим кинематические параметры x_2 , $\dot{x}_2$ и τ_2 ряда пачек в момент окончания второго этапа. Далее ряд пачек будет двигаться с постоянной скоростью, равной скорости ленты конвейера U_K . Если же уравнение (I2) при подстановке $\dot{x}_2 = U_K$ не имеет решения, то это означает, что ряд пачек не разгоняется до скорости,

равной скорости ленты конвейера. В этом случае ряд пачек разгоняется до максимальной скорости $\dot{x}_2 \leq U_K$ (соответствует моменту равенства сил $F_1 = F_2$). Произведя подстановку значения $\ddot{x}_2 = 0$ в уравнение (I3), находим время

$$\tau_2^* = \frac{1}{A} \operatorname{arctg} \left(\frac{B}{A U_H} - \frac{x_H}{U_H} \right), \quad (\text{I6})$$

а затем остальные кинематические параметры $\dot{x}_2$ и x_2 . В этом случае этап движения ряда пачек с постоянной скоростью, равной скорости ленты конвейера, отсутствует.

Т р е т и й э т а п - движение пачек с постоянной скоростью, равной скорости ленты конвейера U_K (рис.3,б). Окончание этапа наступит в момент выполнения условия $F_1 = F_2$. Из условия равенства сил находим координату ряда пачек в момент окончания этапа:

$$x_3 = \frac{n l f_1}{f_1 + f_2}. \quad (\text{I7})$$

Продолжительность третьего этапа определяется по формуле:

$$\tau_3 = \frac{x_3}{U_K} \quad (\text{I8})$$

Ч е т в е р т ы й э т а п - торможение образовавшегося ряда пачек силой трения $F_2 > F_1$ от скорости U_K или $\dot{x}_2$ (при отсутствии третьего этапа) до скорости $\dot{x}_4 = 0$ (рис.3,в). Для этапа характерно замедленное движение всей совокупности пачек, которое описывается дифференциальным уравнением (7). Поэтому, кинематические параметры x_4 , $\dot{x}_4$ и τ_4 ряда пачек на четвертом этапе движения находим по формулам (II)...(I4), но при следующих начальных условиях:

$$x_H = x_3 \quad \text{и} \quad U_H = U_K \quad \text{при} \quad t = 0 - \text{если имеется третий}$$

этап, $x_n = x_2$ и $v_n = \dot{x}_2$ при $t = 0$ — при его отсутствии.

При определении продолжительности четвертого этапа τ_4 необходимо в формуле (I2) применить подстановку $\dot{x}_4 = 0$. Если уравнение (I2) при данной подстановке не имеет решения, то это означает, что ряд пачек, переместившись на неподвижную плоскость, продолжает движение. В этом случае, для определения τ_4 необходимо воспользоваться формулой (II), произведя подстановку $x_4 = nl$. Дальнейшее движение ряда пачек по неподвижной плоскости описывается дифференциальным уравнением

$$nm_1 \ddot{x} = -F_2, \quad (I9)$$

или, с учетом (9), получим

$$\ddot{x} = -gf_2. \quad (20)$$

Решая уравнение (20) при следующих начальных условиях: $x = x_n = nl$, $\dot{x}_n = \dot{x}_4$ (скорость ряда пачек в момент полного перехода на неподвижную плоскость) при $t = 0$, получим

$$x_4^* = \dot{x}_4 t + nl - gf_2 \frac{t^2}{2}, \quad (2I)$$

$$\dot{x}_4^* = \dot{x}_4 - gf_2 t. \quad (22)$$

Этап закончится в момент остановки ряда пачек. Используя условие $\dot{x}_4^* = 0$ из уравнения (22) находим время движения ряда до полной остановки:

$$\tau_4^* = \frac{\dot{x}_4}{gf_2}. \quad (23)$$

Подставив значение τ_4^* вместо t в (2I), находим координату x_4^* ряда пачек в момент остановки.

Применяя полученные выше зависимости при проектирова

нии укладочных машин, можно решать различные инженерные задачи: рассчитать продолжительность технологической операции - набора ряда из пачек, определить необходимую скорость ленты конвейера для обеспечения заданной производительности устройства, найти величину динамического воздействия на пачки.

Список использованных источников

1. Беспалько А.П., Кривопляс А.П. Перемещение мешко-тарных грузов с подвижной несущей плоскости на неподвижную в складских и погрузочных машинах.- Механизация и автоматизация производства, 1973, №6, с.7-8.
2. Беспалько А.П., Любимов В.М. Исследование процесса перемещения единицы тарно-штучного груза с ленты конвейера на приемный стол.- В сб.: Пищевая промышленность.- Киев: Вища школа, 1978, вып.13, с.49-50.

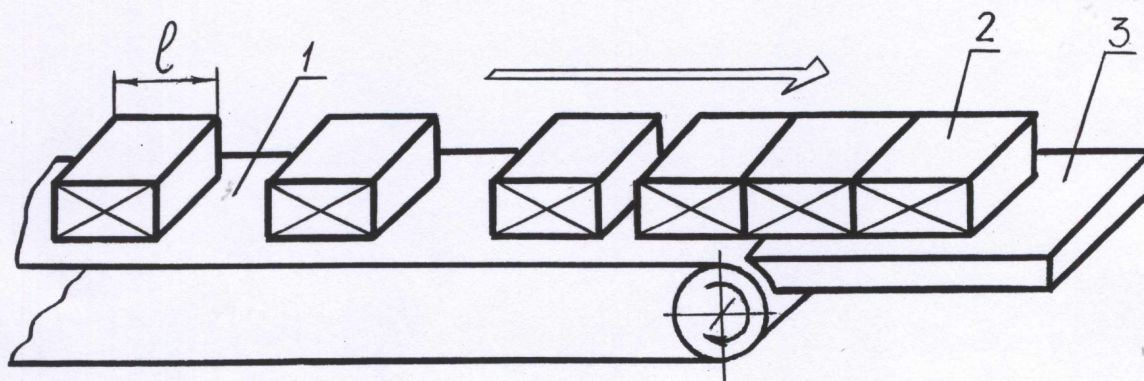


Рис.1. Технологическая операция перемещения пачек с ленты конвейера на неподвижную плоскость.
1 — конвейер; 2 — пачки; 3 — неподвижная плоскость.

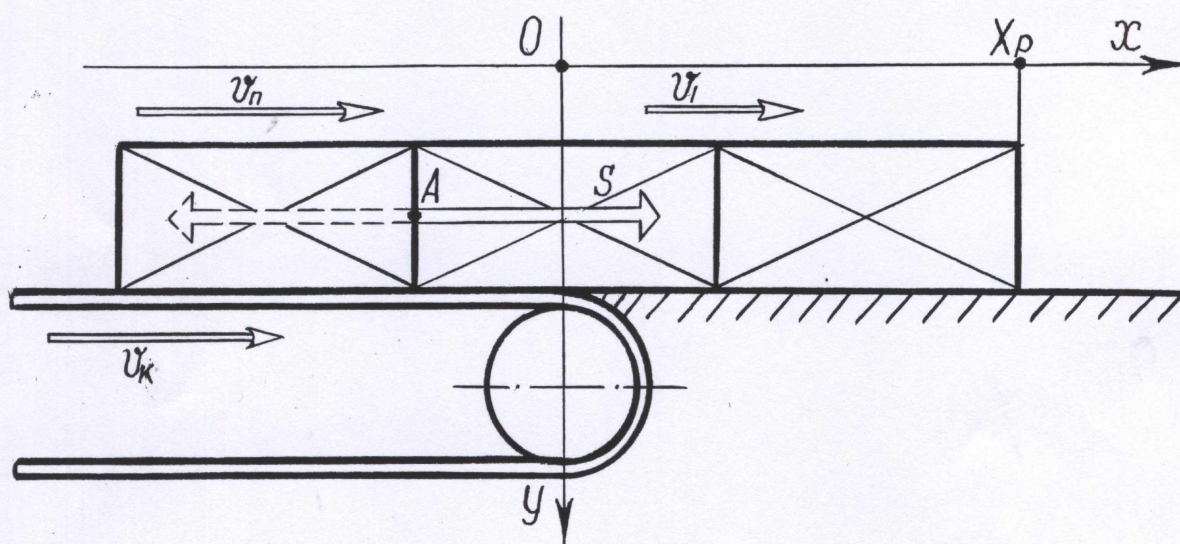


Рис.2. Схема ударного взаимодействия при входе единичной пачки в контакт с неподвижным рядом.

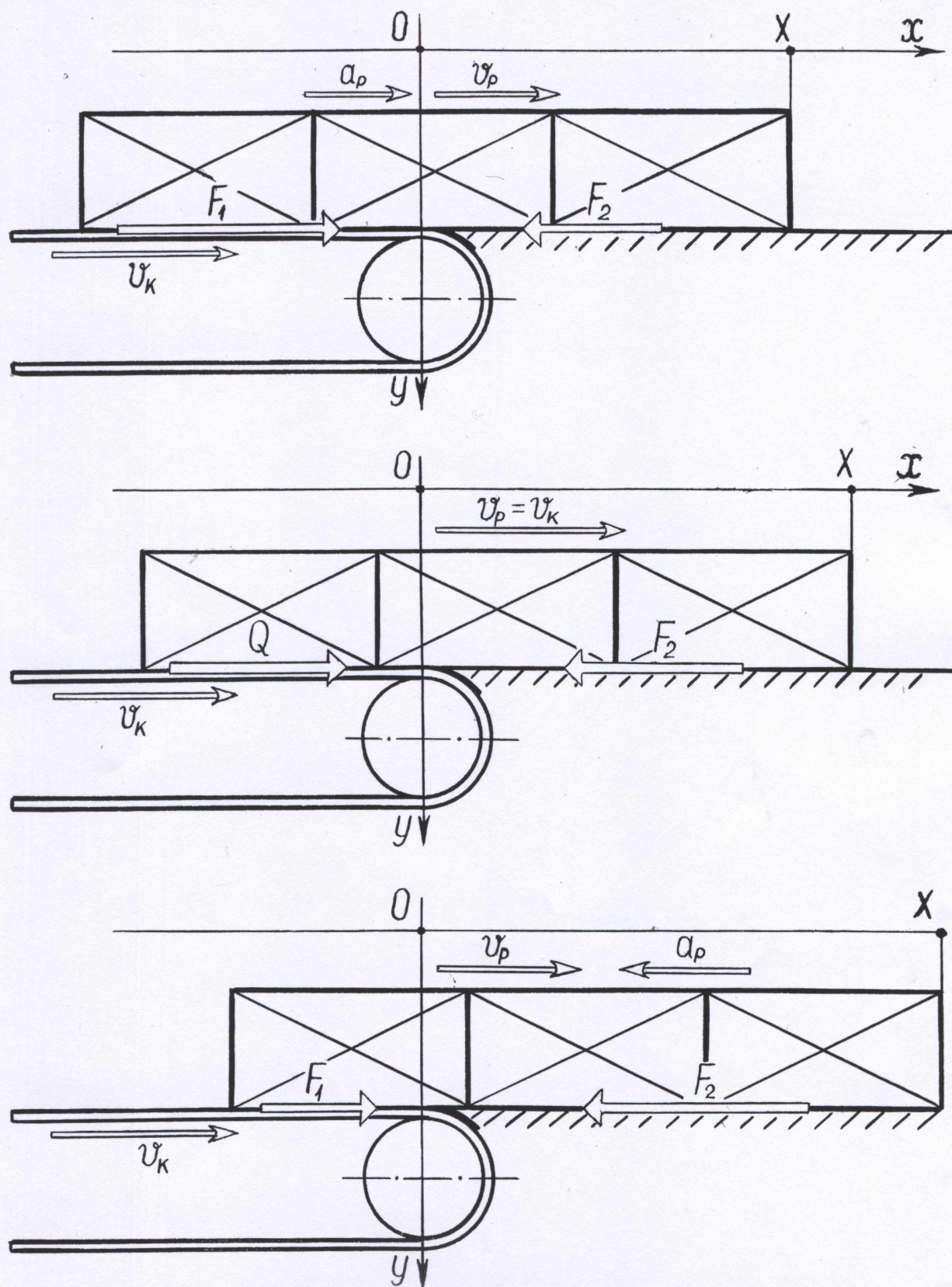


Рис.3. Инерционно-фрикционное перемещение ряда пачек с ленты конвейера на неподвижную плоскость:
а - второй этап; б - третий этап; в - четвёртый.

Печатается в соответствии с решением ученого
совета факультета машин и аппаратов пищевых
производств Киевского ордена Трудового
Красного Знамени технологического института
пищевой промышленности от 24 февраля 1987 г.,
протокол № 7