

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

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

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). 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].

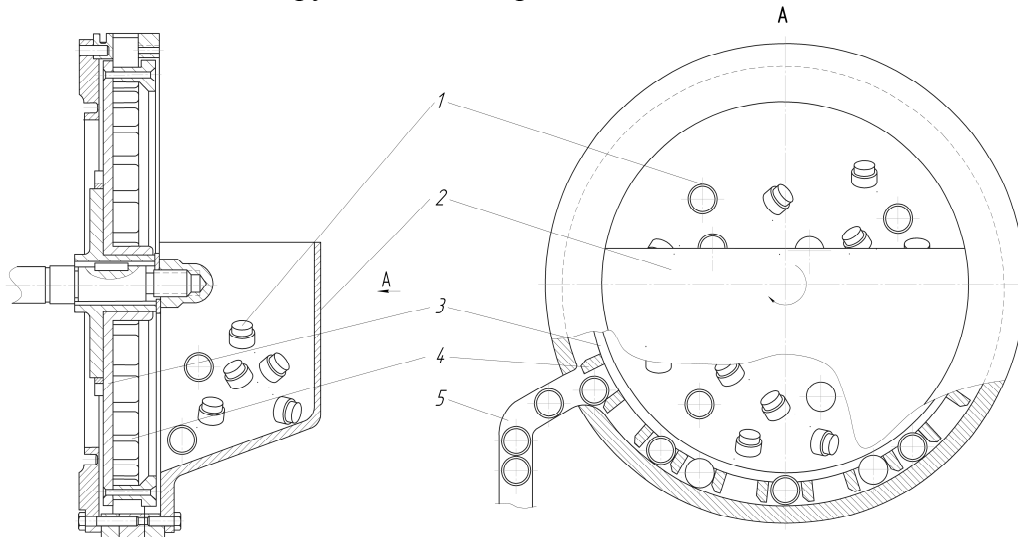


Рис. 1. Вертикальное бункерное загрузочное устройство:
1 – деталь, 2 – бункер, 3 – вращающийся диск; 4 – карман, 5 – лоток

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

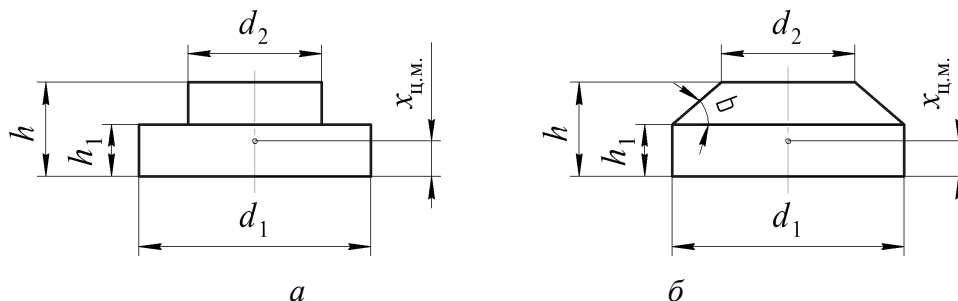


Рис. 2. Плоские асимметричные предметы обработки формы тел вращения:
а – цилиндрические ступенчатые; б – с коническим торцом

Фактическая производительность вертикального БЗУ определяется общим для всех механических БЗУ выражением

$$\Pi_{\text{БЗУ}} = 60 \frac{v}{t} \eta, \quad (1)$$

$$\eta = \eta_{\text{max}} (1 - \varepsilon v^4), \quad (2)$$

где v – 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

$$t = d_1 + \Delta t + \delta_{\text{п}}, \quad (3)$$

где d_1 – наибольший диаметр цилиндрической части предмета обработки (см. рис. 2), м; Δt – зазор по шагу ($0,05d_1 \leq \Delta t \leq 0,1d_1$), м; $\delta_{\text{п}}$ – 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

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

где $p_i = p_k p_l p_m$ – вероятность нахождения предмета обработки на пути кармана 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 мешает 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

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

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

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

Математическое выражение для описания вероятности p_{l_3}

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

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 $35^\circ > \alpha_{\text{буН}} > \arctg \mu$).

Математическое выражение для вероятности p_m

$$p_m = \arcsin \left(\frac{h}{d_1} \right) / \operatorname{arctg} \left(\frac{d_1}{h} \right). \quad (8)$$

Вероятность p_c определяли по известной зависимости

$$p_c = 1 - X, \quad (9)$$

где X – коэффициент линейного торможения $X = \sum_{i=1}^{i=z} X_i \gamma_i$, $z = n^2$ – количество сочета- ний прилегающих поверхностей предмета обработки; n – количество поверхностей, ограничивающих предмет обработки; γ_i – вес i -го парциального коэффициента, определяемый выражением $\gamma_i = \frac{F_l + F_k}{2n \sum F}$, в котором F_l и F_k – площади прилегающих поверхностей, $\sum F$ – площадь всех поверхностей, ограничивающих предмет обработки; $X_i = X_{ki} = \frac{\xi_i}{\pi} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{\xi_{xi}^2 + \xi_{yi}^2}$ – 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 v_{\max} вращающегося диска с гнездами фактическая производительность БЗУ (1) падает до нуля. Тогда из выражения (3) коэффициент ε может быть определен следующим образом

$$\varepsilon = v_{\max}^{-4}. \quad (10)$$

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

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

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

На рис. 3 представлены графики зависимости коэффициента выдачи (2) и 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 $\alpha_{\text{бун}} = 30^\circ$, $\Delta t = 0,1d_1$.

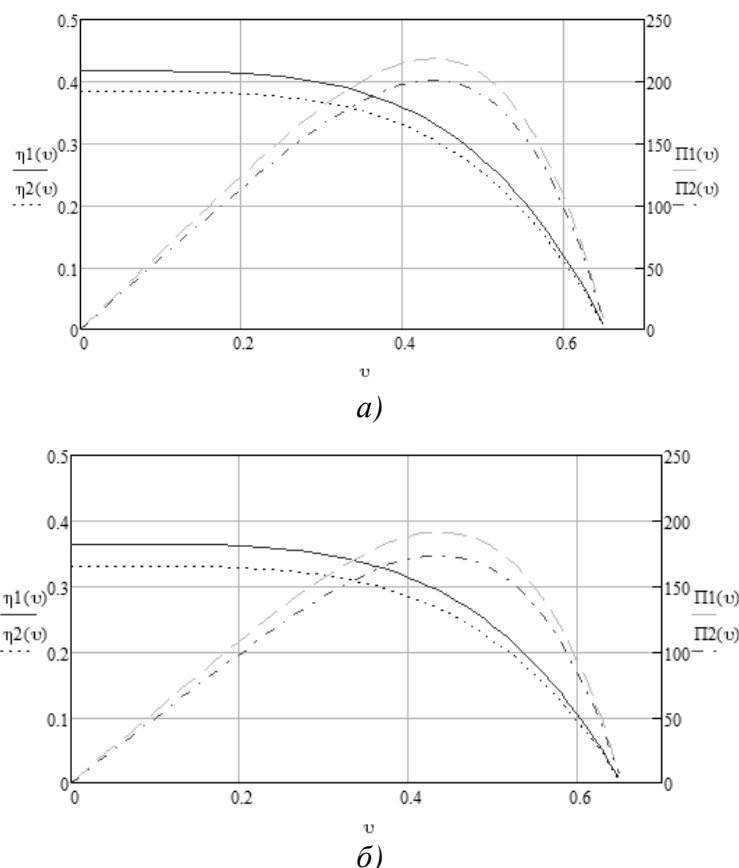


Рис. 5. Зависимости коэффициента выдачи и производительности вертикального БЗУ от окружной скорости захватывающих органов для плоских асимметричных деталей цилиндрической формы (1) и с коническим торцом (2) при значениях коэффициента трения: а – $\mu = 0,25$; б – $\mu = 0,4$

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.

Список литературы: 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 стреловых предметов обработки с неявно выраженной асимметрией по торцам / Под ред. В.В. Прейса. Тула: Изд-во 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.