

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
У С С Р

КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.86.016:664

В.М.Любимов

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ПРОДОЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ  
ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ С ПОДАЮЩЕГО ПРИВОДНОГО  
РОЛИКОВОГО КОНВЕЙЕРА НА ОТВОДЯЩИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ  
НА ОДНОМ УРОВНЕ

ВНИИТЭ  
Институт  
Технической  
Кибернетики  
Академии  
Наук СССР

Киев - 1983

549.94-084

Для осуществления надежной работы (без сбоев), например, перегрузочных устройств сталкивающего и рычажного типов, счетных устройств штучных грузов, устройств взвешивания, цикловых механизмов штабелирующих и пакетформирующих машин зачастую приходится увеличивать расстояние (шаг) между тарно-штучными грузами на ленте магистрального конвейера. С этой целью применяют продольную перегрузку тарно-штучных грузов при окружной скорости  $v_1$  роликов подающего конвейера меньшей окружной скорости  $v_2$  роликов отводящего конвейера ( $v_1 < v_2$ ). Весь процесс перегрузки при этом состоит из трех этапов движения.

Первый этап начинается с момента соприкосновения груза с поверхностью ролика отводящего конвейера и характеризуется постоянством скорости движения груза  $v_r = v_1$ , которое сохраняется до тех пор, пока движущие силы не превысят по абсолютной величине силы сопротивления движению.

Второй этап начинается с момента равенства движущих сил и сил сопротивления и заканчивается при достижении грузом скорости  $v_2$  или в момент полного перехода его на отводящий ролик. Этап характеризуется неустановившемся движением груза и увеличением его скорости от величины  $v_1$  до величины  $v_2$  (разгон).

Третий этап характеризуется постоянством скорости движения

груза или продолжением разгона до скорости  $U_2$ . В первом случае этап начинается при достижении грузом скорости  $U_2$  и заканчивается в момент полного его перехода на отводящий ролик. Во втором случае этап начинается в момент полного перехода груза на отводящий ролик и заканчивается при достижении им скорости  $U_2$ .

Исследуем движение груза на первом этапе. Силы трения скольжения  $F_2$  между опорной поверхностью груза и роликами отводящего конвейера (рис.1) стремятся ускорить груз. Силы трения скольжения  $F_1$ , между опорной поверхностью груза и роликами подающего конвейера, а также силы трения качения между опорной поверхностью груза и роликами подающего конвейера  $W_1$  и отводящего  $W_2$  препятствуют этому. По мере перемещения груза на отводящий конвейер сила трения  $F_2$  возрастает пропорционально массе груза, переместившейся на отводящий конвейер, а сила  $F_1$  убывает. Равенство

$$F_2 = F_1 + W_1 + W_2 \quad (1)$$

характеризует завершение первого этапа движения.

Определим силы трения скольжения  $F_1$  и  $F_2$ .

$$F_1 = mgf_1 \frac{(\alpha - \delta - x)}{\alpha} = mgf_1 \frac{(\alpha - \delta)}{\alpha} - mgf_1 \frac{x}{\alpha}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - длина груза;

$\delta$  - половина зазора между конвейерами;

$x$  - длина части груза, переместившейся на отводящий конвейер;

$f_1$  - коэффициент трения скольжения опорной поверхности груза по роликам подающего конвейера.

$$F_2 = mgf_2 \frac{(\delta + x)}{\alpha} = mgf_2 \frac{\delta}{\alpha} + mgf_2 \frac{x}{\alpha} \quad (3)$$

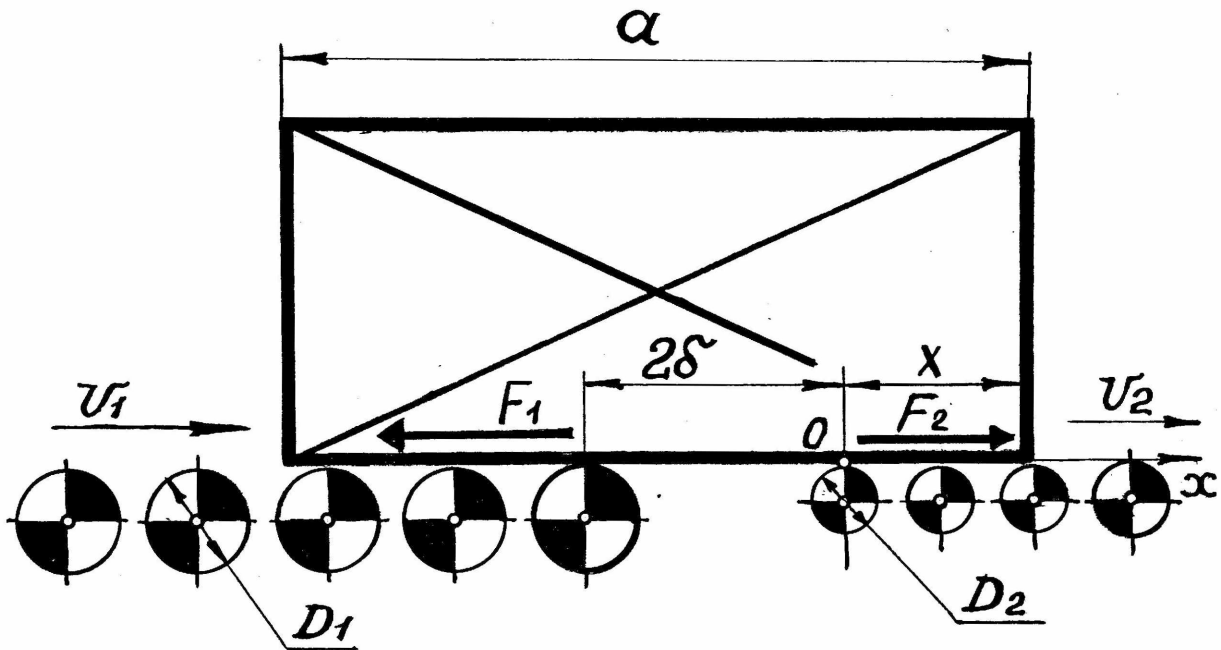


Рис. I. Схема взаимодействия сил при переходе груза с подающего роликового конвейера на отводящий

где  $f_2$  - коэффициент трения скольжения опорной поверхности груза по роликам отводящего конвейера.

Определим силы трения качения  $W_1$  и  $W_2$  :

$$W_1 = 2m\varrho k_1 \frac{(a-\delta-x)}{aD_1} = 2m\varrho k_1 \frac{(a-\delta)}{aD_1} - 2m\varrho k_1 \frac{x}{aD_1}, \quad (4)$$

$$W_2 = 2m\varrho k_2 \frac{(\delta+x)}{aD_2} = 2m\varrho k_2 \frac{\delta}{aD_2} + 2m\varrho k_2 \frac{x}{aD_2}, \quad (5)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  - коэффициенты трения качения опорной поверхности груза по роликам подающего и отводящего рольгангов;

$D_1$  и  $D_2$  - наружные диаметры роликов.

Подставим (3)-(5) в уравнение (1) и, решив его относительно  $x$ , получим

$$x_1 = \frac{\frac{2\delta k_2}{D_2} + f_1(a-\delta) + \frac{2(a-\delta)k_1}{D_1} - \delta f_2}{(f_1 + f_2 + \frac{2k_2}{D_1} - \frac{2k_2}{D_2})}, \quad (6)$$

где  $x_1$  - длина части груза, переместившейся на отводящий конвейер в момент окончания первого этапа движения.

Продолжительность этапа  $\tau_1$  определится по уравнению

$$\tau_1 = \frac{x_1}{v_1} = \frac{\frac{2\delta k_2}{D_2} + f_1(a-\delta) + \frac{2(a-\delta)k_1}{D_1} - \delta f_2}{v_1 (f_1 + f_2 + \frac{2k_1}{D_1} - \frac{2k_2}{D_2})}. \quad (7)$$

Исследуем движение на втором этапе. С момента начала второго этапа движения груз движется ускоренно и скорость его превышает скорость подающего конвейера  $v_1$  и, следовательно, груз не катится, а скользит по роликам подающего конвейера. Окружная скорость  $v_2$  роликов отводящего конвейера превышает скорость груза, следовательно, ролики проскальзывают под грузом, а груз скользит по ним. Уравнение движения груза запишется:

$$m\ddot{x} = F_2 - F_1 - W_1. \quad (8)$$

Подставив в уравнение (8) значения  $F_1$ ,  $F_2$  и  $W_1$  из уравнений (2), (3) и (4) получим

$$\ddot{x} = \frac{g}{\alpha} \left( f_1 + f_2 + \frac{2\kappa_1}{D_1} \right) x + \frac{g}{\alpha} \left( f_2 \delta - f_1 (a - \delta) - \frac{2\kappa_1 (a - \delta)}{D_1} \right). \quad (9)$$

Обозначим  $A^2 = \frac{g}{\alpha} \left( f_1 + f_2 + \frac{2\kappa_1}{D_1} \right)$   $B = \frac{g}{\alpha} \left( f_2 \delta - f_1 (a - \delta) - \frac{2\kappa_1 (a - \delta)}{D_1} \right)$ ,

тогда

$$\ddot{x} - A^2 x = B. \quad (10)$$

Начальные условия для второго этапа движения имеют вид:

при  $t = 0$ ,  $x_H = x_1$  и  $\dot{x}_H = v_1$ . (11)

Решая дифференциальное уравнение (10) при начальных условиях (11), находим

$$x = c_1 e^{At} + c_2 e^{-At} - \frac{B}{A^2}, \quad (12)$$

$$\dot{x} = c_1 A e^{At} - c_2 A e^{-At}, \quad (13)$$

где  $c_1 = 0,5 \left( x_1 + \frac{v_1}{A} + \frac{B}{A^2} \right)$ ;  $c_2 = 0,5 \left( x_1 - \frac{v_1}{A} + \frac{B}{A^2} \right)$ .

Продолжительность  $\tau_2$  второго этапа движения находим независимо из уравнений (12) и (13) при конечных условиях:

$$x_2 = (a - \delta), \quad \dot{x}_2 = v_2 \quad \text{при} \quad t = \tau_2. \quad (14)$$

Время  $\tau_2'$ , найденное из уравнения (12), определяется по формуле:

$$\tau_2' = \frac{1}{A} \ln \frac{\left( a - \delta + \frac{B}{A^2} \right) \pm \sqrt{\left( a - \delta + \frac{B}{A^2} \right)^2 - 4c_1 c_2}}{2c_1}, \quad (15)$$

а время  $\tau_2''$ , найденное из уравнения (13), определяется по формуле:

$$\tau_2'' = \frac{1}{A} \ln \frac{\frac{v_2}{A} \pm \sqrt{\left( \frac{v_2}{A} \right)^2 + 4c_1 c_2}}{2c_1} \quad (16)$$

Затем полученные значения  $\tau_2$ , найденные соответственно из уравнений (15) и (16) сравниваем. Если оба значения равны, т.е.

$$\tau_2' = \tau_2'', \quad (17)$$

то в момент окончания второго этапа груз полностью перешел на отводящий рольганг и перемещается со скоростью, равной окружной скорости роликов. Если

$$\tau_2' > \tau_2'', \quad (18)$$

то в момент окончания второго этапа груз движется со скоростью  $v_2$ , но полностью на отводящий рольганг не перешел ( $x_2 \neq \alpha - \delta$ ). В этом случае продолжительность второго этапа определяется временем  $\tau_2''$ . Подставив значение  $\tau_2''$  в уравнение (12), находим величину перемещения груза  $x_2$  на отводящий рольганг к моменту окончания второго этапа

$$x_2 = c_1 e^{A\tau_2''} + c_2 e^{-A\tau_2''} - \frac{B}{A^2} \quad (19)$$

Если окажется, что

$$\tau_2' < \tau_2'', \quad (20)$$

то в момент окончания второго этапа груз полностью переходит на отводящий рольганг, но скорость его движения не равна окружной скорости роликов ( $x \neq v_2$ ). В этом случае продолжительность второго этапа определяется временем  $\tau_2''$ . Подставив значение  $\tau_2'$  в уравнение (13), определяем скорость  $\dot{x}_2$  груза в момент окончания второго этапа:

$$\dot{x}_2 = c_1 A e^{A\tau_2'} - c_2 A e^{A\tau_2'} \quad (21)$$

Если в момент окончания второго этапа движения выполняется условие (17), то третий этап представляет собой равномерное движение груза по роликам отводящего конвейера со скоростью  $v_2$ . Если в момент окончания второго этапа выполняется условие (18), то на третьем этапе груз движется равномерно со скоростью  $v_2$  одновременно по роликам подающего и

отводящего конвейеров. Время  $\tau_3$  движения груза на третьем этапе до момента полного перехода на отводящий рольганг определится по формуле:

$$\tau_3' = \frac{a - \delta - x_2}{v_2}, \quad (22)$$

где  $x_2$  - перемещение груза, определяемое по формуле (19).

Если в момент окончания второго этапа выполняется условие (20), то на третьем этапе груз полностью перешел на отводящий рольганг и продолжает разгоняться до скорости  $v_2$ . Уравнение движения груза в этом случае имеет вид:

$$m\dot{x} = F_2 - W_2. \quad (23)$$

Подставив в уравнение (23) значения  $F_2$  и  $W_2$  из уравнений (3) и (5) и, принимая во внимание  $x = (a - \delta)$ , получим

$$\ddot{x} = g \left( f_2 - \frac{2K_2}{D_2} \right). \quad (24)$$

Решая дифференциальное уравнение (24) при начальных условиях:

$$x_n = a - \delta, \quad \dot{x}_n = \dot{x}_2 \quad \text{при} \quad t = 0, \quad (25)$$

где  $\dot{x}_2$  - скорость груза, определяемая по формуле (21), найдем

$$\dot{x} = g \left( f_2 - \frac{2K_2}{D_2} \right) t + \dot{x}_2, \quad (26)$$

$$x = g \left( f_2 - \frac{2K_2}{D_2} \right) \frac{t^2}{2} + \dot{x}_2 t + (a - \delta). \quad (27)$$

Продолжительность  $\tau_3$  третьего этапа определим из формулы (26) при конечных условиях:

$$t = \tau_3'' \quad \text{при} \quad \dot{x}_k = v_2, \quad (28)$$

Тогда

$$\tau_3'' = \frac{v_2 - \dot{x}_2}{g \left( f_2 - \frac{2K_2}{D_2} \right)} \quad (29)$$

Время, за которое груз полностью переходит на отводя-

щий рольганг и разгоняется до скорости  $U_2$ , определяется как сумма времен:

$$\begin{aligned} T &= \tau_1 + \tau_2, \text{ для случая (17) ,} \\ T &= \tau_1 + \tau_2' + \tau_3', \text{ для случая (18) ,} \\ T &= \tau_1 + \tau_2'' + \tau_3'', \text{ для случая (20) .} \end{aligned} \tag{30}$$

Полученные аналитические зависимости позволяют определить кинематические параметры груза на каждом этапе движения, время перегрузки и рассчитать величину изменения расстояния между грузами (увеличенный шаг) после перегрузки.

Печатается в соответствии с решением ученого  
совета факультета машин и аппаратов пищевых  
производств Киевского ордена Трудового Красного  
Знамени технологического института пищевой  
промышленности от 23 декабря 1983 года,  
протокол № 4