

УДК 621.9.06

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДИСКОВЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

© 2024 Е.В. Пантюхина<sup>1</sup>, С.А. Васин<sup>1</sup>, С.Н. Шевченко<sup>2</sup>, С.А. Лукин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

<sup>2</sup> Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Самара, Россия

<sup>3</sup> АО «Тульский патронный завод», г. Тула, Россия

Статья поступила в редакцию 20.03.2024

В статье рассматриваются вопросы повышения надежности и производительности механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для деталей тел вращения, имеющих как явную, так и неявную асимметрию вдоль продольной оси симметрии. Рассмотрены принципы конструирования захватывающих и ориентирующих органов указанных типов бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для асимметричных деталей. Выявлены оптимальные диапазоны геометрических и кинематических параметров, определяющие надежность бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для асимметричных деталей при их захвате и ориентировании на примере устройства с радиальными карманами. Представлены методика построения математических моделей вероятности захвата и графики зависимости производительности от окружной скорости захватывающих органов при различных параметрах асимметричных деталей и механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств. Определены параметры, которые влияют на производительность, и получены ее максимальные значения.

Ключевые слова: бункерное загрузочно-ориентирующее устройство, надежность, производительность, ориентирование, асимметричные детали.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-48-54

EDN: QYLONW

### ВВЕДЕНИЕ

Надежность и производительность технологических машин и оборудования автоматизированных линий для сборки многоэлементных изделий или выполнения технологических операций (например, вытяжки или штамповки заготовок) во многом определяется механическими дисковыми бункерными загрузочно-ориентирующими устройствами (БЗУ), которые обеспечивают захват единичной детали из общей массы, приведение захваченной детали в требуемое ориентированное положение с последующей выдачей в приемный лоток к рабочим органам технологического оборудования [1, 2]. Устройства данного типа применяют для деталей, которые в большинстве случаев или поступают к оборудованию в неориентиро-

ванном положении «навалом», или теряют ориентацию на технологических переходах при выполнении операций производственного процесса. Такие детали являются телами вращения и могут характеризоваться явной (рис. 1, а) или неявной (рис. 1, б) асимметрией вдоль продольной оси симметрии. При этом деталям с неявной асимметрией свойственно отсутствие смещения центра масс. Кроме отсутствия смещения центра масс такие детали отличаются от деталей с явной асимметрией углом  $2\beta$  при вершине асимметричного торца, равным менее  $30^\circ$ , отношением диаметров торцов  $d_1$  и  $d_2$  от 0,6 до 0,9 [3].

Современное развитие массовых производств достигло уровня, при котором не достаточно создание просто работоспособной конструкции БЗУ, так как в процессе проектирования необходимо обеспечить наилучшие показатели качества по ряду основных его характеристик, прежде всего максимальной надежности и производительности, при сохранении всех остальных требований в заданных пределах [4]. Для обеспечения указанных требований необходимо решить целый ряд задач, основными из которых являются обеспечение надежного функционирования БЗУ и повышение их производительности.

*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*

*Лукин Сергей Анатольевич, генеральный директор. E-mail: tpz@tulammo.ru*

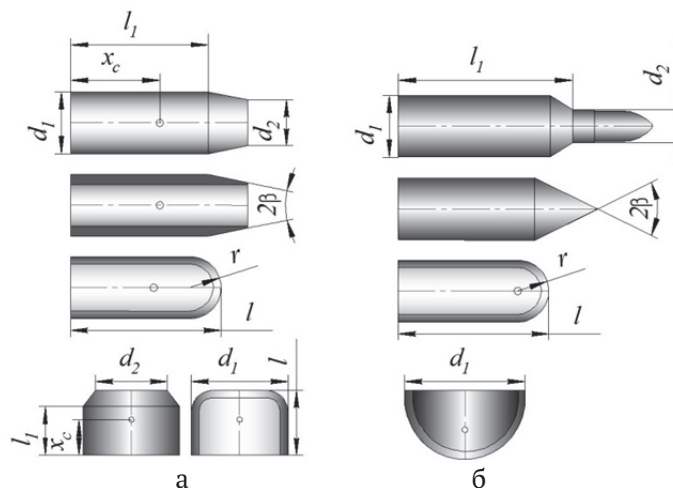


Рис. 1. Детали тел вращения с явной (а) и неявной (б) асимметрией

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДИСКОВЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

При загрузке асимметричных деталей тел вращения различными типами механических дисковых БЗУ надежность их работы обеспечивается, прежде всего, конструкцией захватывающих и ориентирующих органов, зависящей от формы и размеров загружаемых деталей, и оценивается отсутствием заклиниваний и выдачи из БЗУ в приемник неориентированных деталей. При этом принципы конструирования органов захвата и ориентирования для деталей с явной и неявной асимметрией могут существенно отличаться друг от друга.

Например, использование в БЗУ захватывающих органов, повторяющих конфигурацию детали с явной асимметрией, не эффективно для ориентирования деталей с неявной асимметрией. Неправильно запавшее в карман 1 изделие 2 с явной асимметрией своим большим по диаметру торцом опирается на узкую часть кармана, а асимметричным торцом значительно выступает из него так, что непосредственно под ним оказывается переориентатор 4, который при дальнейшем вращении диска с радиальными пазами 3 приводит изделие в требуемое ориентированное положение (рис. 2, а). Детали 2 с неявной асимметрией торцов при рекомендуемой величине зазора  $\Delta$ , западают в карман частично и практически полностью погружаются в него, не выступая своим асимметричным торцом, что не позволяет переориентатору изменить положение детали (рис. 2, б) [5]. Для устранения указанных при функционировании недостатков было предложено усовершенствованное БЗУ с кольцевым ориентатором 5, обеспечивающее надежное ориентирование деталей с неявной асимметрией (рис. 2, в) [6]. Аналогичные решения были предложены и для других типов БЗУ,

но одновременно с деталями с неявной асимметрией усовершенствованные БЗУ могут использоваться и для деталей тел вращения с явной асимметрией [7].

Рассмотрим, на основе каких принципов должны конструироваться рабочие органы БЗУ для асимметричных деталей на примере БЗУ с радиальными карманами, чтобы БЗУ выполняло свои функции, соответствуя всем требованиям надежности.

В БЗУ с радиальными профильными карманами и переориентатором для изделий с явной асимметрией рекомендовано принимать зазор  $\Delta$  от 0,1 до 0,2 их диаметра, что позволит обеспечить надежное ориентирование таких изделий. Аналогичные диапазоны указанного зазора принимаются и для других БЗУ, в которых или захватывающий орган является одновременно и ориентирующим, или приемник, в который выдаются детали из захватывающих органов, повторяет форму детали.

В усовершенствованном БЗУ с кольцевым ориентатором для обеспечения надежной работы при конструировании органов захвата и ориентирования необходимо соблюдать целый ряд ограничений, при которых каждый из их параметров будет находиться в рабочей зоне. При этом необходимо учитывать то, что захватывающие органы не осуществляют ориентирование деталей.

На рис. 3 показаны схемы органов захвата и ориентирования данного БЗУ на видах сбоку и сверху и обозначены их основные параметры.

Так как в захватывающий орган должна запасть только одна деталь, то его ширина должна находиться в диапазоне  $d_1 < b_k \leq d_1 + \Delta$  (при этом величина зазора  $\Delta$  в БЗУ, в которых захватывающий орган не является ориентирующим, может быть увеличена до 0,4 диаметра детали), высота  $h_k = d_1$  (при этом деталь полностью погружается в карман и в случае соударений с другими деталями при их ворошении не выпадет из

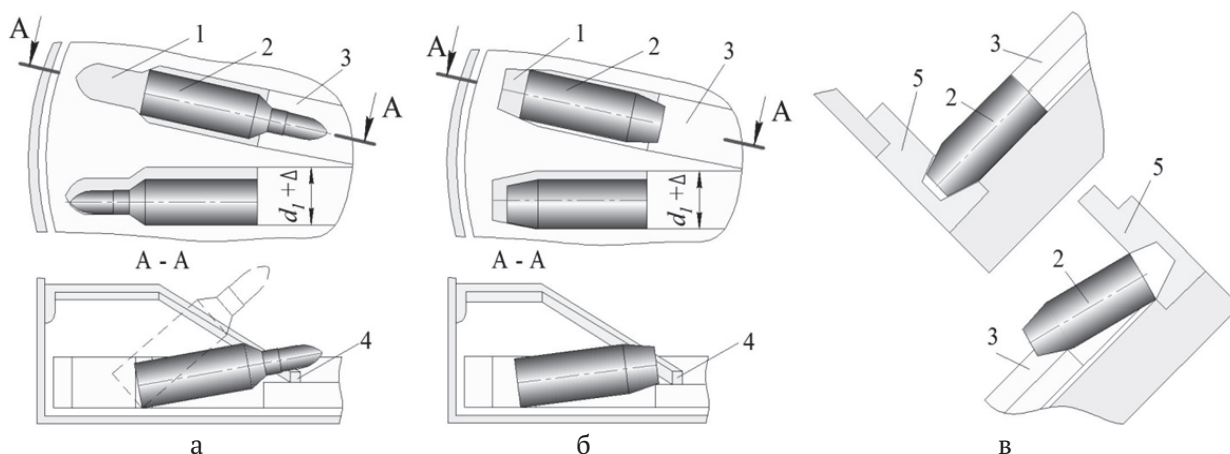


Рис. 2. Конструкции захватывающих и ориентирующих органов БЗУ с радиальными профильными карманами и переориентатором для изделий с явной (а) и неявной (б) асимметрией и его усовершенствованного решения для деталей с неявной асимметрией (в)

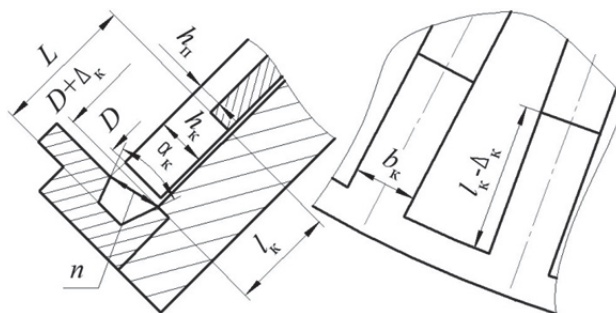


Рис. 3. Основные конструктивные размеры рабочих органов усовершенствованного БЗУ для деталей с неявной асимметрией

него), а длина –  $l_1 < l_k \leq l - d_1 \sin \beta$ , что будет способствовать полному погружению в карман детали, движущейся в него асимметричным торцом в отличие от детали, движущейся в карман цилиндрическим торцом.

Ориентирующий орган (кольцевой ориентатор) должен иметь размеры, способствующие проникновению в его паз только тех деталей, которые движущихся по направлению к нему асимметричным торцом. Поэтому, приняв глубину паза  $L - l_k = d_1$ , угол  $\alpha_k$  при его вершине и наибольший размер  $n$  его паза ограничиваются соответственно диапазонами:

$$2 \arccos \left( \frac{d_1}{\sqrt{d_1^2 + 0,25(b_k - d_1)^2}} \right) \leq \alpha_k \leq 2\beta,$$

$$d_1 \cos \beta \leq n \leq d_1 \quad [8].$$

На рис. 4 приведена визуализация рабочих диапазонов длин  $l_k$  (рис. 4, а) и углов  $\alpha_k$  при  $\Delta = 0,2d_1$  (рис. 4, б) при  $l = 0,04$  м.

Длина кармана  $l_k$  ограничена  $l_{k \min}$  для всех деталей и  $l_{k \max}$ , определяемым значением диаметра  $d_2$  детали; угол паза кольцевого ориентатора  $\alpha_k$  ограничен  $\alpha_{k \min}$  для всех деталей

и  $\alpha_{k \max}$ , который зависит от значения  $d_2$ . Все граничные выражения должны быть получены исходя из траектории перемещения детали при ее захвате и ориентировании в соответствующих рабочих органах БЗУ.

Помимо разработки конструктивных ограничений на параметры рабочих органов БЗУ необходимо определить ограничения на кинематические параметры БЗУ – окружные скорости захватывающих органов, при которых возможен захват, ориентирование и выдача деталей.

Выражения для определения предельных значений окружной скорости захватывающих органов  $v_{\text{пред}}^{\text{захв}}$ , при которых деталь, находящаяся на поверхности БЗУ, не успеет запасть в карман на требуемую для захвата глубину  $\Delta h$ , для различных БЗУ представлены в работах [9, 10]. Для рассматриваемого в качестве примера БЗУ с радиальными пазами глубиной  $h_p = x d_1$ , где  $x$  некоторый коэффициент, было получено:

$$v_{\text{пред}}^{\text{захв}} = \sqrt{d_1 g + 0,4 g (h_p + 2\Delta) - 0,2 g \sqrt{5d_1^2 - 4(\Delta - 2h_p)^2}}$$

Для определения предельной окружной скорости по ориентированию  $v_{\text{пред}}^{\text{ор}}$  разрабатываются математические модели, описывающие движение детали на всех этапах данного

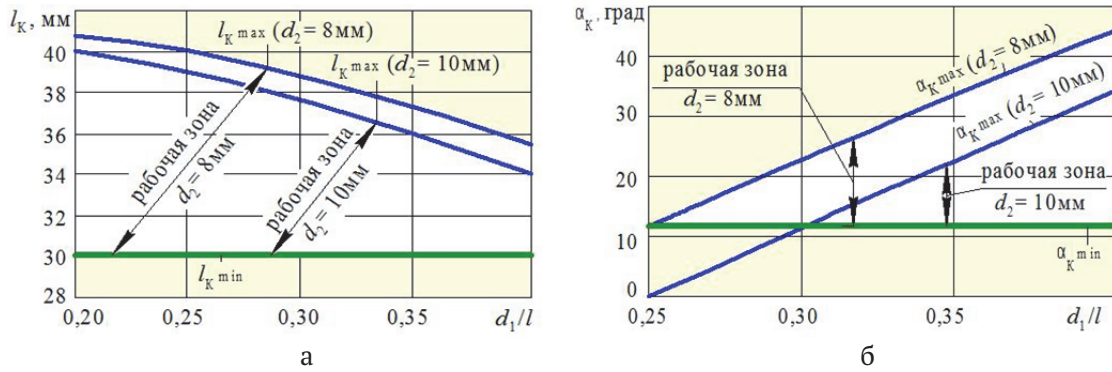


Рис. 4. Визуализация рабочих зон длины кармана (а) и угла при вершине паза (б) при различных  $d_2$  и отношениях  $d_1/l$

процесса. В работе [11] для деталей тел вращения с торцом в форме усеченного конуса и [12] ступенчатой цилиндрической детали получены значения предельной угловой скорости  $\omega_{\text{пред}} = v_{\text{пред}}^{\text{ор}} / R$  (где  $R$  – радиус диска по оси карманов), по пассивному ориентированию деталей путем разработки дифференциальных уравнений движения детали на каждом этапе ее выпадения из кармана и последующим их решением численными методами.

Для БЗУ с радиальными пазами на рис. 5 показаны графические зависимости для определения и оценки значений  $v_{\text{пред}}^{\text{захв}}$  для различных значений диаметра  $d_1$  при  $\Delta = 0,2d_1$  и различных значениях коэффициента  $\chi$  (рис. 5, а) и  $v_{\text{пред}}^{\text{ор}}$  для различных углов наклона вращающегося диска  $\alpha$  для сплошных деталей с торцом в форме усеченного конуса  $d_1 = 0,01 \text{ м}$ ,  $d_2 = 0,007 \text{ м}$ ,  $l = 0,03 \text{ м}$ , массой 16 г и коэффициентом трения  $\mu = 0,4$  о конструктивные элементы БЗУ (рис. 5, б).

Условия выдачи деталей из захватывающих органов различных типов БЗУ в приемник рассматривались в работе [13]. Так как недостаточная величина скорости движения деталей из захватывающих органов часто является фактором, лимитирующим производительность; при этом слишком высокая скорость движения захваты-

вающих органов может препятствовать выпадению детали в приемник, снижая надежность БЗУ. Выдача деталей в приемник должна рассматриваться с позиций кинематики и динамики, что позволит учесть влияние на процесс выдачи сил, действующих на деталь, траекторию ее движения, кинематические характеристики процесса. В работе получены дифференциальные уравнения движения деталей с учетом всех действующих сил, но из-за сложности расчетов и полученных дифференциальных выражений для определения  $v_{\text{пред}}^{\text{выд}}$  их решение или не было приведено, или было приближенным, или применялись методы упрощения полученных выражений.

Поэтому для обеспечения надежности при функционировании БЗУ необходимо комплексно и поэтапно решать все поставленные задачи, что в совокупности позволит выполнить все основные требования при проектировании БЗУ.

### ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДИСКОВЫХ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНО-ОРИЕНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Производительность механических БЗУ определяется в первую очередь вероятностью захвата деталей из общей массы при условии, что все детали в результате пассивного или ак-

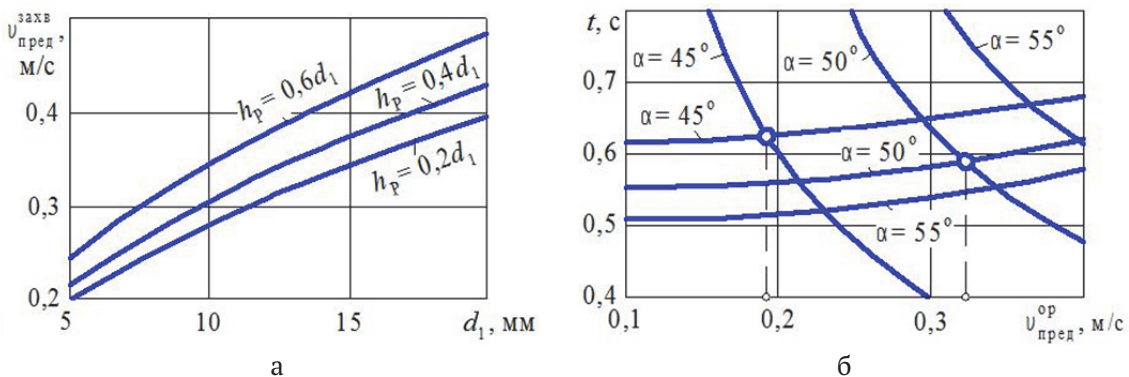


Рис. 5. Графики для определения предельных окружных скоростей по захвату (а) и по ориентированию (б)



тивного ориентирования (в зависимости от конструкции БЗУ) будут приведены в требуемое положение и выданы в этом положении в приемник.

В работах [10] представлена методика определения вероятности захвата для широкой номенклатуры асимметричных деталей тел вращения (рис. 6). Линии пунктира показывают возможные траектории расчета, определяемые типом деталей, конструктивными особенностями БЗУ и способом захвата и ориентирования деталей.

Сначала для каждой поверхности детали определяются соответствующие ей угол  $\delta$  и вероятность  $p$ . После выявления функциональных возможностей проектируемого БЗУ определяются все благоприятные для захвата детали положения и исключаются положения, из которых ее захват карманом невозможен. Это позволит определить вероятности  $p_{i_{max}}$  и  $p_{i_{min}}$ . Далее определяется зона  $\phi_3$  захвата и максимальное число деталей, которое может разместиться по окружности захватывающих органов в этой зоне. Все это в совокупности позволит получить выражение для нахождения вероятности  $p_i$ , описывающей вероятность нахождения детали по направлению к карману в благоприятном для захвата положении. После этого вычисляются площади всех поверхностей детали, а затем для каждого сочетания определяется допустимый угол  $\xi$  их поворота без разъединения. Это позволяет получить выражение для определения вероятности  $p_c$ , описывающей взаимосцепляемость деталей при их захвате в БЗУ. Затем определяется коэффициент  $\eta_{max}$ , представляющий собой произведение вероятностей  $p_i$  и  $p_c$ . На последней этапе определяются предельная окружная скорость захватывающих органов  $v_{пред}^{захв}$  в зависимости от способа западания детали в карман и коэффициент  $\varepsilon$ . Результатом всех стадий вычислений по разработанной методике являются вероятность захвата  $\eta$  и производительность БЗУ.

Рассмотренная методика позволяет не только построить математическую модель и опреде-

лить с высокой точностью вероятность захвата асимметричных деталей в различных типах БЗУ, но и оценить, при каких параметрах деталей и БЗУ его производительность будет максимальной [10].

В работе [14] представлены результаты математического моделирования производительности БЗУ с радиальными карманами при следующих параметрах БЗУ и деталей: радиус вращающегося диска БЗУ  $R = 0,2$  м, коэффициент трения между деталями  $\mu_0 = 0,3$ ,  $h_p = 0,5d_1$ ,  $l = 0,03$  м. Результаты компьютерного моделирования производительности для деталей с торцом в виде усеченного конуса представлены на рис. 7.

Как видно из графиков, наибольшая производительность достигается при  $\Delta_1 = 1,2$ ,  $a = 1,3$  и  $\alpha = 50^\circ$ . Вероятность захвата при увеличении зазора на 4...5 % повышается в среднем на 17...20%, что приводит к увеличению производительности БЗУ на 15...23 %. При увеличении соотношения длины детали к большему диаметру вероятность захвата и производительность БЗУ уменьшаются. Например, при  $a = 1/2$  производительность БЗУ снизилась на 13,9...14,9 % по сравнению с производительностью при загрузке деталей с соотношением  $a = 1/3$ . Чем больше угол наклона вращающегося диска, тем выше производительность БЗУ. Так, при увеличении угла наклона на  $5^\circ$  производительность БЗУ возрастает в среднем на 6,5...10 %.

Вероятность захвата и производительность БЗУ при увеличении коэффициента трения снижаются. Сравнение производительности БЗУ при значениях коэффициента трения 0,2 и 0,5 показало, что при  $\Delta_1 = 1,1$  производительность БЗУ снизилась на 74,6 %, при  $\Delta_1 = 1,15$  – на 64 % и при  $\Delta_1 = 1,2$  – на 56,3 %. Так как в рассматриваемых БЗУ захватывающий орган не осуществляет ориентирование детали, что делает возможным его увеличение, то при проектировании БЗУ целесообразно увеличивать зазор, что позволит существенно повысить производительность.

На производительность БЗУ оказывают влияние также способы подготовки деталей к за-

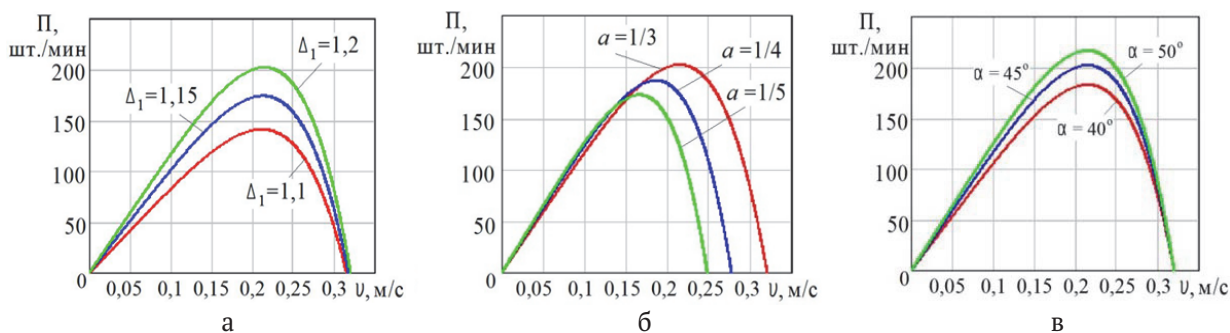


Рис. 7. Результаты компьютерного моделирования производительности в БЗУ с радиальными карманами при различных значениях  $\Delta_1 = \Delta / d_1$  (а),  $a = d_1 / l$  (б) и  $\alpha$  (в)

хватату, увеличивающие вероятность захвата деталей, степень заполнения бункера деталями и другие параметры. Для того чтобы оценить степень их влияния необходимо проведение экспериментальных исследований.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для того чтобы обеспечить основных показателей качества технологических машин и оборудования автоматизированных линий для сборки многоэлементных изделий или выполнения технологических операций, автоматическая загрузка штучных деталей или заготовок массового выпуска осуществляется механическими дисковыми БЗУ необходимо разрабатывать и внедрять на предприятиях машино- и приборостроительных отраслей промышленности весь вышеизложенный комплекс мер. Ключевым этапом проектирования БЗУ является проведение теоретических исследований, что позволит обеспечить наилучшие показатели качества по ряду основных его характеристик, прежде всего максимальной надежности и производительности, при сохранении всех остальных требований в заданных пределах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Прейс, В.В. Надежность автоматических ротормоноконвейерных линий для сборки многоэлементных изделий // В.В. Прейс. Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2003. – № 10. – С. 17–22.
3. Пантюхина, Е.В. Механические дисковые бункерные загрузочные устройства для стержневых деталей с неявно выраженными ключами ориентации / Е.В. Пантюхина, В.В. Прейс, А.В. Хачатурян // Автоматизация и измерения в машино- приборостроении. – 2018. – № 3 (3). – С. 16–25.
4. Дьякова, Э.В. Обеспечение основных показателей качества бункерных загрузочных устройств при загрузке деталей с асимметрией по торцам / Э.В. Дьякова, Е.В. Пантюхина, И.В. Пузиков // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XVII Международной научно-технической конференции. Вологда, 2023. – С. 32–36.
5. Пантюхина, Е.В. Проблемы автоматической загрузки деталей формы тел вращения с неявной асимметрией традиционными загрузочными устройствами / Е.В. Пантюхина // Современные технологии в науке и образовании – СТНО–2021: сборник тр. IV Международного научно-технического форума: в 10 т. Т. 6. Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2021. – С. 95–101.
6. Прейс В.В., Пантюхина Е.В. Бункерное загрузочное устройство для цилиндрических заготовок с конической формой одной из концевых частей: пат. 2720017 (РФ). 2020.
7. Васин, С.А. Разработка конструктивных ограничений на параметры усовершенствованных дисковых бункерных загрузочных устройств для деталей с неявной асимметрией / С. А. Васин, Е. В. Пантюхина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2. – С. 146–154.
8. Пантюхина, Е.В. Математическое моделирование геометрических параметров органов захвата и ориентирования дискового бункерного загрузочного устройства с радиальными карманами и кольцевым ориентатором / Е.В. Пантюхина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 135–140.
9. 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.
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. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Pantyukhin O.V. Passive orientation of the parts in the mechanical disk hopper feeding device with an annular orientator and radial grooves // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 1791 (2021) 012105.
12. Пантюхина, Е.В. Обеспечение надежного ориентирования асимметричных деталей формы тел вращения в дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройствах / Е.В. Пантюхина, С.А. Васин, О.В. Пантюхин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22. – №1. С. 132–142. – DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-1-132-142.
13. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками / В.Ф. Прейс [и др.]; под ред. В.Ф. Прейса. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
14. Пантюхина, Е.В. Результаты моделирования производительности бункерного загрузочного устройства с радиальными карманами / Е.В. Пантюхина, И.В. Пузиков // В сборнике: Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Сборник научных трудов Национальной научно-технической конференции с международным участием. – Тула, 2023. – С. 115–122.

## INCREASED RELIABILITY AND EFFICIENCY OF DISK HOPPER FEEDING-ORIENTING DEVICES FOR ASYMMETRIC PARTS OF ROTATION BODIES

© 2024 E.V. Pantyukhina<sup>1</sup>, S.A. Vasin<sup>1</sup>, S.N. Shevchenko<sup>2</sup>, S.A. Lukin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tula State University, Tula, Russia

<sup>2</sup> Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

<sup>3</sup> Joint Stock Company «Tula Cartridge Plant», Tula, Russia

The article discusses the issues of improving the reliability and feed rate of mechanical disk hopper feeding-orienting devices for parts of rotation bodies having both obvious and implicit asymmetry along the longitudinal axis of symmetry. Principles of design of gripping and orienting members of specified types of hopper-orienting devices for asymmetric parts are considered. Optimal ranges of geometric and kinematic parameters determining reliability of hopper feeding-orienting devices for asymmetric parts at their gripping and orientation on example of device with radial pockets are revealed. The method of constructing mathematical models of the feed rate of capture and graphics of the dependence of feed rate on the circumferential speed of gripping organs at various parameters of asymmetric parts and mechanical disk hopper feeding-orienting devices is presented. You have defined parameters that affect feed rate and obtained maximum values.

**Keywords:** hopper feeding-orienting device, reliability, feed rate, orientation, asymmetric parts.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-48-54

EDN: QYLONW

### REFERENCES

1. 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.
2. Prejs V.V. Reliability of automatic rotary conveyor lines for assembling multi-element products / V.V. Prejs. Assembly in mechanical engineering, instrument engineering. – 2003. – № 10. – pp. 17–22.
3. Pantyuxina, E.V. Mexanicheskie diskovy`e bunkerny`e zagruzochny`e ustrojstva dlya sterzhnevyy`h detalej s neyavno vy`razhenny`mi klyuchami orientacii / E.V. Pantyuxina, V.V. Prejs, A.V. Xachaturyan // Avtomatizaciya i izmereniya v mashinopriborostroenii. – 2018. – № 3 (3). – pp. 16–25.
4. D`yakova, E.V. Obespechenie osnovny`h pokazatelej kachestva bunkerny`h zagruzochny`h ustrojstv pri zagruzke detalej s asimmetriey po torczam / E.V. D`yakova, E.V. Pantyuxina, I.V. Puzikov // Avtomatizaciya i e`nergobezbezhenie v mashinostroenii, e`nergetike i na transporte: materialy` XVII Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Vologda, 2023. – pp. 32–36.
5. Pantyuxina, E.V. Problemy` avtomaticheskoy zagruzki detalej formy` tel vrashheniya s neyavnoj asimmetriey tradicionny`mi zagruzochny`mi ustrojstvami / E.V. Pantyuxina // Sovremennyye tekhnologii v nauke i obrazovanii – STNO–2021: sbornik tr. IV Mezhdunarodnogo nauchno-texnicheskogo foruma: v 10 t. T. 6. Ryazan`: Ryazan. gos. radiotexn. un-t, 2021. – pp. 95–101.
6. Prejs V.V., Pantyukhina E.V. Bunkernoe zagruzochnoe ustrojstvo dlya cilindricheskix zagotovok s konicheskoy formoy odnoj iz koncevyy`h chastej: pat. 2720017 (RF). 2020.
7. Vasin, S.A. Razrabotka konstruktivny`x ogranichenij na parametry` usovershenstvovanny`x diskovy`x bunkerny`h zagruzochny`h ustrojstv dlya detalej s neyavnoj asimmetriey / S.A. Vasin, E.V. Pantyuxina // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya. – 2023. – № 2. – pp. 146–154.
8. Pantyuxina, E.V. Matematicheskoe modelirovanie geometricheskix parametrov organov zahvata i orientirovaniya diskovogo bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s radial`ny`mi karmanami i kol`cevy`m orientatorom / E.V. Pantyuxina // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. – 2023. – № 7. – pp. 135–140.
9. 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.
10. Vasin, S.A. Metodika opredeleniya veroyatnosti vrashheniya v diskovy`x bunkerny`h zagruzochno-orientiruyushhih ustrojstvax / S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina // Vestnik MGTU im. N.E`. Bauman. Ser. Mashinostroenie. – 2023. – № 3. – pp. 64–88. – DOI: 10.18698/0236-3941-2023-3-64-88
11. Pantyukhina E.V., Prejs V.V., Pantyukhin O.V. Passive orientation of the parts in the mechanical disk hopper feeding device with an annular orientator and radial grooves // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 1791 (2021) 012105.
12. Pantyuhina, E.V. Obespechenie nadezhnogo orientirovaniya asimmetrichny`x detalej formy` tel vrashheniya v diskovy`x bunkerny`x zagruzochno-orientiruyushhih ustrojstvax / E.V. Pantyuhina, S.A. Vasin, O.V. Pantyuhin // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova. 2024. T. 22. №1. pp. 132-142. – DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-1-132-142.
13. Avtomatizaciya zagruzki pressov shtuchny`mi zagotovkami / V.F. Prejs [i dr.]; pod red. V.F. Prejsa. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 280 p.
14. Pantyuxina, E.V. Rezul`taty` modelirovaniya proizvoditel`nosti bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s radial`ny`mi karmanami / E.V. Pantyuxina, I.V. Puzikov // V sbornike: Vestnik Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Avtomatizaciya: problemy`, idei, resheniya. Sbornik nauchny`x trudov Nacional`noj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem. Tula. – 2023. pp. 115-122.

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, Doctor of Agricultural, Director.  
E-mail: samniish@mail.ru  
Sergey Lukin, General Director. E-mail: tpz@tulammo.ru