

УДК 621.9.06

ВЕРИФИКАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАХВАТА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ДИСКОВЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

© 2024 Е.В. Пантюхина¹, С.А. Васин¹, С.Н. Шевченко², А.А. Маликов¹¹Тулский государственный университет, г. Тула, Россия²Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 29.03.2024

В статье рассматриваются различные подходы для математического описания производительности механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств. Представлена новая концепция построения указанных математических моделей, учитывающая влияние на производительность механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств их параметров и параметров загружаемых асимметричных деталей тел вращения. Получены математические модели вероятности захвата и производительности усовершенствованных и традиционных механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для асимметричных деталей тел вращения. Представлены результаты экспериментальных исследований вероятности захвата и производительности усовершенствованных механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для деталей тел вращения с неявной асимметрией и традиционных механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для деталей тел вращения с явной асимметрией. Проведена верификация разработанных на основе предложенной концепции математических моделей вероятности захвата и производительности с результатами экспериментальных исследований.

Ключевые слова: бункерное загрузочно-ориентирующее устройство, вероятность захвата, производительность, асимметричные детали тел вращения.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-55-62

EDN: RPDTPS

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших показателей механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств (БЗУ) является производительность, характеризующаяся количеством правильно сориентированных деталей, выданных из БЗУ в единицу времени [1].

На фактическую производительность БЗУ оказывает влияние целый ряд факторов, основными из которых являются: геометрические параметры загружаемых деталей и их объем, засыпанный в бункер БЗУ, взаимосцепляемость деталей друг с другом, конструктивные параметры БЗУ (угол наклона бункера, размеры, расположение и конфигурация органов захвата, ориентирования и выдачи), окружная скорость захватывающих органов БЗУ, коэффициенты

Пантюхина Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная автоматика и робототехника». E-mail: e.v.pant@mail.ru
Васин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: vasin_sa53@mail.ru
Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН, директор. E-mail: samniish@mail.ru

Маликов Андрей Андреевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения». E-mail: tppizi@yandex.ru

трения между деталями и конструктивными элементами БЗУ [2 – 4].

Производительность БЗУ не является величиной постоянной, так как в основе его работы лежит вероятностный принцип захвата единичной детали из общей массы, поэтому для вычисления фактической производительности БЗУ использовать классические формулы нельзя, а выражение для ее определения записывается в виде:

$$P_{\phi} = P_T \eta = 60 \frac{v}{t} \eta, \quad (1)$$

где P_T – теоретическая (максимально возможная) производительность БЗУ; v – окружная скорость движения захватывающих органов, м/с; t – шаг захватывающих органов, м; η – вероятность захвата (или в некоторых работах коэффициент выдачи) БЗУ [5].

Известно несколько подходов для определения вероятности захвата при описании производительности БЗУ.

Основоположник первого подхода В.Ф. Пре́йс разработал научные положения, базировавшиеся на классических методах теоретической механики, теории механизмов и машин, теории производительности машин-автоматов и обширных экспериментальных исследованиях

большого типажа механических БЗУ для различных элементов патронов стрелкового оружия [6]. В результате аппроксимации результатов экспериментальных исследований для каждого БЗУ были представлены эмпирические выражения вида:

$$\eta = a - b \cdot v^4,$$

где a и b – полученные экспериментальным путем коэффициенты [6].

Ниже приведены графики зависимостей от окружной скорости захватывающих органов коэффициента выдачи и производительности традиционных БЗУ типов I (с тангенциальными профильными карманами для цилиндрических стаканчиков с конической частью) и II (вертикальное с профильными карманами для близких к равноразмерным колпачков) (рис. 1).

Эмпирические выражения являются адекватными и корректными, так как получены в результате экспериментальных исследований, но коэффициенты a и b в них применимы только для конкретных БЗУ и загружаемых в них деталей.

Основоположник второго направления М.В. Медвидь использовал теорию вероятности для описания процесса захвата деталей из общей массы [7]. Падающая на поверхность вращающегося диска деталь при наличии препятствий со стороны других деталей и скорости захватывающих органов должна занять благоприятное для ее захвата положение. Это возможно при нахождении на пути захватывающего органа детали в положении, благоприятном для захвата, и при отсутствии помех для ее захвата и извлечения либо в случае слишком высокой скорости захватывающего органа, либо слишком высокой сцепляемости деталей. Поэтому коэффициент выдачи определяется по выражениям:

- для пассивного ориентирования:

$$\eta = p_{ip} p_v p_c;$$

- для активного ориентирования:

$$\eta = \sum_{i=1}^{i=m} p_{ip} p_v p_c,$$

где $p_{ip} = p_k p_l p_m$ – вероятность нахождения детали на пути захватывающего органа в положении, благоприятном для захвата; p_k – вероятность того, что деталь после падения окажется на поверхности вращающегося диска нужной стороной; p_l – вероятность поворота детали к захватывающему органу нужной стороной; p_m – вероятность отсутствия помех в осуществлении перехода; p_v – вероятность того, что захвату детали не мешает слишком высокая окружная скорость захватывающих органов; p_c – вероятность того, что захвату не мешает взаимосцепляемость изделий; $\sum_{i=1}^{i=m} p_{ip}$ – сум-

ма вероятностей всех положений детали, из которых она может быть переведена в требуемое положение; m – количество различных положений деталей.

Однако в предложенной методике расчета вероятности p_v много противоречий. Как писал сам автор в своей работе [7], «формула скоростного коэффициента носит приближенный характер», поэтому теоретические и экспериментальные значения вероятности p_v давали расхождение от 20 до 25 %.

На рис. 2 показаны результаты сравнения значений коэффициента выдачи на примере БЗУ типа I, полученных экспериментально В.Ф. Прейсом (кривая I) и рассчитанных по методике М.В. Медвидя (кривые II) с использованием двух разных предложенных им выражений вероятности p_v .

Анализируя полученные значения вероятностей захвата, приходим к выводу, что при значениях окружной скорости захватывающих органов, близких к 0, ее максимальные значения, полученные с использованием каждого подхода, практически совпадают. Однако при других значениях v разногласия на представленных графиках отличаются существенно.

В работах [8, 9] представлена методология предложенного комплексного подхода к математическому моделированию фактической производительности различных конструкций механических дисковых карманчиковых БЗУ, а в работе [10] представлена методика определе-

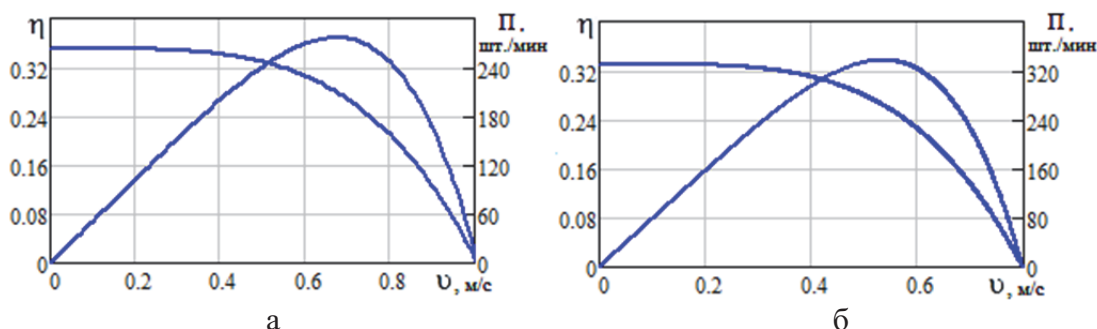


Рис. 1. Результаты известных экспериментальных исследований вероятности захвата и производительности традиционных БЗУ типов I (а) и II (б)

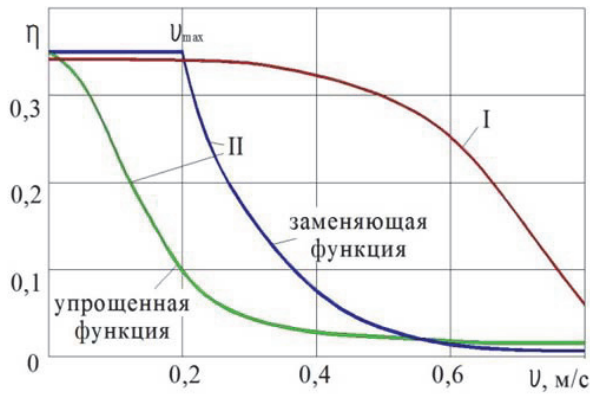


Рис. 2. Результаты сравнения значений вероятности захвата БЗУ типа I по двум подходам

ния вероятности захвата для широкой номенклатуры асимметричных деталей тел вращения, позволяющая не только построить математическую модель и определить вероятность захвата асимметричных деталей в различных БЗУ, но и оценить, при каких параметрах деталей и БЗУ его производительность будет максимальной.

Данная концепция предложена на основе обобщения двух рассмотренных выше подходов. Для математического описания вероятности захвата η от окружной скорости v захватывающих органов БЗУ было предложено использовать эмпирическую зависимость В.Ф. Прейса, преобразовав ее к виду

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

где $\eta_{\max} = p_i p_c$ – максимальное значение вероятности захвата при начальных значениях окружных скоростей v (p_i – вероятность нахождения деталей по направлению к карману в положении, благоприятном для захвата, определяемая с помощью основных положений М.В. Медвидя); ε – коэффициент, определяемый предельным значением окружной скорости захватывающих органов $v_{\text{пред}}$, при которой в карман не успеет попасть ни одна деталь.

На основе представленной новой методики построим математические модели вероятности захвата и производительности некоторых типов

традиционных и усовершенствованных БЗУ, сравним их с результатами экспериментальных исследований.

РАЗРАБОТКА И ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАХВАТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Вероятность p_i определяется всеми положениями детали, из которых возможен ее захват захватывающим органом – карманом. В БЗУ с радиальными прямоугольными карманами, кольцевым ориентатором и радиальными пазами в форме гребенки (тип I) и в БЗУ с вертикальным диском и профильными роликами (тип II) захват деталей осуществляется радиально расположенными карманами. Деталь с торцом в форме усеченного конуса для ее захвата в БЗУ типа I должна упасть на поверхность вращающегося диска стороной III и повернуться к карману из этого положения основанием II, а в БЗУ типа II – должна упасть на поверхность вращающегося диска основанием I, из которого не требуется разворот, и цилиндрической поверхностью III, требующей разворота (рис. 3, а).

Для каждой поверхности детали определим соответствующие ей угол δ_i и вероятность p_i , введя заменяющие коэффициенты $a = d_1/l$, $c = d_2/l$, $b = x_c/l$, $f = l_1/l$, получим

$$\delta_I = 2 \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{2b}\right)^2}};$$

$$\delta_{II} = 2 \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{c}{2(1-b)}\right)^2}},$$

$$\delta_{III} = 180^\circ - 0,5(\delta_I + \delta_{II}), \quad (3)$$

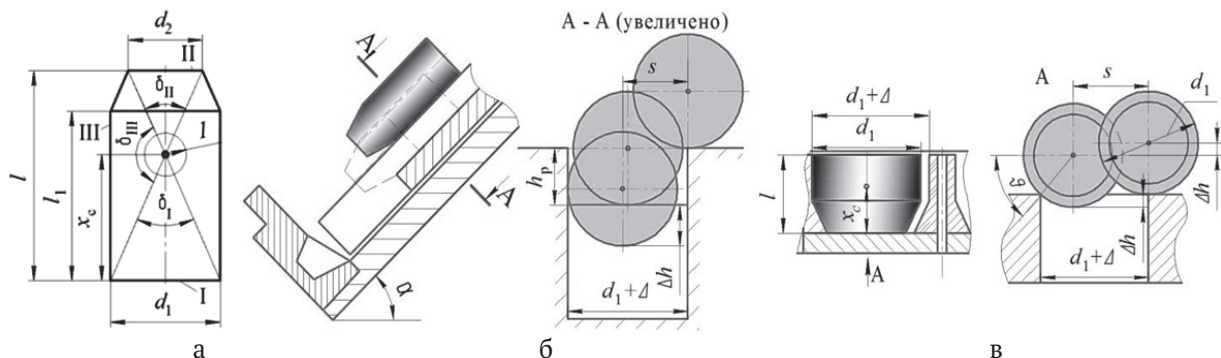


Рис. 3. Расчетные схемы для построения математической модели вероятности захвата: а – деталь; б, в – расчетные схемы для определения вероятностей для разных деталей

$$p_I = \frac{1 - \cos \frac{\delta_I}{2}}{2}, \quad p_{II} = \frac{1 - \cos \frac{\delta_{II}}{2}}{2},$$

$$p_{III} = 1 - p_I - p_{II}, \quad (4)$$

где x_c, l, d_2, d_1, l_1 – геометрические параметры предмета обработки (см. рис. 3, а).

В зависимости от типа БЗУ исключим положения, из которых захват карманом детали невозможен, и с помощью расчетных схем найдем вероятности $p_{i\max}$ и $p_{i\min}$, учитывая, что зазор Δ при конструировании БЗУ задается как некоторая часть Δ_1 от диаметра d_1 детали, можем записать после введения поправочного коэффициента $\Delta = \Delta_1 d_1$ (табл. 1).

Вероятность p_i , описывающая вероятность нахождения детали по направлению к карману в благоприятном для захвата положении, определяется по формуле:

$$p_i = 1 - (1 - p_{i\max})^3 (1 - p_{i\min})^{\frac{\pi R \Phi_3}{180 d_1}}, \quad (5)$$

где R – радиус вращающегося диска по центру расположения карманов, м; Φ_3 – зона захвата деталей, град [11].

Чтобы получить выражение для определения вероятности p_c , описывающей взаимосцепляемость деталей при их захвате в БЗУ, необходимо вычислить площади F_i всех поверхностей детали, а затем для каждого сочетания определить допустимый угол ξ их поворота без разъединения:

$$p_c = 1 - \frac{4 \arctan \mu_o \cdot (d_1^2 \cdot (\sqrt{2} + 0,5) + d_2^2 \cdot (\sqrt{2} + 0,5) + 6 d_1 l)}{3\sqrt{2} \cdot \pi (d_1^2 + d_2^2 + 4 d_1 l)}, \quad (6)$$

где μ_o – коэффициент трения между поверхностями деталей.

Предельная окружная скорость захватывающих органов зависит от способа западания детали в карман и определяется с использованием расчетных схем БЗУ типов I (см. рис. 3, б) и II (см. рис. 3, в) по одной из двух формул соответственно:

Таблица 1. Формулы вероятностей $p_{i\max}$ и $p_{i\min}$ в усовершенствованных БЗУ

Тип БЗУ	Вероятность	
	$p_{i\max}$	$p_{i\min}$
I	$\frac{p_{III}}{2\pi} \left(\delta_{II} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha} \right)$	$\frac{p_{III}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{(1 + \Delta_1) \cdot a}{\sqrt{f^2 + a^2}} - \operatorname{arctg} \frac{a}{f} \right)$
II	$p_I + \frac{p_{III}}{2\pi} \left(\delta_{II} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha} \right)$	$p_I + \frac{p_{III}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{2 \cdot (1 + \Delta_1)}{\sqrt{(a+c)^2 + 4}} - \operatorname{arctg} \frac{1}{2(a+c)} \right)$

$$v_{\text{пред}} = \sqrt{d_1 g \left(1 + 0,4x + 0,8\Delta_1 - 0,2\sqrt{5 - 4(\Delta_1 - 2x)^2} \right)},$$

$$v_{\text{пред}} = \sqrt{0,5g \cdot d_1 \left[4\Delta_1 + 5 + \sqrt{5 - 4\Delta_1^2} \right]}, \quad (7)$$

где высота радиального паза $h_p = x d_1$ определяется через некоторый коэффициент x .

Затем определяется коэффициент ε :

$$\varepsilon = v_{\text{пред}}^{-4}. \quad (8)$$

Математические модели вероятности захвата η и производительности двух типов БЗУ определяются выражениями (1) – (8) и табл. 1.

На рис. 4 представлены экспериментальные натурные макеты усовершенствованных БЗУ типов I (для полых детали с торцом в форме усеченного конуса с соотношением длины и большего диаметра 2,87) и II (для сплошной детали с торцом в форме усеченного конуса с соотношением длины и большего диаметра 0,7).

Эксперименты были реализованы в следующей последовательности. Частота вращения диска каждого БЗУ менялись с некоторым определенным шагом. Погрешность их измерений составляла $\pm 0,01$ м/с. Через 60 с после работы подсчитывалось количество деталей, выданных из БЗУ. После замера выданные детали возвращались в бункер и опыт повторялся. На каждом значении частоты вращения диска было проведено по 10 единичных опытов. По результатам опытов в программе Excel были рассчитаны значение окружной скорости захватывающих органов, теоретическая производительность БЗУ (максимально возможная при вероятности захвата, равной 1, и числе захватывающих органов k), среднее арифметическое значение, вероятность захвата, среднее квадратическое отклонение, дисперсия средней производительности, коэффициенты вариации и асимметрии, а затем по методу Романовского исключены резко выделяющиеся наблюдения.

Экспериментальные исследования производительности БЗУ типа I проводились при значениях частоты вращающегося диска: 3,5;

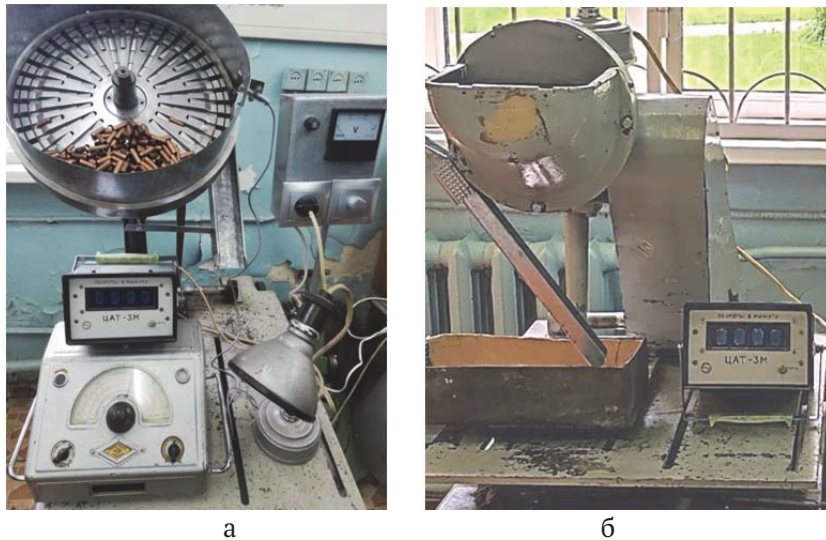


Рис. 4. Макеты усовершенствованных БЗУ типов I (а) и II (б)

5; 6; 8; 11 об./мин, что соответствует окружным скоростям захватывающих органов 0,07; 0,105; 0,126; 0,17; 0,226 м/с, а типа II – при 4; 6; 8; 9; 10; 11; 12 об./мин (установка более высоких частот вращения была ограничена возможностями привода устройства), что соответствует окружным скоростям захватывающих органов 0,047; 0,071; 0,094; 0,106; 0,118; 0,130; 0,141 м/с.

На рис. 5 представлены сравнительные графики зависимостей производительности и вероятности захвата, полученные теоретически с использованием разработанной концепции и экспериментально в лаборатории на натурном образце после аппроксимации с помощью стандартного пакета *CurveExpert 1.4*.

Экспериментальные и теоретические зависимости вероятности захвата и производительности БЗУ от окружной скорости захватывающих органов отличаются друг от друга незначительно, что подтверждается как визуально, так и расчетом отклонений экспериментальных значений от теоретических: для вероятности захвата разница составляет до 4,49 для

БЗУ типа I и до 8,87 для БЗУ типа II, а производительности БЗУ – до 5,31 % для БЗУ типа I и до 6,50 % для БЗУ типа II.

РАЗРАБОТКА И ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАХВАТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Для традиционных БЗУ типов I (деталь – цилиндрический стакан с конической частью, длиной $l = 35$ мм, диаметром $d_1 = 8$ мм) и II (деталь – стакан с явной асимметрией, длиной $l = 12$ мм, диаметром $d_1 = 17$ мм), эмпирические модели вероятности захвата и производительности которых показаны на рис. 1 [6], с помощью новой предложенной методики были разработаны их теоретические модели.

В традиционном БЗУ типа I для каждой поверхности детали соответствующие ей углы δ_I , δ_{III} и вероятности p_I , p_{II} , p_{III} определяются по формулам (3), (4), а угол δ_{II} выражению

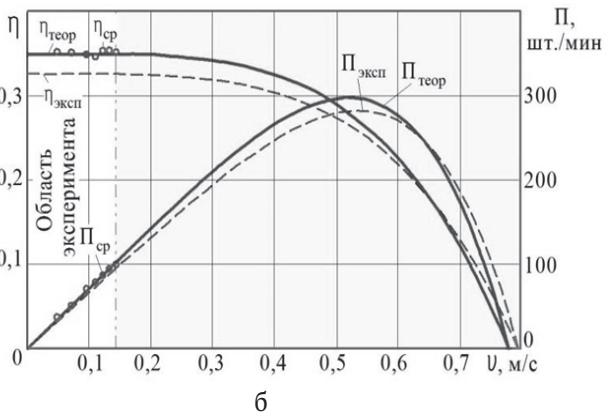
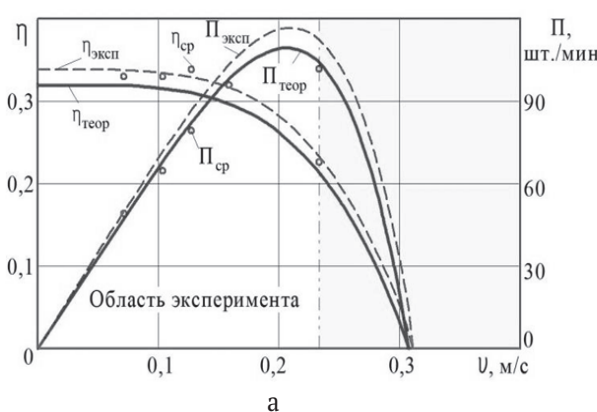


Рис. 5. Сравнительные графики теоретических и экспериментальных значений вероятности захвата и производительности усовершенствованных БЗУ типов I (а) и II (б)

$$\delta_{II} = 2 \arccos \frac{l_1 - x_c + x_c^k}{\sqrt{0,25d_c^2 + (l_1 - x_c + x_c^k)^2}}, \quad (9)$$

в котором x_c^k – координата центра масс конического торца детали и его средний диаметр определяются по формулам $x_c^k = \frac{1}{4}h$, $d_c = \frac{3}{4}d_1$.

В традиционном БЗУ типа II для каждой поверхности детали определим соответствующие ей угол δ_i и вероятность p_i по формулам (3), (4).

В табл. 2 приведены формулы для расчета вероятностей $p_{i\max}$ и $p_{i\min}$ для каждого БЗУ.

Вероятность p_i определяется по формуле (5), вероятность p_c для деталей БЗУ типа II – по формуле (6), а для деталей БЗУ типа I – по формуле:

$$p_c = 1 - \frac{4 \arctan \mu_o \cdot [0,5d_1 \cdot (\sqrt{2} + 1) + 2l_1]}{3\sqrt{2} \cdot \pi(d_1 + 2\sqrt{0,25d_1^2 + h^2} + 4l_1)}. \quad (10)$$

Предельная окружная скорость захватывающих органов определяется с использованием расчетных схем БЗУ типов I (рис. 6, а) и II (рис. 6, б) по одной из двух формул соответственно:

$$v_{\text{пред}} = d_1 \left[\frac{f}{2 \cdot k_1 \cdot a} + \frac{b}{a} \cdot A - \frac{A^2 \cdot f}{2 \cdot k_1 \cdot a} + \frac{1-f}{a} \right] \cdot \sqrt{\frac{g}{d_1 \left[1 + \frac{2b \cdot k_1}{f} - A \right]}}$$

$$v_{\text{пред}} = \sqrt{0,5g \cdot d_1 \left[4\Delta_1 + 5 + \sqrt{5 - 4\Delta_1^2} \right]}, \quad (11)$$

где $A = \sqrt{1 - \frac{a^2 \cdot k_1^2}{f^2}}$.

Затем определяется коэффициент ε по выражению (8).

Математические модели вероятности захвата и производительности БЗУ типа I определяются выражениями (1) – (5), (8) – (11) и табл. 2, а типа II – (1) – (6), (8), (11) и табл. 2.

Вычислив последовательно все коэффициенты модели, получим теоретическую модель вероятности захвата деталей в БЗУ типа I $\eta_{\text{теор}} = 0,326(1 - 0,813)v^4$, которую сравним с ее эмпирическим выражением $\eta_{\text{эксп}} = 0,34 - 0,35v^4$ совместно с полученными на их основе моделями производительности; и аналогично для БЗУ типа II – теоретическую модель $\eta_{\text{теор}} = 0,344(1 - 2,726v^4)$ с эмпирической $\eta_{\text{эксп}} = 0,33 - 0,81v^4$ совместно с полученными на их основе моделями производительности.

Результаты сравнения теоретических и экспериментальных графиков зависимостей вероятности захвата и производительности каждого типа БЗУ от окружной скорости захватывающих органов представлены на рис. 7.

Сравнение теоретических значений вероятности захвата и производительности БЗУ с их экспериментальными значениями показало их отличие соответственно для БЗУ типа I до 6,96 и 6,06 %, а для БЗУ типа II – до 4,18 и 3,61 %.

Таблица 2. Формулы вероятностей $p_{i\max}$ и $p_{i\min}$ в традиционных БЗУ

Тип БЗУ	Вероятность	
	$p_{i\max}$	$p_{i\min}$
I	$\frac{p_{III}}{2\pi} \left(\delta_{III} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha} \right)$	$\frac{p_{III}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{(1 + \Delta_1) \cdot a}{\sqrt{f^2 + a^2}} - \arctg \frac{a}{f} \right)$
II	$p_I + \frac{p_{III}}{2\pi} \left(\delta_{II} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha} \right)$	$p_I + \frac{p_{III}}{2\pi} \left(\arcsin \frac{2 \cdot (1 + \Delta_1)}{\sqrt{(a + c)^2 + 4}} - \arctg \frac{1}{2(a + c)} \right)$

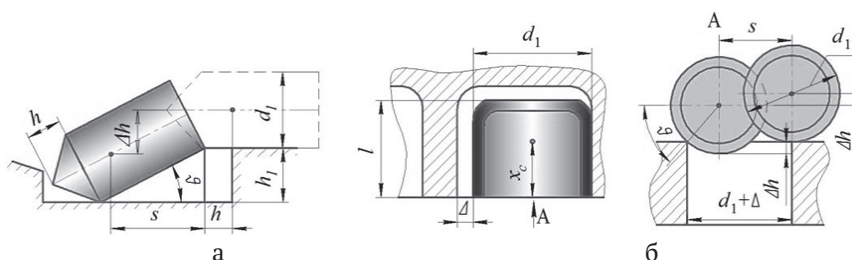


Рис. 6. Расчетные схемы для построения математической модели вероятности захвата в традиционных БЗУ типов I (а) и II (б)

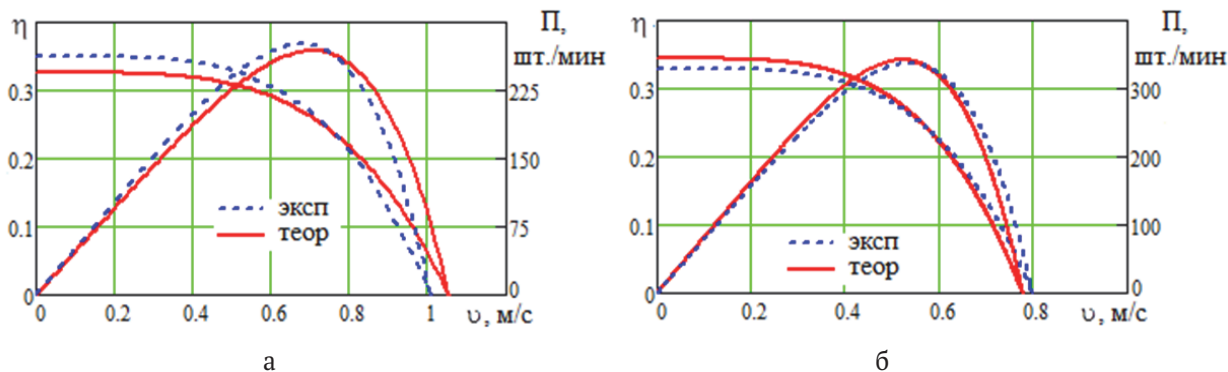


Рис. 7. Результаты сравнения теоретических и экспериментальных функций вероятности захвата и производительности традиционных БЗУ типов I (а) и II (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты сравнения и высокая сходимость теоретических значений вероятности захвата и производительности усовершенствованных и традиционных БЗУ с их экспериментальными значениями подтвердили адекватность и корректность разработанной методологической концепции.

Дополнительное сравнение экспериментальных и теоретических значений вероятности захвата и производительности традиционных БЗУ по отдельным параметрам и коэффициентам моделей, а именно окружных скоростей захватывающих органов (максимальной v_{max} , при которой производительность БЗУ максимальна, рекомендуемой максимальной $v_{рек} = 0,9v_{max}$ и предельной $v_{пред}$), производительности (максимальной Π_{max} , максимальной $\Pi_{max,рек}$ при $v_{рек} = 0,9v_{max}$), вероятности захвата и коэффициента ϵ (параметр ϵ эмпирической модели был преобразован к виду предлагаемой разработанной концепцией

по выражению $\epsilon_{пр} = \frac{\eta_{max}}{\epsilon}$), показало совпа-

дение с относительной погрешностью не более чем на 6,98 %.

Таким образом, новая методологическая концепция и разработанные на ее основе математические модели вероятности захвата и производительности различных типов БЗУ, подтвердили целесообразность ее использования для теоретического описания производительности БЗУ на ранних этапах проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдова, Е.В. Развитие теории производительности механических дисковых бункерных загрузочных устройств / Е.В. Давыдова, В.В. Прейс // Производительность и надежность технологических систем в машиностроении: сб. науч. трудов Международной научно-техн. конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д-ра техн. наук, проф. Волчкевича Л.И., 20–23

мая 2015 года в г. Москве, МГТУ им. Н.Э. Баумана; под науч. ред. В.В. Прейса и И.Л. Волчкевича. М.: Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – С. 88–92.

2. Давыдова, Е.В. Теоретические основы проектирования дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства с кольцевым ориентатором / Е.В. Давыдова, В.В. Прейс // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2013. – № 7. – С. 8–14.
3. Васин, С.А. Этапы проектирования дисковых бункерных загрузочных устройств для асимметричных предметов обработки формы тел вращения / С.А. Васин, Е.В. Пантюхина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 145–149.
4. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Khachatryan A.V. Feed rate evaluation of mechanical toothed hopper-feeding device with ring orientator for parts, asymmetric at the ends // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1260. – 2019. – P. 032032. DOI:10.1088/1742-6596/1260/3/032032.
5. Голубенко, В.В. Вопросы проектирования дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства с кольцевым ориентатором / В.В. Голубенко, Е.В. Давыдова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 3. – С. 11–16.
6. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками / В.Ф. Прейс [и др.]; под ред. В.Ф. Прейса. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
7. Медвидь, М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства / М.В. Медвидь. – М.: Машгиз, 1963. – 299 с.
8. Pantyukhina E.V. Integrated approach methodology for evaluating the feed rate of mechanical disk hopper-feeding devices // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1546 (2020) 012024.
9. Пантюхина, Е.В. Методология комплексного подхода для оценки производительности механических дисковых бункерных загрузочных устройств / Е.В. Пантюхина // Материалы IV Международной научно-технической конференции в г. Омск; науч. ред. П.Д. Балакин. – 2020. – С. 380–388.
10. Васин, С.А. Методика определения вероятности захвата асимметричных деталей формы тел вращения в дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройствах / С.А. Васин, Е.В. Пантюхина // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2023. – № 3. – С. 64–88. – DOI: 10.18698/0236-3941-2023-3-64-88.
11. Давыдова, Е.В. Автоматическая загрузка стержневых предметов обработки с неявно выраженной асимметрией по торцам / Е.В. Давыдова, В.В. Прейс. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – 112 с.

ERIFICATION OF CONCEPT OF CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS
OF CAPTURE PROBABILITY TO DESCRIBE FEED RATE OF MECHANICAL
DISK HOPPER FEEDING-ORIENTING DEVICES

© 2024 E.V. Pantyukhina¹, S.A. Vasin¹, S.N. Shevchenko², A.A. Malikov¹

¹ Tula State University, Tula, Russia

² Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

The article discusses various approaches for mathematically describing the feed rate of mechanical disk hopper feeding-orienting devices. A new concept of construction of the specified mathematical models is presented, taking into account the impact on the feed rate of mechanical disk hopper feeding-orienting devices of their parameters and parameters of feeding asymmetric parts of solids of revolution. Mathematical models of capture probability and feed rate of improved and traditional mechanical disk hopper feeding-orienting devices for asymmetric parts of bodies of revolution are obtained. The results of experimental studies of the probability of capture and feed rate of improved mechanical disk hopper feeding-orienting devices for parts of bodies of revolution with implicit asymmetry and traditional mechanical disk hopper feeding-orienting devices for parts of bodies of revolution with explicit asymmetry are presented. The mathematical models of capture probability and feed rate developed on the basis of the proposed concept were verified with the results of experimental studies.

Keywords: hopper feeding-orienting device, probability of gripping, feed rate, asymmetric parts of bodies of rotation.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-55-62

EDN: RPDTPS

REFERENCES

1. Davy`dova, E.V. Razvitie teorii proizvoditel`nosti mexanicheskikh diskovy`h bunkerny`h zagruzochny`h ustrojstv / E.V. Davy`dova, V.V. Prejs // Proizvoditel`nost` i nadezhnost` texnologicheskikh sistem v mashinostroenii: sb. nauch. trudov Mezhdunarodnoj nauchno-texn. konferencii, posvyashhennoj 85-letiyu so dnya rozhdeniya d-ra texn. nauk, prof. Volchkevicha L.I., 20–23 maya 2015 goda v g. Moskve, MGTU im. N.E`. Baumana; pod nauch. red. V.V. Prejsa i I.L. Volchkevicha. M.; Tula: Izd-vo TulGU, 2015. – pp. 88–92.
2. Davy`dova, E.V. Teoreticheskie osnovy` proektirovaniya diskovogo zubchatogo bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s kol`cevy`m orientatorom / E.V. Davy`dova, V.V. Prejs // Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii. – 2013. – № 7. – pp. 8–14.
3. Vasin, S.A. E`tapy` proektirovaniya diskovy`h bunkerny`x zagruzochny`h ustrojstv dlya asimmetrichny`h predmetov obrabotki formy` tel vrashheniya / S.A. Vasin, E.V. Pantyuxina // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki. – 2023. – № 7. – pp. 145–149.
4. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Khachaturian A.V. Feed rate evaluation of mechanical toothed hopper-feeding device with ring orientator for parts, asymmetric at the ends // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1260. – 2019. – P. 032032. DOI: 10.1088/1742-6596/1260/3/032032.
5. Golubenko, V.V. Voprosy` proektirovaniya diskovogo zubchatogo bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s kol`cevy`m orientatorom / V.V. Golubenko, E.V. Davy`dova // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki. – 2011. – № 3. – pp. 11–16.
6. Avtomatizaciya zagruzki pressov shtuchny`mi zagotovkami / V.F. Prejs [i dr.]; pod red. V.F. Prejsa. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 280 p.
7. Medvid`, M.V. Avtomaticheskie orientiruyushhie zagruzochny`e ustrojstva / M.V. Medvid`. – M.: Mashgiz, 1963. – 299 p.
8. Pantyukhina E.V. Integrated approach methodology for evaluating the feed rate of mechanical disk hopper-feeding devices // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1546 (2020) 012024.
9. Pantyukhina, E.V. Metodologiya kompleksnogo podxoda dlya ocenki proizvoditel`nosti mexanicheskikh diskovy`h bunkerny`h zagruzochny`h ustrojstv / E.V. Pantyukhina // Materialy` IV Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii v g. Omsk; nauch. red. P.D. Balakin. – 2020. – pp. 380–388.
10. Vasin, S.A. Metodika opredeleniya veroyatnosti zahvata asimmetrichny`h detalej formy` tel vrashheniya v diskovy`h bunkerny`h zagruzochno-orientiruyushhix ustrojstvax / S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina // Vestnik MGTU im. N.E`. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2023. – № 3. – pp. 64–88. – DOI: 10.18698/0236-3941-2023-3-64-88
11. Davy`dova, E.V. Avtomaticheskaya zagruzka sterzhnevny`h predmetov obrabotki s neyavno vy`razhennoj asimmetriey po torczam / E.V. Davy`dova, V.V. Prejs. – Tula: Izd-vo TulGU, 2009. – 112 p.

Elena Pantyukhina, Candidate of Technical, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Automation and Robotics. E-mail: e.v.pant@mail.ru
Sergey Vasin, Doctor of Technical, Professor, Professor-Consultant of the Department of Engineering Technology. E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Sergey Shevchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences. Director. E-mail: samniish@mail.ru
Andrey Malikov, Doctor of Technical, Professor, Head of the Department of Engineering Technology. E-mail: tppizi@yandex.ru