

А.И. Ковалев, А.И. Соколенко, И.И. Сторишко

## **Определение кинематических параметров устройства для горизонтальной укладки бутылок в контейнеры**

Операция укладки бутылок в контейнеры является весьма трудоемкой. Для ее механизации, в частности, на заводах по разливу минеральных вод, кафедрой "Детали машин" КТИПП разработана новая конструкция машины для горизонтальной укладки бутылок в контейнеры (рис.1) (1). Устройство для укладки бутылок в контейнеры включает два параллельных замкнутых цепных контура 1 со звездочками 2, с помощью которых через тягу 3, захват 4, каретки 5 и 6 осуществляется вертикальное и горизонтальное перемещения вил 7 со сформированным слоем горизонтально расположенных бутылок. Переориентация бутылок, поступающих от линии разлива к укладочной машине, из вертикального положения в горизонтальное осуществляется лотковым устройством 8. Горизонтально расположенные в два ряда бутылки снимаются вилами с поддерживающей решетки 9 и укладываются в контейнер.

При перемещении тяги 3 на криволинейном участке «а-в» центры масс бутылок, расположенных на вилах, описывают траектории по дугам окружностей с радиусом  $\rho$ , равным радиусу делительной окружности звездочки. Возникающие в этом движении силы инерции могут вызвать нежелательное смещение бутылок относительно вил и нарушить тем самым работу машины.

Задачей этого исследования явилось определение кинематических условий, при которых не будет происходить смещение бутылок относительно вил. На рис.2 показана схема сил, действующих на бутылку:  $G$  - вес бутылки,  $N$  - нормальная реакция вил,  $F_t$  - сила трения,  $F_n$  - сила инерции. Если предположить, что взаимодействие между бутылками отсутствует и пренебречь воздействием жидкости на них, то уравнение дви-

жения бутылок на участке «а-в», составленное на проекциях на оси система координат ХОУ, имеет вид:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = \pm 2F_t \\ m\ddot{y} = 2N\cos \alpha - mg \end{cases} \quad (1-2)$$

где  $m$  - масса бутылки.

В системе уравнений (1-2) неизвестными являются величины  $F_T$ ,  $N$ ,  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$ . Для ее решения составим дополнительно условия геометрических связей. Из рис. 2 видно, что

$$\begin{cases} x = \rho(\sin\varphi) \\ y = \rho(\cos\varphi) \end{cases} \quad (3-4)$$

Дважды дифференцируя систему (3-4), найдем

$$\begin{cases} \ddot{x} = \rho(\dot{\varphi}\cos\varphi - \dot{\varphi}^2\sin\varphi) \\ \ddot{y} = \rho(\dot{\varphi}\sin\varphi - \dot{\varphi}^2\cos\varphi) \end{cases} \quad (5-6)$$

Подставляя полученные значения  $\ddot{x}$  и  $\ddot{y}$  в систему уравнений (1-2), уравнение движения представим в виде

$$\begin{cases} m\rho(\dot{\varphi}\cos\varphi - \dot{\varphi}^2\sin\varphi) = \pm 2F_T \\ m\rho(\dot{\varphi}\sin\varphi + \dot{\varphi}^2\cos\varphi) = 2N\cos \alpha - mg \end{cases} \quad (7-8)$$

Имея ввиду, что  $F_T = fN$ , где  $f$ - коэффициент трения в паре, образованной бутылкой и вилами, и, решая уравнение (7) относительно  $N$ , получим:

$$N = \frac{m\rho(\pm\dot{\varphi}\cos\varphi \pm \dot{\varphi}^2\sin\varphi)}{2f} \quad (9)$$

Произведя подстановку  $N$  в уравнение (8), и выполнив ряд преобразований, найдем допускаямый интервал значений углового ускорения

$$\ddot{\varphi} = \frac{gf - \dot{\varphi}^2(\sin\varphi\cos\varphi \pm f\cos\varphi)}{\rho(\pm f\sin\varphi - \cos\varphi\cos\alpha)} \quad (10)$$

Имея ввиду непостоянство угловой скорости ведомой звездочки в цепном контуре, следует сравнить действительное значение  $\dot{\varphi}_i$  с допустимым интервалом значений  $\dot{\varphi}$ . При этом значения  $\dot{\varphi}$  должны находиться в пределах

$$\ddot{\varphi}_{i\min} \leq \ddot{\varphi}_i \leq \ddot{\varphi}_{i\max} \quad (11)$$

Найдем, например, такой интервал значений углового ускорения для  $\varphi = 0$ . При этом необходимо установить ограничения по  $\dot{\varphi}_{\max}, \dot{\varphi}_{\min}, \ddot{\varphi}_{\max}, \ddot{\varphi}_{\min}$ . Очевидно, что  $\dot{\varphi}_{\min} = 0$  при пуске устройства, когда тяга находится в точке А. Значение максимального угловой скорости получим из уравнения (8) при условии, что  $N=0$ :

$$\dot{\varphi}_{\max} = \sqrt{\frac{g}{\rho}} \quad (12)$$

При  $\varphi=0$  выражение (10) преобразуется к виду

$$\ddot{\varphi} = \frac{\pm g f' \pm \dot{\varphi}^2 \rho f'}{-\rho}, \quad (13)$$

где  $f' = \frac{f}{\cos \alpha}$ .

Из уравнения (13) видно, что минимальное и максимальное значение углового ускорения достигаются при  $\varphi=0$  и составляют

$$\ddot{\varphi}_{\min} = -\frac{g f'}{\rho} \quad \text{и} \quad \ddot{\varphi}_{\max} = \frac{g f'}{\rho} \quad (14)$$

При  $\varphi = \frac{\pi}{2}$

$$\ddot{\varphi} = \frac{g f' \pm \dot{\varphi}^2 \rho}{\rho f'} \quad (15)$$

а при  $\dot{\varphi}_{\max} = \frac{g}{\rho}$  и достигается при  $\dot{\varphi} = 0$ . Решая уравнение (15)

относительно  $\dot{\varphi}$ , получим

$$\dot{\varphi} = \sqrt{\frac{g f - \ddot{\varphi} f \rho}{\rho}} \quad (16)$$

При отрицательных значениях углового ускорения, как видно, угловая скорость возрастает. Ограничения по  $\ddot{\varphi}_{min}$  с точки зрения рассматриваемых условий здесь практически не существуют. Рассуждая аналогично, можно получить возможное сочетание параметров при любом значении  $\varphi$ . На рис.3 представлен график зависимости между указанными параметрами.

Разработанная методика определения возможных сочетаний геометрических и кинематических параметров использована при проектировании укладчика бутылок ОЗП-18, изготовленного на опытном заводе Киевского технологического института пищевой промышленности. Испытания, проведенные на Киевском пивзаводе № 3, подтвердили правильность произведенных расчетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для укладки бутылок в тару в горизонтальном положении. Авторское свидетельство СССР Л929497, бюллетень изобретений №19, 1982.

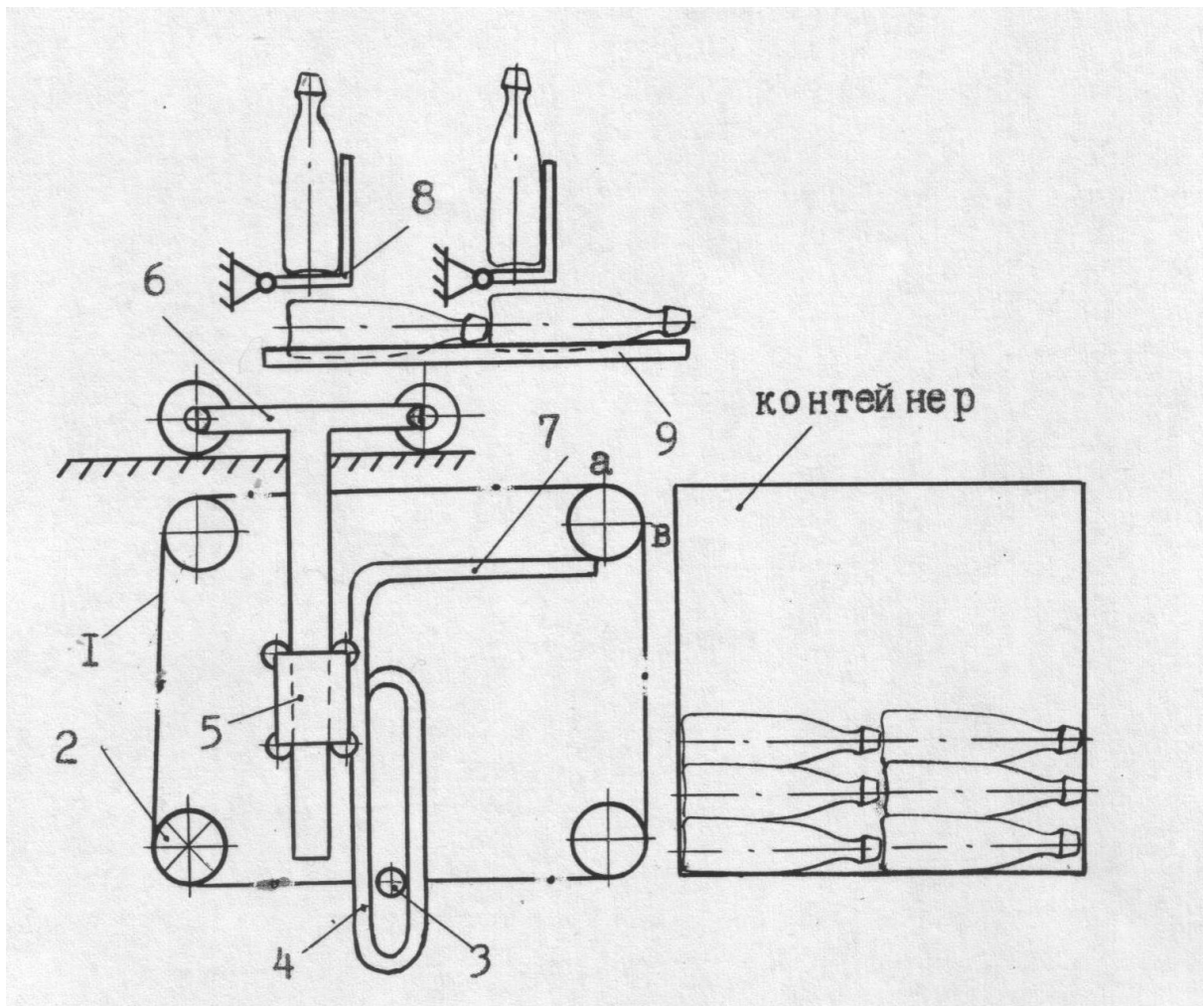


Рис. 1. Схема устройства для горизонтальной укладки бутылок в контейнеры.

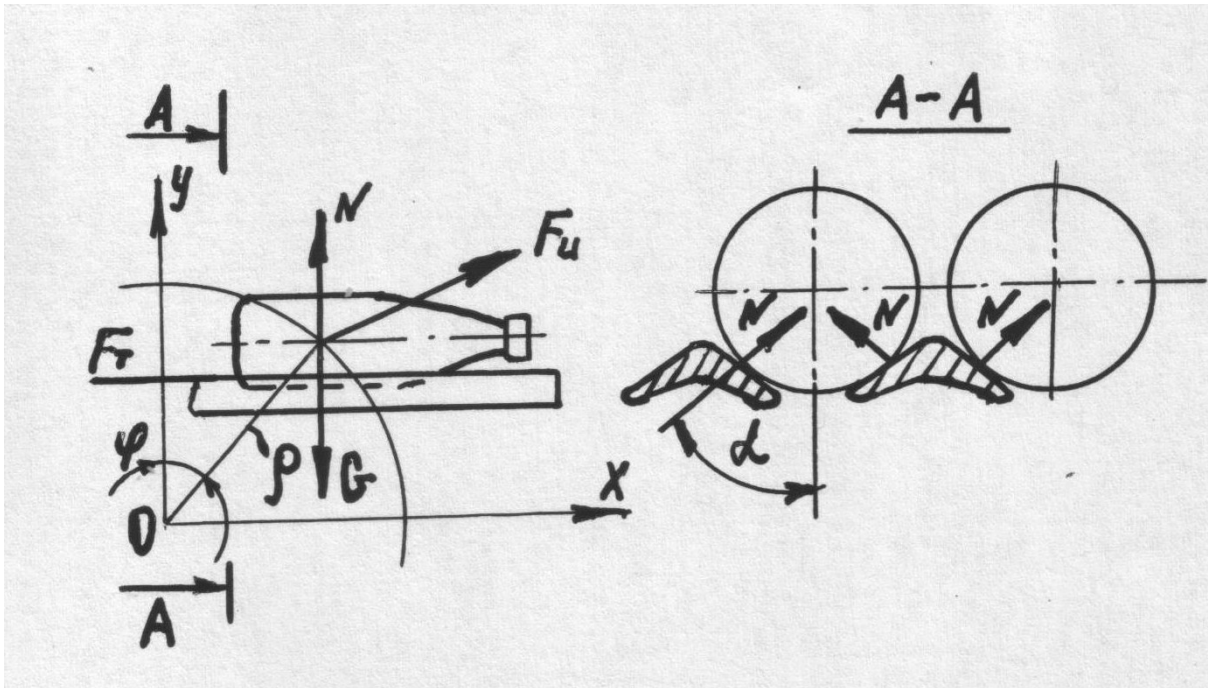


Рис. 2. Схема сил, действующих на бутылку.

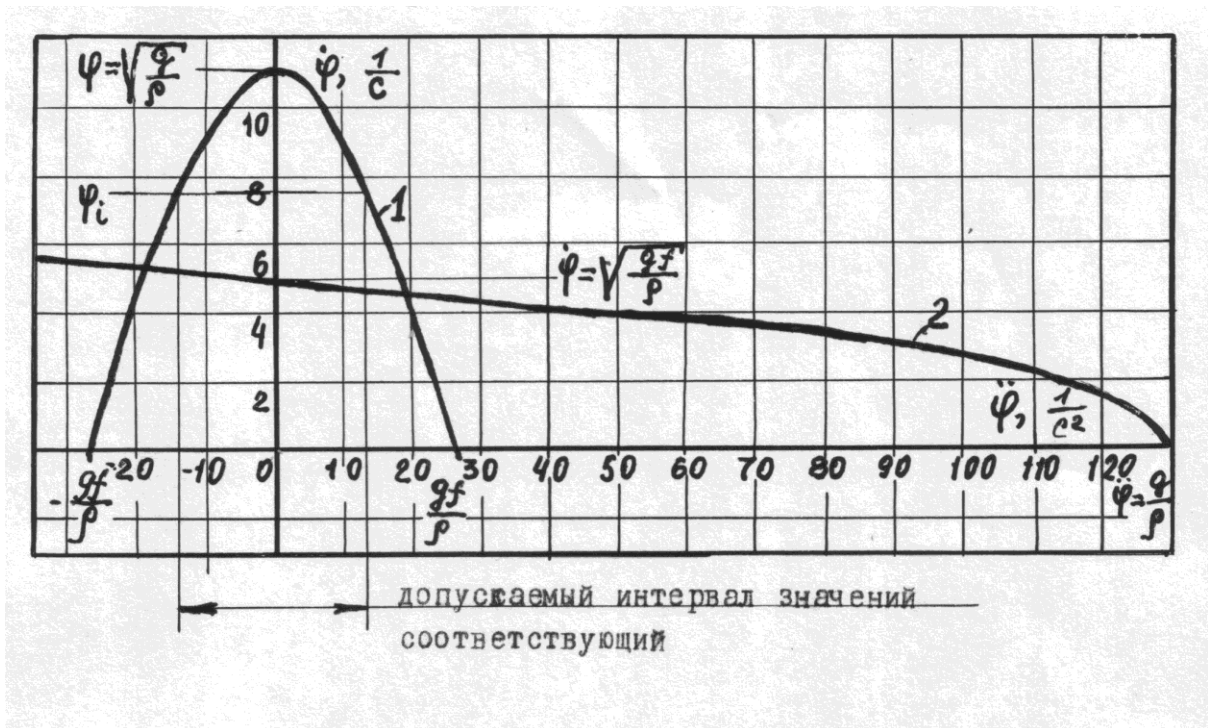


Рис. 3. График зависимости по выбору возможных сочетаний геометрических и кинематических параметров укладчика: 1 - при  $\varphi=0$ ;

2 - при  $\varphi=\pi/2$