

## **О КОЛЕБАНИЯХ ВАКУУМНЫХ ЗАХВАТОВ С УДЕРЖИВАЕМЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ**

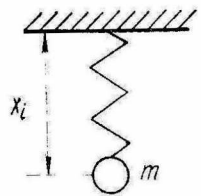
---

**В. З. ШАПРАН**, канд. техн. наук,  
**В. С. КОСТЮК**, инж.,  
**В. С. СМИРНОВ**, канд. техн. наук

В настоящее время в укладочных и перегрузочных устройствах, применяемых в пищевой промышленности в качестве рабочих органов, получили широкое распространение эластичные вакуумные захваты [1]. Для ряда пищевых изделий, обладающих пониженной прочностью, они являются наиболее эффективными рабочими органами, поскольку обеспечивают неповреждаемость изделий при захвате и транспортировании.

В укладочных устройствах вакуумные захваты с удерживаемыми изделиями можно рассматривать как колебательную систему, содержащую упругий элемент — вакуумный захват.

Рис. 1. Расчетная схема системы вакуумный захват — изделие.



На рис. 1 представлена расчетная схема колебательной системы вакуумный захват — изделие, уравнение колебаний которой можно представить

$$m\ddot{x} + 2km\dot{x} + c(p)x = mF(t), \quad (1)$$

где  $m$  — приведенная масса системы, совпадающая с центром тяжести изделия, удерживаемого захватом;  $\ddot{x}$ ,  $\dot{x}$ ,  $x$  — ускорение, скорость, перемещение центра тяжести изделия;  $k$  — коэффициент затухания;  $c(p)$  — жесткость системы;  $F(t)$  — закон перемещения укладочного устройства. Анализ системы вакуумный захват — изделие выполнен с помощью безразмерных коэффициентов.

Исследования проводились с четырьмя типами резиновых вакуумных захватов (рис. 2, а, б, в, г), изменение деформации  $f$  от нагрузки  $P$  которых представлено на рис. 3.

Исходя из характера нагрузочных характеристик в статическом состоянии указанные изменения могут быть представлены функцией в виде полинома

$$f(x) = A_0x^n + A_1x^{n-1} + \dots + A_n, \quad (2)$$

где  $n$  — целое число;  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_n$  — постоянные коэффициенты;  $x$  — независимая переменная. Графические зависимости нагрузочных характеристик вакуумных захватов А, Б, В и Г с учетом (2) приближенно представим функцией  $f = \varphi(p)$

$$\left. \begin{aligned} \varphi(p)_A &= 0,43p^3 - 1,8p^2 + 2,97p - 0,069; \\ \varphi(p)_B &= -2,43p^5 + 9,38p^4 - 11,24p^3 + 3,2p^2 + 4,69p - 0,26; \\ \varphi(p)_B &= -98,38p^4 + 110,3p^3 - 43,5p^2 + 15,03p - 0,025; \\ \varphi(p)_Г &= 0,02p^3 - 0,16p^2 + 0,46p + 0,09. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Уравнения (3) получены вычислениями на ЭВМ, при движении системы вакуумный захват — изделие, перемещающейся по гармоническому закону, описываемому уравнением

$$F(t) = (S_u/2) [1 - \cos \pi (t/t_u)], \quad (4)$$

где  $S_u$ ,  $t_u$  — величина и продолжительность полного перемещения в одну сторону.

С учетом зависимостей (3) и жесткости упругих элементов вакуумных захватов, определяемой дифференцированием нагрузочной характеристики, возникают колебания, которые для разных типов захватов описываются уравнениями

$$\left. \begin{aligned} A \ddot{x} + 2k\dot{x} + x(1,23p^2 - 3,66p + 2,97) / m &= -(\pi^2 / 2 \cdot t_u^2) S_u \cos \pi (t/t_u); \\ B \ddot{x} + 2k\dot{x} + x(-12,15p^4 + 37,52p^3 - 33,72p^2 + 6,4p + 4,69) / m &= \\ &= -(\pi^2 / 2 \cdot t_u^2) S_u \cos \pi (t/t_u); \\ B \ddot{x} + 2k\dot{x} + x(393,52p^3 + 330,9p^2 - 83p + 15,03) / m &= \\ &= -(\pi^2 / (2 \cdot t_u^2)) S_u \cos \pi (t/t_u); \\ Г \ddot{x} + 2k\dot{x} + x(0,06p^2 - 0,32p + 0,46) / m &= -(\pi^2 / 2 \cdot t_u^2) S_u \cos \pi (t/t_u). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

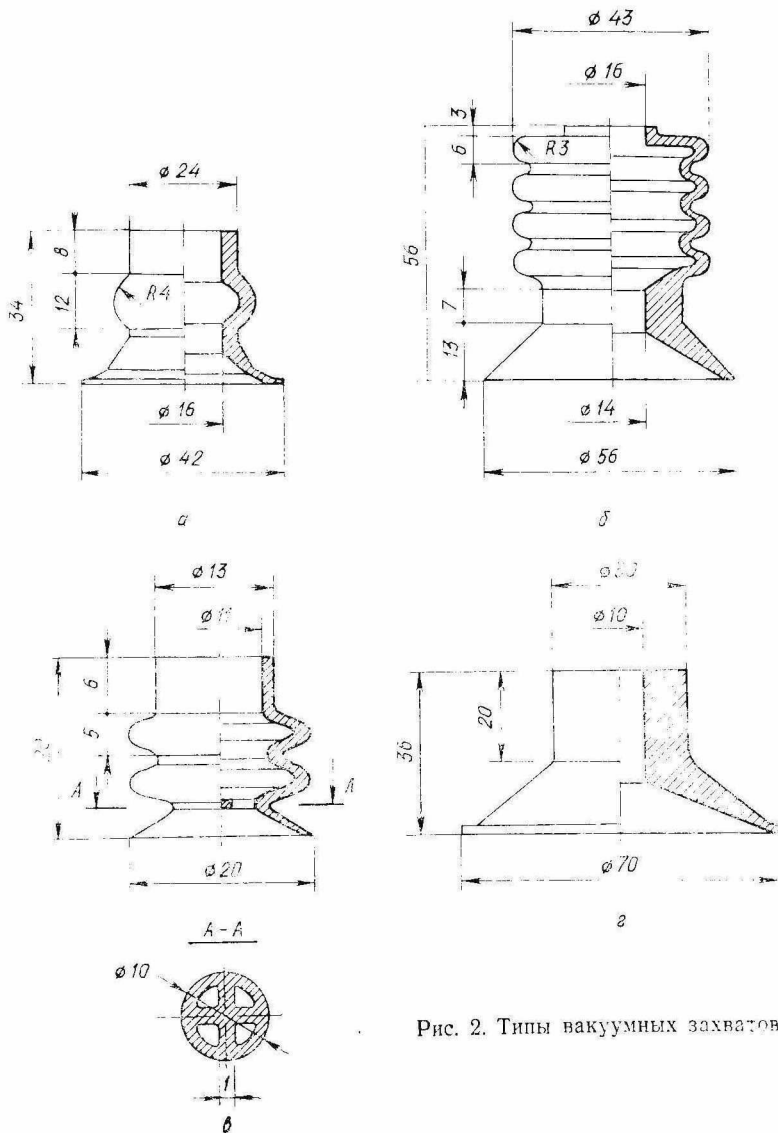


Рис. 2. Типы вакуумных захватов.

Уравнения (5) решались на ЭВМ с учетом промежуточных вычислений

$$\ddot{x} = (\dot{x}_{i-2} - 4\dot{x}_{i-1} + 3\dot{x}_i) / (2 \cdot h); \quad (6)$$

$$p = m\ddot{x}, \quad (7)$$

где  $h$  — шаг дифференцирования;  $m$  — масса изделия;  $i$  — текущее значение координаты. Для вычислений выбран шаг дифференцирования  $h=0.15$ . Решение уравнений (5) выполнено исходя из реальных условий конструктивного выполнения вакуумных захватных органов при коэффициенте затухания  $k=0.1$ , величине перемещения  $S_n=300$  мм и длительности перемещения вакуумного захвата с удерживаемым изделием  $t_n=0.5$ с и  $t_n=1$ с; с массой

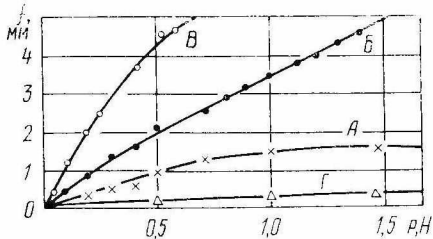


Рис. 3. Нагрузочные характеристики вакуумных захватов А, Б, В и Г.

Рис. 4. Характер колебаний системы вакуумный захват — изделие.

изделия  $m=0,5$  кг (для вакуумных захватов типов А, Б, Г) и  $m=0,1$  кг (для вакуумного захвата типа В).

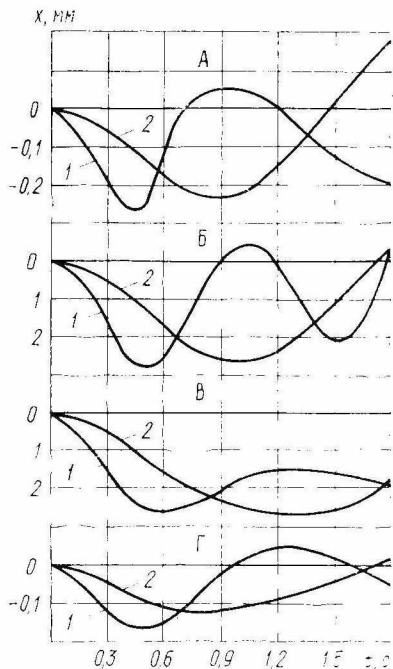
Характер перемещения вакуумного захвата с изделием при указанных условиях в зависимости от продолжительности перемещения показан на графиках (рис. 4), где для вакуумных захватов типа А, Б, В и Г кривые 1 соответствуют продолжительности перемещения 0,5 с, а кривые 2 — 1 с.

Как видно из графиков, при заданных условиях в системе вакуумный захват — изделие возникают нелинейные колебания; при этом система с вакуумным захватом типа Б имеет наибольшую амплитуду колебаний, а с захватом типа Г — наименьшую, что обуславливается жесткостью захватов.

Рабочие органы для упаковки и укладки штучных изделий необходимо проектировать с учетом того, что их движение с удерживаемым изделием сопровождается колебаниями, параметры которых должны учитываться при разработке реальных конструкций укладочных и упаковочных автоматов.

#### Библиографический список

1. Бурлай Ю. В., Сухой Л. А. Оборудование для укладки и упаковки штучных изделий. — М.: Машиностроение, 1975. — 280 с.



Поступила в редколлегию 11.04.86.