УДК 621.9.06-52

Е. В. Давыдова, В. В Прейс, А. В. Чурочкин
ТулГУ, г. Тула, Россия
Тел. +7 (4872) 734493; E-mail: rabota-preys@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЛОСКИХ АСИММЕТРИЧНЫХ ПРЕДМЕТОВ ОБРАБОТКИ

Разработана математическая модель производительности вертикального бункерного загрузочного устройства для плоских асимметричных предметов обработки.

Ключевые слова: *математическая модель, бункерное загрузочное устройство, производительность.*

E. Davydova, B. Preuss., A. Churochkin

MATHEMATICAL MODEL PERFORMANCE VERTICAL HOPPER FOR FLAT ASYMMETRICAL OBJECTS PROCESSING

Abstract: *A mathematical model of productivity of the vertical hopper feeding device for form processing bodies of revolution with an implicit asymmetry at the ends are considered.*

Key words: *mathematical model, hopper feeding device, productivity.*

Механические вертикальные бункерные загрузочные устройства (БЗУ), имеющие вертикально расположенный диск с горизонтальной осью вращения, широко используют в системах автоматической загрузки (САЗ) сборочных машин и линий предметами обработки формы тел вращения в виде колпачков (рис.1).

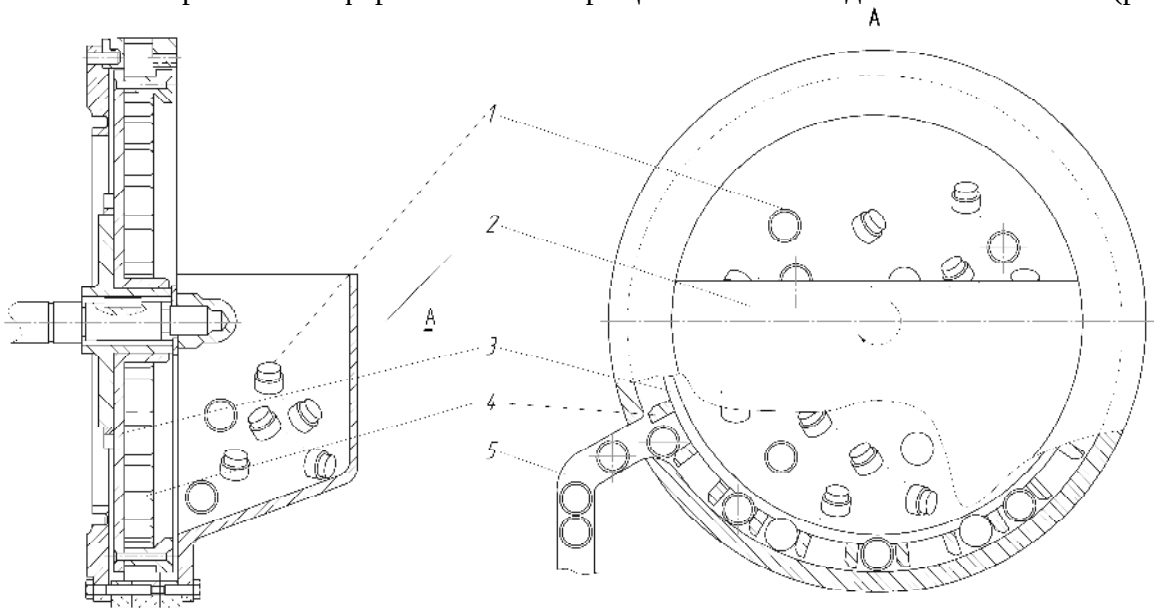
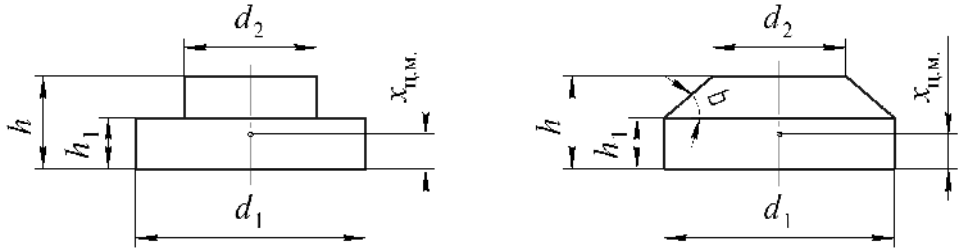


Рис. 1. Вертикальное бункерное загрузочное устройство:
1 – деталь, 2 – бункер, 3 – вращающийся диск; 4 – карман, 5 – лоток

Данный класс БЗУ обладает высокой производительностью (до 350 шт./мин) и надежностью при загрузке колпачков с отношением наружного диаметра и высоты $d/h = 1...1{,}5$ [1].

В различных отраслях промышленности достаточно широко встречаются плоские сплошные предметы обработки асимметричной внешней формы (рис. 2).



а б

Рис. 2. Плоские асимметричные предметы обработки формы тел вращения: а – цилиндрические ступенчатые; б – с коническим торцом

Фактическая производительность вертикального БЗУ определяется общим для всех механических БЗУ выражением

$$П_{БЗУ} = 60\frac{\upsilon}{t}\eta, \quad (1)$$

$$\eta = \eta_{max}\left(1 - \varepsilon\upsilon^4\right), \quad (2)$$

где υ – окружная скорость вращающегося диска БЗУ по центру захватывающих органов (карманов), м/с; t – шаг захватывающих органов, м; η – коэффициент выдачи БЗУ; η_{max} – максимальный коэффициент выдачи, соответствующий окружной скорости диска с захватывающими органами, стремящейся к нулю; ε – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности БЗУ.

Шаг захватывающих органов определяют по выражению

$$t = d_1 + \Delta t + \delta_п, \quad (3)$$

где d_1 – наибольший диаметр цилиндрической части предмета обработки (см. рис. 2), м; Δt – зазор по шагу ($0{,}05d_1 \le \Delta t \le 0{,}1d_1$), м; $\delta_п$ – длина перемычки между карманами, м.

В работе [2] была рассмотрена математическая модель производительности вертикального БЗУ для загрузки предметов обработки типа колпачков. В основу математической модели производительности БЗУ положен разработанный соавторами методологический подход, заключающийся в том, что для математического описания коэффициента выдачи η используют выражение (2), предложенное проф. В.Ф. Прейсом, а математическое описание максимального коэффициента выдачи η_{max} ищут в виде произведения вероятностей, предложенных проф. М.В. Медвидем [3]. Этот подход использован и для написания математической модели производительности вертикального БЗУ для показанных выше сплошных ассиметричных предметов обработки (см. рис. 2).

Математическое описание максимального коэффициента выдачи η_{max} представлено выражением вида

$$\eta_{max} = p_i p_c, \quad (4)$$

где $p_i = p_k p_l p_m$ – вероятность нахождения предмета обработки на пути карма-

на в положении, благоприятном для захвата; p_k – вероятность того, что предмет обработки после ляжет на поверхность вращающегося диска образующей цилиндрической поверхности; p_l – вероятность поворота предмета обработки торцом меньшего диаметра к карману; p_m – вероятность отсутствия помех в осуществлении перехода предмета обработки из одного устойчивого положения в другое; p_c – вероятность того, что захвату не помешает взаимосцепляемость предметов обработки.

Для нахождения вероятности p_i, были рассмотрены устойчивые положения, которые могут занимать предметы обработки в бункере БЗУ, что позволило получить математическое выражение вида

$$p_i = (p_{k_1} + (1 - p_{k_1} - p_{k_2})\, p_{l_3})\, p_m . \tag{5}$$

Математические выражения для описания вероятностей p_{k_1}, p_{k_2}

$$p_{k_1} = \frac{1}{2} - \frac{x_{\text{ц.м.}}}{\sqrt{4x_{\text{ц.м.}}^2 + d_1^2}};\ \ p_{k_2} = \frac{1}{2} - \frac{h - x_{\text{ц.м.}}}{\sqrt{4(h - x_{\text{ц.м.}})^2 + d_2^2}}. \tag{6}$$

Математическое выражение для описания вероятности p_{l_3}

$$p_{l_3} = \frac{1}{\pi}\left(\arccos\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{d_1}{2x_{\text{ц.м.}}}\right)^2}} - \arcsin\frac{\mu}{\text{tg}\alpha_{\text{бун}}}\right), \tag{7}$$

где μ – коэффициент трения скольжения предметов обработки о поверхности элементов БЗУ; $\alpha_{\text{бун}}$ – угол наклона дна бункера вертикального БЗУ к горизонтали, град. (значение угла должно удовлетворять условию $35^\circ > \alpha_{\text{бун}} > \text{arctg}\,\mu$).

Математическое выражение для вероятности p_m

$$p_m = \arcsin\left(\frac{h}{d_1}\right) \Big/ \text{arctg}\left(\frac{d_1}{h}\right). \tag{8}$$

Вероятность p_c определяли по известной зависимости

$$p_c = 1 - X\ , \tag{9}$$

где X – коэффициент линейного торможения $X = \sum_{i=1}^{i=z} X_i \gamma_i$, $z = n^2$ – количество сочетаний прилегающих поверхностей предмета обработки; n – количество поверхностей, ограничивающих предмет обработки; γ_i – вес i-го парциального коэффициента, определяемый выражением $\gamma_i = \dfrac{F_l + F_k}{2n\sum F}$, в котором F_l и F_k – площади прилегающих поверхностей, $\sum F$ – площадь всех поверхностей, ограничивающих предмет обработки; $X_i = X_{ki} = \dfrac{\xi_i}{\pi} = \dfrac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{\xi_{xi}^2 + \xi_{yi}^2}$ – парциальный коэффициент линейного торможения, в котором ξ_{xi}, ξ_{yi} – наибольшие углы поворота i-х сторон прилегающих предметов обработки без их разъединения.

Математическое описание коэффициента ε, получаем, принимая во внимание известный факт, что при достижении некоторого предельного значения окружной скорости υ_{max} вращающегося диска с гнездами фактическая производительность БЗУ (1) падает до нуля. Тогда из выражения (3) коэффициент ε может быть определен следующим образом

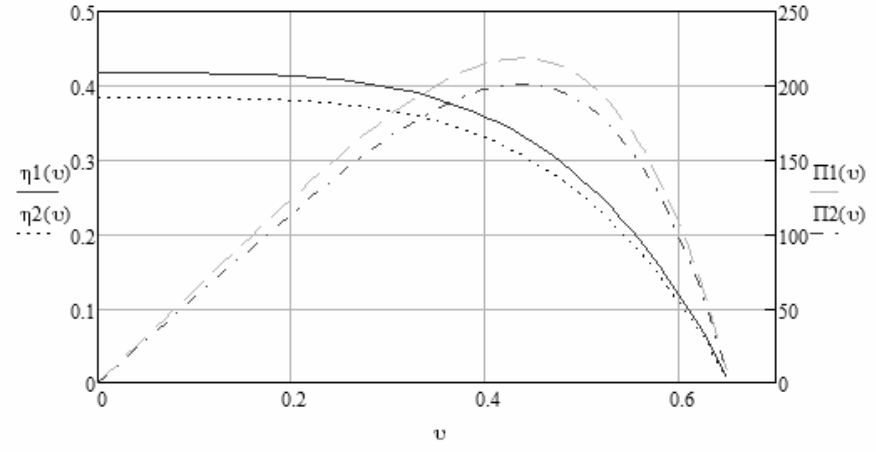
$$\varepsilon = \upsilon_{max}^{-4}. \qquad (10)$$

Рассматривая процесс западания предмета обработки в радиальный паз, при котором произойдет неупругий удар предмета обработки о край паза и предмет будет выброшен из паза, получим математическое выражение, определяющее предельное значение окружной скорости карманов БЗУ

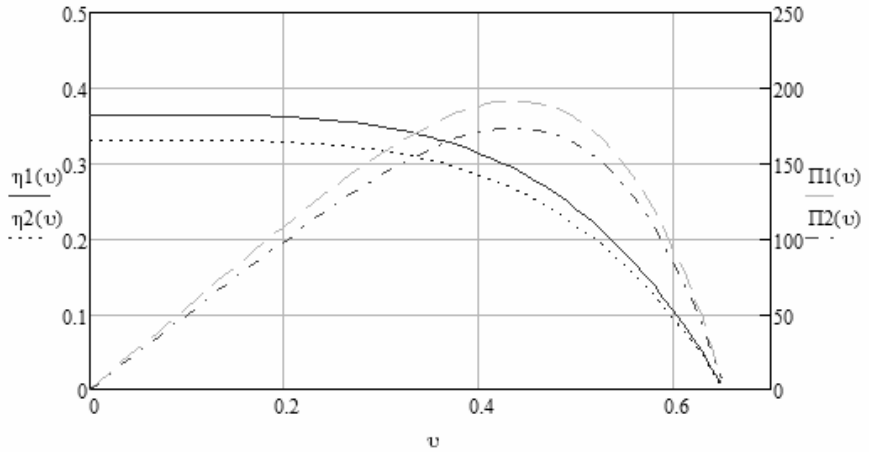
$$\upsilon_{max} = \sqrt{0{,}2g\left[(4\Delta t + 5d_1) \pm \sqrt{(4\Delta t + 5d_1)^2 - 20(d_1 + \Delta t)^2}\right]}. \qquad (11)$$

Таким образом, математическая модель производительности вертикального БЗУ представлена выражениями (1) – (11).

На рис. 3 представлены графики зависимости коэффициента выдачи (2) и



а



б

Рис. 3. Зависимости коэффициента выдачи и производительности вертикального БЗУ от окружной скорости захватывающих органов для плоских асимметричных деталей цилиндрической формы (1) и с коническим торцом (2) при значениях коэффициента трения: а – $\mu = 0{,}25$; б – $\mu = 0{,}4$

фактической производительности (1) вертикального БЗУ от окружной скорости захватывающих органов для двух типов плоских асимметричных предметов с параметрами: $d_1 = 0{,}03$ м, $d_2 = 0{,}02$ м, $h = 0{,}02$ м, $h_1 = 0{,}01$ м и коэффициентами трения $\mu = 0{,}25; 0{,}4$ (см. рис. 2). Принято $\alpha_{\text{бун}} = 30^\circ$, $\Delta t = 0{,}1 d_1$. Графики показывают, что максимальная производительность вертикального БЗУ достигается при окружной скорости захватывающих органов БЗУ 0,45 м/с и составляет для плоских асимметричных цилиндрических деталей 170…220 шт./мин, а для деталей с коническим торцом – 150…200 шт./мин в зависимости от коэффициента трения.

Разработанная математическая модель производительности вертикального БЗУ может быть использована при его проектировании на заданную производительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы автоматической загрузки штучных предметов обработки в технологические машины-автоматы: Учебное пособие / Н.А. Усенко, В.В. Прейс, Е.В. Давыдова, Е.С. Бочарова; под ред. проф. В.В. Прейса. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. – 310 с.

2. Давыдова Е.В., Прейс В.В. Автоматическая загрузка стрежневых предметов обработки с неявно выраженной асимметрией по торцам / Под ред. В.В. Прейса. – Тула: ТулГУ, 2009. – 112 с.

3. Давыдова Е.В., Прейс В.В. Аналитическая модель производительности вертикального бункерного загрузочного устройства // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2010. – № 9. – С. 27-31.

Поступила в редколлегию 04.05.2016 г.