

## Автоматизация загрузки вибробункера робототехнологического комплекса

© В.В. Варенцов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Описан датчик загрузки вибробункера, работа которого основана на использовании явления изменения амплитуды колебаний чаши при изменении числа загруженных деталей. Датчик состоит из упругой пластины, рычага, вращающегося вокруг оси, и геркона. Рассмотрены некоторые количественные соотношения, характеризующие конструктивные параметры датчика. Даны рекомендации по выбору основных геометрических размеров чувствительного элемента и рычага, управляющего состоянием геркона.*

**Ключевые слова:** вибробункер, датчик уровня загрузки.

При автоматизации технологических процессов для подачи на рабочую позицию сравнительно мелких деталей или заготовок широко применяются вибробункеры. Особенно часто вибробункеры используются в робототехнологических комплексах (сборки, штамповки и т. п.).

Для обеспечения бесперебойной работы вибробункеров их необходимо периодически загружать деталями или заготовками. При этом обычно загрузка осуществляется либо вручную, либо посредством механических питателей, включаемых оператором. И в том, и в другом случаях возможны достаточно большие промежутки времени, когда вибробункер работает или с недогрузкой, или с перегрузкой. Недогрузка снижает производительность вибробункера, а перегрузка вызывает перегрев обмоток в приводе вибробункера и уменьшает продолжительность его работоспособности.

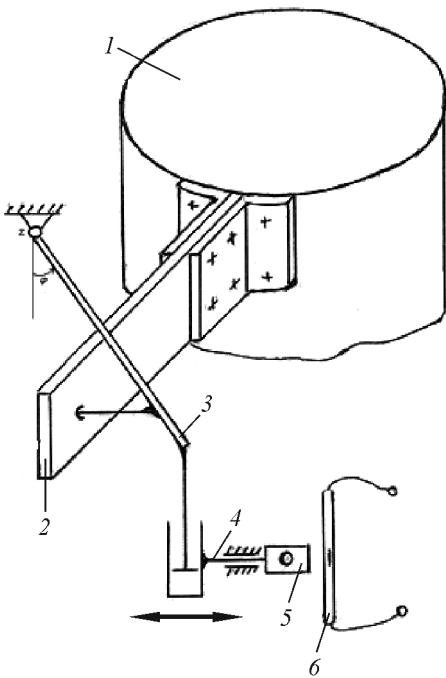
С учетом этого возникает актуальная задача автоматизации загрузки вибробункера, решение которой связано с разработкой датчиков уровня загрузки вибробункера деталями. Одним из возможных вариантов является датчик, принцип работы которого основан на зависимости амплитуды колебаний чаши вибробункера от количества загруженных в нее деталей.

Данный датчик должен вырабатывать сигналы на включение питателя вибробункера при его недогрузке и на выключение питателя при перегрузке. Для получения таких сигналов можно изменять, в частности:

- 1) положение чаши вибробункера по высоте;
- 2) электрический ток в цепи питания вибропривода;
- 3) амплитуду колебаний чаши.

Использование первого способа затруднительно вследствие малости эффекта. Для реализации второго способа требуется стабилизация питающего электрического напряжения с высокой степенью точности, что трудно осуществить в заводских условиях.

Эксперименты показали, что наиболее удобен третий способ. При этом основная трудность связана с тем, что при изменении числа деталей в чаше вибробункера амплитуда колебаний чаши изменяется незначительно. Для ее преодоления достаточно с помощью несложных приспособлений создать вынужденные колебания чувствительного элемента и использовать свойства его амплитудно-частотной характеристики. Схема датчика, основанного на использовании третьего способа, приведена на рисунке.



Вибробункер с датчиком:  
 1 — чаша вибробункера; 2 — упругая пластина; 3 — рычаг; 4 — ползун; 5 — магнит; 6 — геркон

К чаше вибробункера 1 прикреплена плоская упругая пластина 2, которая имеет механический контакт с рычагом 3, установленным шарнирно на горизонтально расположенной оси. Нижний конец рычага кинематически соединен с ползуном 4, на котором укреплен постоянный магнит 5. В непосредственной близости от него находится геркон 6, включенный в электрическую цепь управления исполнительным звеном питателя, из которого подаются заготовки в вибробункер.

Параметры пластины подобраны так, чтобы ее первая (основная) собственная частота приблизительно равнялась частоте вибраций чаши вибробункера. Рычаг выполнен таким образом, чтобы его центр тяжести не находился на оси вращения, а был расположен ниже нее на некотором расстоянии  $S$ . Это расстояние и другие параметры рычага выбираются из следующего условия: инертность рычага должна быть намного больше инертности пластины.

Датчик работает следующим образом. При вибрациях чаши пластина совершает вынужденные колебания, амплитуда которых близка к резонансной. Свободный конец пластины периодически (с частотой вибраций) ударяется о нижний конец рычага и тем самым поддерживает его отклоненным от вертикального положения на некоторый угол  $\varphi$ .

При недогрузке чаши вибробункера амплитуда ее колебаний увеличивается, соответственно увеличивается амплитуда колебаний свободного конца пластины. При этом рычаг отклоняется на угол  $\varphi_1 \rangle \varphi$ . Отклонение рычага передается ползуну, и магнит приближается к геркону. Это приводит к замыканию контактов геркона и включению исполнительного звена питателя вибробункера.

При перегрузке чаши вибробункера все происходит в обратном направлении. При этом контакты геркона размыкаются и работа питателя вибробункера прекращается.

Рассмотрим некоторые количественные соотношения, характеризующие конструктивные параметры датчика. Из работы [1] известно, что первая собственная частота колебаний консольно закрепленной пластины

$$\omega_2 = \lambda^2 \sqrt{\frac{EJ}{m_0 l_2^4}}, \quad (1)$$

где  $\lambda = 1,875$ ;  $E$  — модуль Юнга, Н/м<sup>2</sup>;  $J = hb^3/12$ ;  $h$  — ширина пластины, м;  $b$  — толщина пластины, м;  $m_0 = \rho hb$ ;  $\rho$  — плотность материала пластины, кг/м<sup>3</sup>;  $l_2$  — длина пластины, м.

Для того чтобы пластина колебалась с максимальной амплитудой, должен иметь место резонанс. Следовательно, частота  $\omega_2$  должна равняться частоте вибраций чаши вибробункера  $\nu$ . Учитывая это в формуле (1), получаем

$$l_2 = \frac{\lambda}{2} \sqrt{\frac{b}{\pi \nu}} \sqrt[4]{\frac{E}{3\rho}}. \quad (2)$$

По формуле (2) можно вычислить длину пластины, выполняющую роль усилительного элемента датчика. Если принять, что  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, то при  $b = 0,5 \cdot 10^{-3}$  м для наиболее распространенных частот вибраций вибробункеров  $\nu_1 = 50$  Гц и  $\nu_2 = 100$  Гц из работы [2] найдем:  $l_2' = 0,346$  м;  $l_2'' = 0,087$  м.

Представляя рычаг как тонкий однородный стержень длиной  $l_3$ , совершающий свободные малые колебания, можно выразить их частоту известной формулой

$$\omega_3 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgs}{J_z}}, \quad (3)$$

где  $m$  — масса рычага, кг;  $s = 0,5l_2$ ; м;  $J_z = \frac{1}{3} ml_2^2$ .

Эксперименты показали, что для обеспечения работоспособности датчика необходимо, чтобы частота свободных колебаний рычага была значительно меньше собственной частоты колебаний пластины, т. е. частоты колебаний чаши вибробункера. Следовательно, должно выполняться неравенство

$$50\omega_3 \leq \nu. \quad (4)$$

Исходя из этого и принимая, что  $g \approx \pi^2$ , нетрудно найти, что при  $\nu = \nu_1 = 50$  Гц

$$l'_3 \geq 0,375 \text{ м,}$$

а при  $\nu = \nu_2 = 100$  Гц

$$l''_3 \geq 0,094 \text{ м.}$$

В заключение отметим, что для экономии материала и надежности работы датчика не следует использовать в качестве рычагов слишком длинные и массивные стержни. Эксперименты показывают, что целесообразно придерживаться соотношений

$$\frac{l_3}{l_2} \leq 1,5; \quad \frac{m}{m_0 l_2} \leq 10,0. \quad (5)$$

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бидерман В.Л. *Прикладная теория механических колебаний*. Москва, Высшая школа, 1972, 416 с.
- [2] Кувшинский В.В. *Автоматизация технологических процессов в машиностроении*. Москва, Машиностроение, 1972, 272 с.

Статья поступила в редакцию 29.10.2014 г.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:  
Варенцов В.В. Автоматизация загрузки вибробункера робототехнологического комплекса. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2014, вып. 12.  
URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1341.html>

**Варенцов Вячеслав Витальевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретическая механика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, почетный работник высшего профессионального образования РФ. e-mail: [fn3@bmstu.ru](mailto:fn3@bmstu.ru)

## **Loading automation of a vibrating hoppers of the robotic technological complex**

© V.V. Varentsov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The article describes a vibrohopper loading sensor. Its work is based on the phenomenon of changes in the oscillations amplitude of a bowl when the number of uploaded details is changing. The sensor consists of an elastic plate, a lever rotating around an axis, and a hermetic contact. Some quantitative ratios that characterize the sensor design parameters are considered. Guidelines for choosing the main geometrical dimensions of the sensor element and the lever controlling a state of the hermetic contact are given.*

**Keywords:** *the vibrating hopper, the sensor of the loading level.*

### REFERENCES

- [1] Biderman V.L. *Prikladnaya teoriya mekhanicheskikh kolebaniy* [Applied theory of mechanical vibrations]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1972, 416 p.
- [2] Kuvshinsky V.V. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii* [Automation of technological processes in mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972, 272 p.

**Varentsov V.V.**, Ph. D., assoc. professor of the Department of Theoretical Mechanics at Bauman Moscow State Technical University, Honorary Worker of Higher Vocational Education of the Russian Federation. e-mail: fn3@bmstu.ru