

В. С. КОСТЮК, мл. науч. сотр.

А. И. СОКОЛЕНКО, д-р. техн. наук

В. П. ЯРЕСЬКО, канд. техн. наук

Киев. технол. ин-т пищ. пром-сти

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ОГРАНИЧЕНИЯ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ГРУЗОВ В УСТРОЙСТВЕ УКЛАДКИ БУТЫЛОК В СПЕЦТАРУ

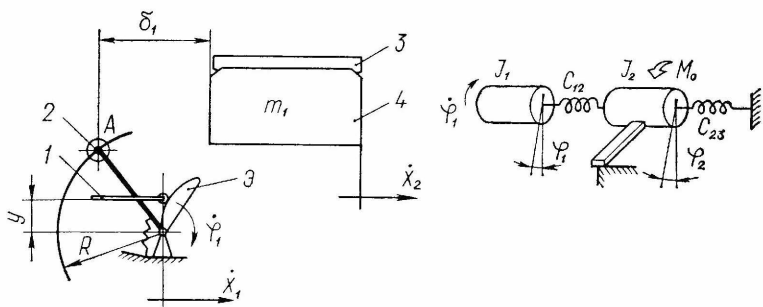
*Описан характер перемещения и аналитическое исследование механизма ограничения амплитуды колебаний перемещаемых грузов в устройстве укладки бутылок в спецтаре. Дана методика и формулы для определения оптимальных параметров механизма.*

В устройстве укладки бутылок в спецтаре при перемещении тяги цепного контура на участке криволинейной траектории предусмотрено динамическое торможение тележки с захватной головкой и грузом. В связи с тем, что бутылки удерживаются за венчики горлышек, возможно их отклонение от вертикали. Чтобы не ухудшились условия ввода массива изделий в проем тары-оборудования, в конструкции устройства предусмотрен специальный механизм ограничения амплитуды колебаний перемещаемых грузов, представляющих собой коромысло, снабженное ограничительным стержнем и пружиной обратного хода. Рабочий ход коромысла обеспечивается его взаимодействием с упором, установленным на тележке укладчика. При этом ограничительный стержень коромысла на начало взаимодействия находится в крайнем нижнем положении, а затем, перемещаясь по дуге окружности, догоняет массив изделий и входит в контакт с ним при разности скоростей, близкой к нулю. В этом случае принципиальная схема механизма должна быть приведена к виду, показанному на рисунке 1, а расчетную схему можно привести к двухмассовой модели. Взаимодействие происходит следующим образом. Тележка вместе с захватной головкой и изделиями перемещается со скоростью  $x_1 = x_2 = \text{const}$  на всех этапах. Упор тележки входит в контакт с элементами коромысла Э, который начинает совершать вращательное движение. При этом ограничительный стержень догоняет массив бутылок. Для рассматриваемой системы угловая координата элемента коромысла Э может выражаться различными законами. Это достигается изменением его профиля.

Рассмотрим случай, когда  $q_1 = q_1 t$ ;  $\dot{q}_1 = \text{const}$ . Предполагая, что упор тележки находится в контакте с элементом Э ограничительного стержня, рассмотрим первый этап движения. При этом начальные условия имеют вид: при  $t = 0$ ;  $q_{1(0)}^I = 0$ ;

$$\dot{q}_{1(0)} = v/y = \text{const}; \quad q_{2(0)}^I = q_{2(0)}; \quad \dot{q}_{2(0)}^I = 0. \quad (1)$$

где  $q_1$  — угловая координата элемента коромысла;  $q_2$  — угловая координата точки А ограничительного стержня.



1. Принципиальная и расчетная схемы механизма ограничения амплитуды колебаний.

1 — упор тележки; 2 — ограничительный стержень; 3 — захватная головка; 4 — массив бутылок;  $R$  — радиус вращения ограничительного стержня;  $y$  — расстояние между точкой контакта упора тележки с элементом коромысла и его осью вращения;  $\delta_1$  — переменная величина зазора между ограничительным стержнем и массивом бутылок;  $m_1$  — масса массива бутылок

В результате движения упора тележки на этом этапе произойдет уравнивание системы, т. е. выбор деформации от предварительного закручивания пружины, конечные условия при этом можно представить в таком виде: при  $t = T_1$ ;

$$c_{12} \cdot \varphi_{1(к)}^I = c_{23} \cdot \varphi_{2(н)}^I;$$

$$\varphi_{1(к)}^I = c_{23} \cdot \varphi_{2(н)}^I / c_{12} = c_{23} \cdot \varphi_{2(о)} / c_{12};$$

$$\dot{\varphi}_{1(к)}^I = \dot{\varphi}_{1(н)}^I = \text{const}; \quad \varphi_{2(к)}^I = \varphi_{2(н)}^I = \varphi_{2(о)}; \quad \dot{\varphi}_{2(к)}^I = 0. \quad (2)$$

Время прохождения первого этапа движения можно определить по формуле:

$$T_1 = \varphi_{1(к)}^I / \dot{\varphi}_{1(к)}^I = c_{23} \cdot \varphi_{2(о)} / (c_{12} \cdot \dot{\varphi}_{1(к)}^I). \quad (3)$$

Второму этапу движения соответствует начало перемещения ограничительного стержня по дуге окружности. Уравнение движения коромысла в этом случае можно описать системой уравнений:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \dot{\varphi}_1(t + T_1); \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 = (\varphi_1 - \varphi_2) c_{12} - M_c - k \dot{\varphi}_2 - M_o, \end{cases} \quad (4)$$

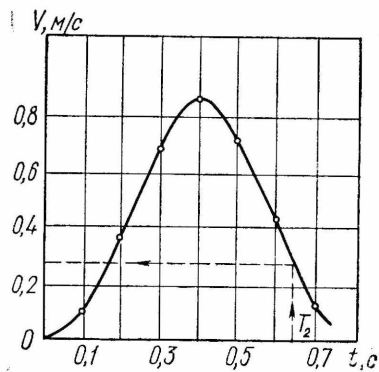
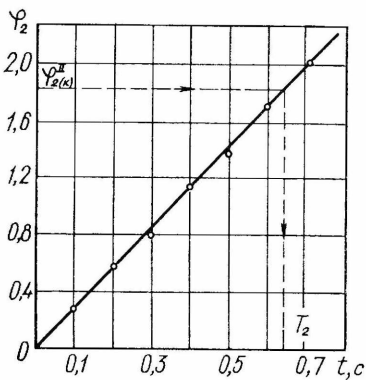
где  $I_2$  — приведенный момент инерции коромысла и ограничительного стержня;  $c_{12}$  — приведенная жесткость вала коромысла;  $M_c$  — момент сопротивления вращению,  $M_c = \varphi_2 \cdot c_{23}$ ;  $c_{23}$  — приведенная жесткость пружины обратного хода;  $k \dot{\varphi}_2$  — момент сил вязкого трения в подшипниках оси качаний подвижной части, пропорциональный угловой скорости качаний;  $M_o$  — момент сопротивления вращению с учетом предварительного закручивания пружины;  $M_o = \varphi_{2(о)} \cdot c_{23}$ ;  $\varphi_{2(о)}$  угловая координата точки А ограничительного стержня с учетом начального нагружения за счет предварительного закручивания пружины.

Начальным условиям второго этапа соответствуют конечные условия первого и имеют вид: при  $t = 0$ ;

$$\varphi_{1(н)}^{II} = \varphi_{1(к)}^I = c_{23} \cdot \varphi_{2(о)} / c_{12}; \quad (5)$$

$$\dot{\varphi}_{1(н)}^{II} = \dot{\varphi}_{1(к)}^I = \text{const};$$

$$\varphi_{2(н)}^{II} = \varphi_{2(к)}^I = \varphi_{2(о)}; \quad \dot{\varphi}_{2(н)}^{II} = 0.$$



2. Характер углового перемещения ограничительного стержня

3. График зависимости скорости точки А от времени

Конечными условиями второго этапа при  $t = T_2$  является окончание движения массива бутылок по прямолинейному участку, при этом  $\varphi_{2(11)}$  будет определяться конструктивной взаимосвязью цепного контура укладочного устройства и нахождения оси вращения ограничительного стержня, а  $\dot{\varphi}_{1(11)} = \dot{\varphi}_{1(11)} = \text{const}$ .

Подставляя значение  $\varphi_1$  в уравнение (4) и произведя преобразования, получим:

$$\ddot{\varphi}_2 + \frac{k}{I_2} \dot{\varphi}_2 + \frac{(c_{12} + c_{23})\varphi_2}{I_2} = \frac{\dot{\varphi}_1 c_{12} t}{I_2} + \frac{\varphi_1 c_{12} T_1}{I_2} - \frac{M_0}{I_2}; \quad (6)$$

Полное решение уравнения (6) получим в виде:

$$\varphi_2 = e^{-\alpha_1 t} (A \cos \omega t + B \sin \omega t) + Ct + D; \quad (7)$$

где  $e^{-\alpha_1 t}$  указывает на то, что колебания получаются затухающими, причем скорость затухания зависит от постоянной величины  $\alpha_1$ ;  $\omega$  — частота свободных колебаний.

$$\omega = \sqrt{(c_{12} + c_{23})/I_2 - \alpha_1^2}; \quad (8)$$

$$C = \dot{\varphi}_1 c_{12} / (c_{12} + c_{23}); \quad (9)$$

$$D = \varphi_1 c_{12} T_1 / (c_{12} + c_{23}) - M_0 / (c_{12} + c_{23}); \quad (10)$$

$$A = \varphi_{2(0)} - D; \quad (11)$$

$$B = \alpha_1 A_1 / \omega - C / \omega. \quad (12)$$

Таким образом, угловая координата точки А ограничительного стержня в любой момент времени  $t$  будет определяться уравнением (7). Произведя подстановку в уравнения (8)–(12) численных значений входящих параметров конструкторской конструкции и вычисляя  $\varphi_2$ , получим зависимость угла перемещения ограничительного стержня от времени  $\varphi_2(t)$  (рис. 2). Вычислив производную при следующих значениях параметров:  $\dot{\varphi}_1 = 2,82$  1/с;  $c_{12} = 8100$  Н·м;  $c_{23} = 3,1$  Н·м;  $T_1 = 6,5 \cdot 10^{-5}$  с;  $M_0 = 0,07$  Н·м;  $\omega = 450$ ;  $\alpha_1 = 0,11$ ;  $\varphi_{2(0)} = 0,48$  рад. Исходя из конечных условий второго этапа при заданном значении  $\varphi_{2(11)}^{11} = 105^\circ = 1,83$  рад. графическим способом можем определить время прохождения второго этапа.

Значения угловой скорости перемещения точки А ограничительного стержня можно определить по формуле:

$$\dot{\varphi}_2 = e^{-\alpha_1 t} [(B\omega - \alpha_1 A) \cos \omega t - (\alpha_1 B + A\omega) \sin \omega t] + C. \quad (13)$$

Задавшись радиусом ограничительного стержня, определим зависимость скорости точки А от времени (рис. 3) по формуле:  $V = \dot{\varphi}_2 R$ . Проведя вер-

тикаль, соответствующую длительности второго этапа, определим скорость точки  $A$  ограничительно стержня в конце второго этапа движения. При заданных значениях параметров принятой конструкции скорость точки  $A$  будет отличной от скорости массива бутылок. Изменяя радиус ограничительного стержня, нетрудно подобрать такое его значение, которое соответствовало бы достижению поставленной цели. Таким образом, в целях более надежного ввода массива бутылок в тару необходимо стремиться к тому, чтобы в момент выхода тяги цепного контура на участок криволинейной траектории произошло соприкосновение массива бутылок и ограничительного стержня. Причем скорости движения массива и ограничительного стержня при этом должны быть равными, т. е. желательно, чтобы их разность была меньшая.

*Поступила в редколлегию 14.01.89.*