

И. В. Пузиков, Е. В. Пантюхина, С. А. Васин, А. Л. Бахно, А. А. Маликов

ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИСКОВОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА С РАДИАЛЬНЫМИ КАРМАНАМИ, КОПИРОМ И РЕГУЛИРУЕМЫМ КОЛЬЦЕВЫМ ОРИЕНТАТОРОМ ДЛЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ АСИММЕТРИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены некоторые виды многокомпонентных изделий тел вращения, имеющих явную или неявную асимметрию, и предложено усовершенствованное дисковое бункерное загрузочно-ориентирующее устройство с радиальными карманами, копиром и регулируемым кольцевым ориентатором, осуществляющее накопление изделий, ориентирование и разделение массы изделий на единичные экземпляры с дальнейшей их подачей к исполнительным органам автоматических машин с требуемой производительностью. Описаны основные этапы проектирования усовершенствованного устройства, в процессе которого будет реализована загрузка отличающихся по форме и размерам асимметричных многокомпонентных изделий, состоящих из различных материалов и покрытий, с возможностью быстрой перенастройки устройства в зависимости от формы и размеров изделия, и обеспечена стабильная работа при ориентировании многокомпонентных изделий с целью увеличения его производительности.

Ключевые слова: проектирование загрузочного устройства, универсальное бункерное загрузочно-ориентирующее устройство, ориентирование многокомпонентных асимметричных изделий.

Для цитирования: Этапы проектирования дискового бункерного загрузочного устройства с радиальными карманами, копиром и регулируемым кольцевым ориентатором для многокомпонентных асимметричных изделий тел вращения / И. В. Пузиков, Е. В. Пантюхина, С. А. Васин [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 222–230. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_222.

Введение

Задачами механического дискового бункерного загрузочного устройства (БЗУ), входящего в состав технологической линии, являются накопление изделий, ориентирование и разделение массы изделий на единичные экземпляры с дальнейшей их подачей к исполнительным органам автоматических машин с требуемой производительностью [1]. В промышленности встречаются различные виды таких БЗУ, разработанные под конкретные форму и геометрические параметры загружаемых изделий [2].

Производство патронов для спортивного и охотничьего оружия и монтажных пистолетов состоит из ряда технологических операций, перед выполнением которых требуется поштучная подача изделий в правильной ориентации в различные виды технологического оборудования, в том числе роторного типа [3]. При этом в автоматические машины могут подаваться изделия одинаковой формы, отличающиеся своими размерами, материалом или покрытием, что требует замены не только рабочих органов БЗУ, но и в некоторых случаях полной замены БЗУ. С развитием промышленного производства технологические этапы, способы формообразования и компонентная база изделий могут меняться, также появляются новые разновидности изделий. Для перехода на производство таких изделий возникает потребность в разработке новых или стабильно функционирующих конструкций органов захвата и ориентирования для существующих БЗУ, или полностью новых устройств на каждый технологический этап производства, что связано с существенными затратами при проектировании [4].

Дисковые БЗУ с радиальными карманами и кольцевым ориентатором для асимметричных по торцам изделий в форме тел вращения распространены при загрузке элементов патронов для спортивного и охотничьего оружия и монтажных пистолетов в автоматические машины. В традиционной конструкции данного типа БЗУ был реализован пассивный способ ориентирования, т. е. элементы патронов, захваченные рабочими органами в неправильном положении, не подавались в автоматические машины, что не позволяло раскрыть потенциальную производительность устройства. Позже была предложена конструкция дискового БЗУ с радиальными карманами, кольцевым ориентатором и копиром, в которой

был реализован активный способ ориентирования. Теперь элементы патронов, захваченные неправильно, переориентировались и подавались в автоматические машины [5, 6].

Традиционные и усовершенствованные БЗУ стабильно осуществляют накопление, ориентирование и поштучное разделение массы изделий с конкретными размерами и формой. В случае увеличения или уменьшения размеров изделия или изменения его формы осуществляется разработка и изготовление новых захватывающих и ориентирующих органов или полное обновление БЗУ для достижения требуемой производительности, требующие капиталовложений. Кроме того, не существует теоретической базы для расчета производительности проектируемых БЗУ для многокомпонентных изделий, состоящих из нескольких видов материалов или имеющих различные покрытия, оказывающие влияние на быстродействие процесса ориентирования. Поэтому для современных производств актуальной задачей является развитие универсальности и возможности быстрой переналадки БЗУ на другой размер и теоретической базы для многокомпонентных элементов патронов, подаваемых в автоматические машины [7, 8].

Усовершенствованная конструкция дискового БЗУ для многокомпонентных асимметричных по торцам изделий

Многокомпонентные асимметричные изделия различных форм характеризуются следующими геометрическими параметрами: диаметры торцов d_1 и d_2 , длина изделия l . При этом отличие между диаметрами d_1 и d_2 может составлять 20–30 %, а координата центра масс $x_{ц.м.}$ может иметь явное или неявное смещение относительно центра изделия (рис. 1).

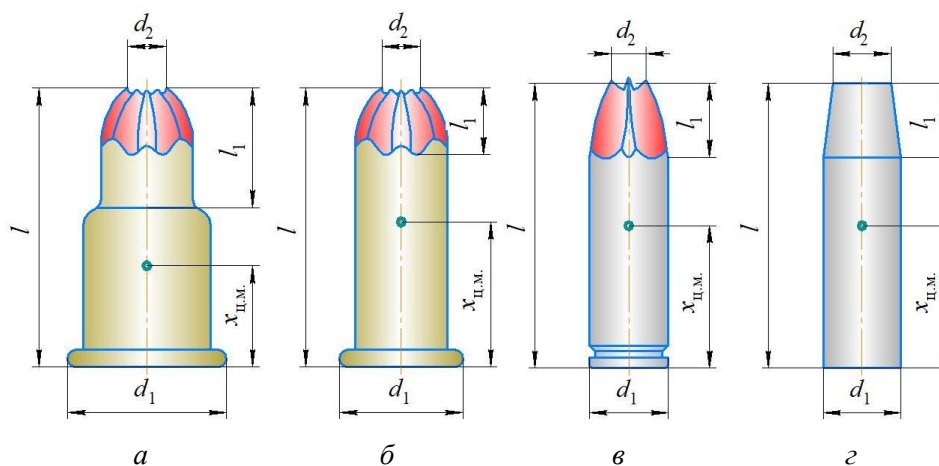


Рис. 1. Многокомпонентные асимметричные изделия с торцами различной формы:
а, б – сферический торец; в, г – конический торец

Для обеспечения непрерывной подачи в автоматические машины соразмеренных многокомпонентных асимметричных изделий предложено усовершенствованное дисковое БЗУ с радиальными карманами, копиром и регулируемым кольцевым ориентатором (рис. 2, а). В новом БЗУ захват изделий обеспечивается сначала радиальными пазами, а затем прямоугольными карманами в одном из двух положений. При правильном захвате изделия в верхней части бункера происходит выдача его в приемник, а при неправильном – его переориентирование с помощью копира, т. е. происходит активное ориентирование, поэтому каждое захваченное изделие в любом случае будет правильно соразмерено (рис. 2, б). В БЗУ предложен регулируемый кольцевой ориентатор, выполненный в виде разъемного кольца с профильной асимметричному торцу изделия проточкой [9].

Усовершенствованное БЗУ исключает повреждение изделий, позволяет загружать многокомпонентные асимметричные изделия в форме тел вращения, отличающиеся диаметрами цилиндрической части на 20–30 %, обеспечивает возможность переналадки БЗУ путем изменения высоты радиальных карманов подкруткой регулировочных винтов, прикрепляющих верхнее кольцо к нижнему кольцевому ориентатору через упругие элементы. Применение активного метода ориентирования изделий в таком БЗУ повышает его производительность.

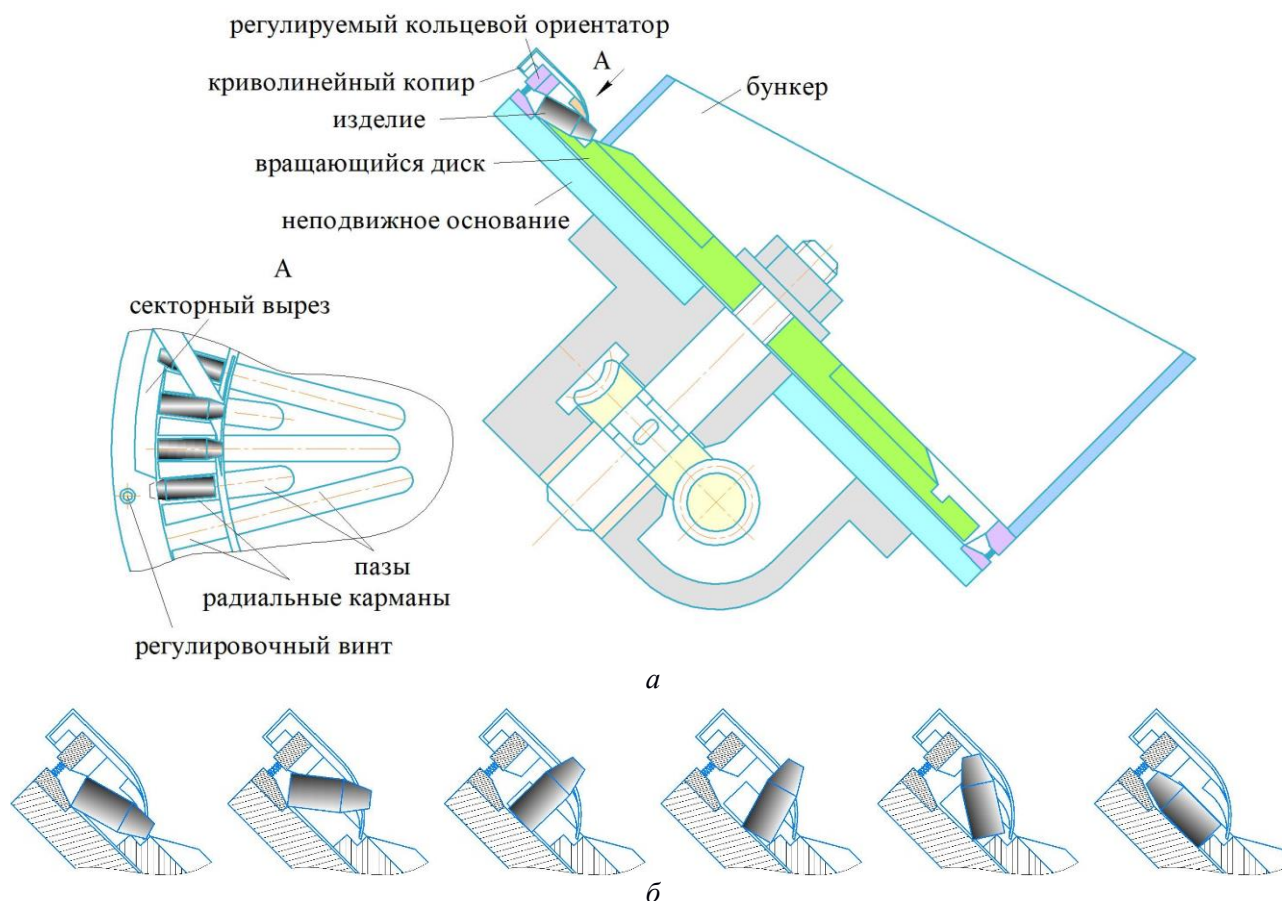


Рис. 2. Усовершенствованное дисковое БЗУ с радиальными карманами и регулируемым кольцевым ориентатором для многокомпонентного асимметричного изделия в форме тел вращения:

а – общий вид; *б* – этапы активного ориентирования изделий (переориентирования)

Одной из главных задач при проектировании усовершенствованного БЗУ является определение производительности будущего устройства с помощью математических моделей производительности. Известные модели дисковых БЗУ с захватом изделий в радиальном их положении были построены для устройств с пассивным способом ориентирования для однокомпонентных изделий [10, 11]. Учитывая особенности усовершенствованного БЗУ и загружаемых им изделий, в том числе многокомпонентных, требуется разработка новых математических моделей производительности. Построение этих моделей должно базироваться на комплексной методологии и учитывать активный способ ориентирования для обеспечения стабильной работы при загрузке многокомпонентных асимметричных изделий тел вращения разных типоразмерных рядов и с различными геометрическими параметрами.

Описание методики проектирования усовершенствованного дискового БЗУ с радиальными карманами и регулируемым кольцевым ориентатором

Первым этапом проектирования БЗУ является анализ возможностей захвата и ориентирования существующих конструкций и выбор той, которая подходит для загрузки необходимых изделий.

На втором этапе разрабатываются диапазоны допустимых параметров органов захвата и ориентирования БЗУ: захватывающий орган БЗУ представляет собой карман с размерами l_k (длина), b_k (ширина) и h_k (высота) и должен с высокой вероятностью захватить изделие, предотвратив выпадение его из кармана, или в случае, когда изделие запало неправильной стороной, обеспечить необходимые условия для подхвата и переориентирования изделия копиром (рис. 3).

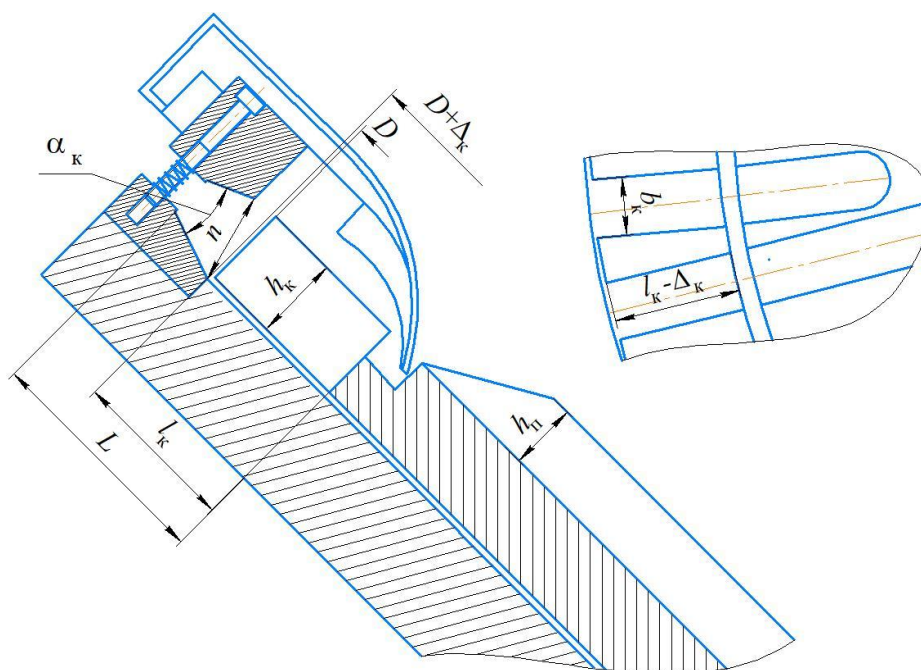


Рис. 3. Расчетные схемы для разработки конструктивных ограничений на параметры захватывающих и ориентирующих органов

Ширина кармана b_k должна способствовать западанию в карман изделий различного диаметра d_1 , т. е. ширина кармана b_k должна быть такой, чтобы в него свободно западали изделия с наибольшим диаметром цилиндрической части $d_{1\max}$ и одновременно с этим при загрузке изделий с наименьшим диаметром цилиндрической части $d_{1\min}$ в кармане не могли оказаться одновременно два изделия. Однако уменьшение зазора кармана Δ приведет к уменьшению вероятности захвата и снижению производительности. Поэтому ширина кармана должна быть выбрана из диапазона

$$d_{1\max} + \Delta = b_k < 2d_{1\min}.$$

В карман должно полностью поместиться правильно сориентированное изделие, а неправильное – выступать из него на достаточную величину, позволяя копиру переориентировать его в дальнейшем. Поэтому длина кармана l_k выбирается из диапазона

$$l_1 < l_k \leq l - d_{1\max} \sin \beta,$$

где β – угол, равный половине угла при вершине наименьшего торца изделия:

$$\sin \beta = \left(\frac{d_1 - d_2}{2\sqrt{0,25 \cdot (d_1 - d_2)^2 + (l - l_1)^2}} \right).$$

Высоту кармана h_k принимаем равной $d_{1\max} - (d_{1\max} - d_{2\max}) / 2 \leq h_k \leq d_{1\max}$, что позволит всем изделиям полностью западать в карман и оставаться там при соударениях с другими изделиями.

Угол α_k при вершине кольцевого ориентатора:

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

Максимальный размер паза кольцевого ориентатора выбирается из диапазона:

$$d_{1\max} \cos \beta \leq n \leq d_{1\max}.$$

Ширина n паза кольцевого ориентатора зависит от размеров загружаемых изделий. При этом максимальный шаг регулировки будет равен $A = d_{1\max} - d_{1\min} + \Delta$.

На следующем этапе проектирования усовершенствованного БЗУ находят диапазоны кинематических ограничений на окружную скорость органов захвата БЗУ, при которых возможны захват и ориентирование.

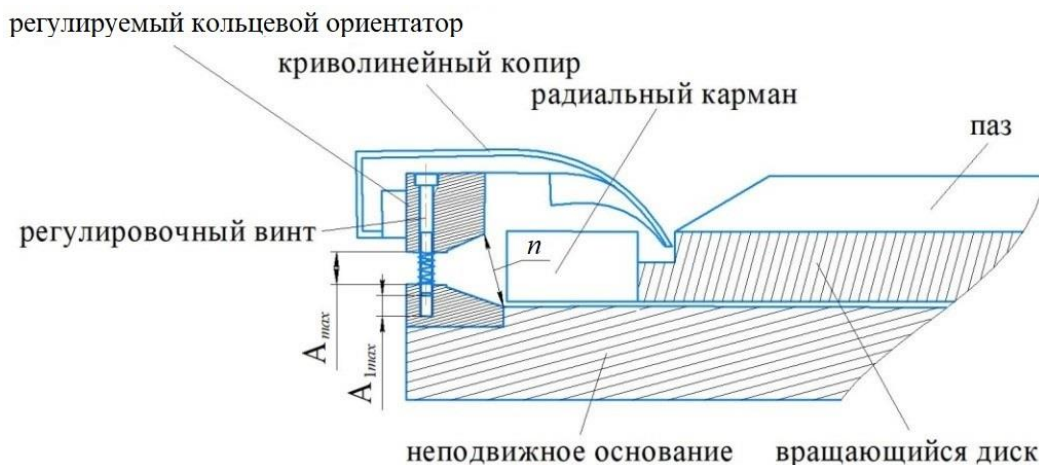


Рис. 4. Схема регулировки зазора A и высоты паза n кольцевого ориентатора

Для построения математической модели вероятности захвата используем рис. 5 и выражение:

$$\eta = p_i p_c (1 - \varepsilon \cdot v^4),$$

в котором p_i – вероятность нахождения изделий в благоприятном положении для захвата; p_c – вероятность отсутствия взаимосцепляемости изделий; ε – коэффициент, определяемый предельной окружной скоростью $v_{\text{пред}}$, зависящей от способа захвата изделий в БЗУ [12, 13].

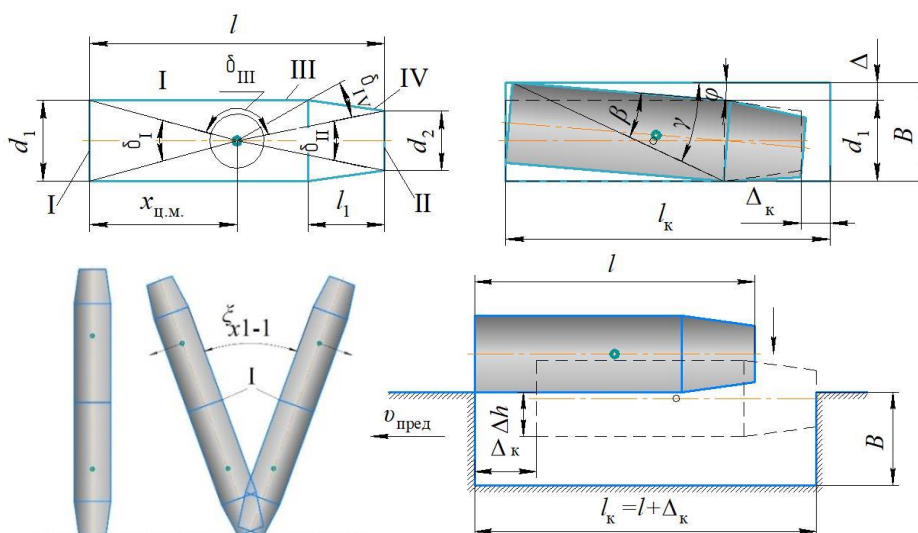


Рис. 5. Расчетные схемы для определения вероятности захвата

Вероятность p_i зависит от той поверхности изделия, которой оно должно упасть на вращающийся диск, и той, которой оно должно повернуться к органу захвата. Каждая из сторон изделия характеризуется углом δ_i , а вероятность падения на данную сторону – $p_i = 0,5(1 - \cos 0,5\delta_i)$. Затем необходимо определить максимальную вероятность $p_{i\max}$ и минимальную вероятность $p_{i\min}$, где величина углов γ и β зависит от размеров кармана и многокомпонентных изделий.

Для усовершенствованного БЗУ

$$p_{i\max} = \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} \left(\delta_{\text{II}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha_d} \right) + \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} \left(\delta_{\text{I}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha_d} \right) + \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} \left(\delta_{\text{IV}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha_d} \right),$$

$$p_{i\min} = p_{\text{II}} + \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} (\gamma - \beta) + p_{\text{I}} + \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} (\gamma - \beta) + p_{\text{IV}} + \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} (\gamma - \beta),$$

где μ – коэффициент трения между изделиями и БЗУ.

Вероятность p_i определится по выражению

$$p_i = 1 - \left[1 - \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} \left(\delta_{\text{III}} + \delta_{\text{IV}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha_d} \right) \right]^3 \left[1 - \frac{P_{\text{III}}}{2\pi} (\gamma - \beta) \right]^k,$$

где k – число изделий, размещаемых в зоне расположения карманов, определяемой при анализе граничных условий процесса захвата.

Вероятность p_c определится по выражению

$$p_c = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 2zF} \sum_{i=1}^s \left((F_i + F_j) \cdot \sqrt{\xi_{xi}^2 + \xi_{yi}^2} \right),$$

где s – количество возможных сочетаний поверхностей изделия; ξ_{xi}, ξ_{yi} – наибольшие углы поворота двух прилегающих поверхностей изделия без их разъединения; F_i и F_j – площади прилегающих поверхностей изделий при каждом их сочетании; z, F – число и площадь всех поверхностей изделия [13].

Фактическая производительность БЗУ

$$\Pi = \eta \cdot \frac{60v}{t},$$

где t – шаг органов захвата.

В дальнейшем известными методами определяются объем бункера, рассчитываются привод и предохранительные устройства.

Таким образом, в ходе исследования на всех стадиях проектирования будут определены параметры, при которых предложенное усовершенствованное БЗУ будет эффективно обеспечивать накопление, ориентирование и разделение массы многокомпонентных асимметричных изделий на единичные экземпляры с дальнейшей их подачей к исполнительным органам автоматических машин с требуемой производительностью.

Список литературы

- 1 Камышный, Н. И. Автоматизация загрузки станков / Н. И. Камышный. – Москва : Машиностроение, 1977. – 288 с.
- 2 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. – ISSN 2658-4727.
- 3 Ядыкин, Е. А. Оценка перемежающихся отказов стационарных систем автоматической загрузки технологических роторных машин / Е. А. Ядыкин, Е. В. Давыдова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 10. – С. 107–112. – ISSN 2071-6168.

References

- 1 Kamyshny, N. I. Automation of machine feeding / N. I. Kamyshny. – Moscow : Mashinostroenie, 1977. – 288 p.
- 2 Pantyukhina, E. V. Mechanical disk hopper feeding devices for rod parts with implicitly expressed orientation keys / E. V. Pantyukhina, V. V. Preys, A. V. Khachaturian // Automation and Measurement in Mechanical Engineering and Instrument Engineering. – 2018. – No. 3 (3). – P. 16–25. – ISSN 2658-4727.
- 3 Yadykin, E. A. Assessment of intermittent failures of stationary systems for automatic loading of technological rotary machines / E. A. Yadykin, E. V. Davydova // News of the Tula state university. Technical Sciences. – 2015. – No. 10. – P. 107–112. – ISSN 2071-6168.

- 4 **Дьякова, Э. В.** Способы ориентирования близких к равноразмерным деталей с асимметрией по торцам в механических бункерных загрузочных устройствах / Э. В. Дьякова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 10. – С. 105–110. – ISSN 2071-6168.
- 5 **Патент RU 183611 Российская Федерация. МПК8 6B23 Q7/02.** Бункерное загрузочное устройство для предметов обработки с неявно выраженной асимметрией торцов / В. В. Прейс, В. Ю. Токарев, А. В. Хачатурян. – № 2018123218 ; заявл. 26.06.2018 ; опубл. 27.09.2018, Бюл. № 27.
- 6 **Прейс, В. В.** Надежность автоматических роторно-конвейерных линий для сборки многоэлементных изделий / В. В. Прейс // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2003. – № 10. – С. 17–22. – ISSN 0202-3350.
- 7 Универсальные конструкции механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для асимметричных по торцам заготовок тел вращения / А. А. Борисов, Е. В. Пантюхина, С. А. Васин, А. С. Клentak // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т. 26, № 6 (122). – С. 109–117. – ISSN 1990-5378.
- 8 **Лукин, С. А.** Особенности разработки конструктивных ограничений на органы захвата и ориентирования универсальных механических дисковых бункерных загрузочных устройств / С. А. Лукин, А. А. Борисов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 10. – С. 19–24. – ISSN 2071-6168.
- 9 **Патент RU 220505 U1 Российская Федерация. МПК В23Q 7/02.** Бункерное загрузочное устройство для цилиндрических заготовок с цилиндрической формой одного из торцов и конической формой другого / В. В. Прейс, Е. В. Пантюхина, И. В. Пузиков – № 2023108055 ; заявл. 30.03.2023 ; опубл. 18.09.2023, Бюл. № 26.
- 10 **Pantyukhina, E. V.** Integrated approach methodology for evaluating the feed rate of mechanical disk hopper-feeding devices / E. V. Pantyukhina // IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conference Series. – 2020. – Vol. 1546. – Article no. 012024. – DOI 10.1088/1742-6596/1546/1/012024.
- 11 **Пантюхина, Е. В.** Пассивное ориентирование деталей в механическом дисковом бункерном загрузочном устройстве с кольцевым ориентатором и радиальными пазами / Е. В. Пантюхина, В. В. Прейс, О. В. Пантюхин // Динамика систем, механизмов и машин. – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 73–83. – DOI 10.25206/2310-9793-8-2-73-83.
- 4 **Dyakova, E. V.** Methods of orienting parts close to equal-sized with asymmetry at the ends in mechanical hopper loading devices / E. V. Dyakova // News of the Tula state university. Technical Sciences. – 2021. – No. 10. – P. 105–110. – ISSN 2071-6168.
- 5 **Patent RU 183611 Russian Federation. IPC 6B23 Q7/02.** Hopper feeding device for processing items with an implicit asymmetry of the ends / V. V. Preis, V. Yu. Tokarev, A. V. Khachaturyan. – No. 2018123218 ; decl. 26.06.2018 ; publ. 27.09.2018, Bul. No. 27.
- 6 **Preys, V. V.** Reliability of automatic rotary conveyor lines for assembly of multi-element products / V. V. Preys // Assembly in mechanical engineering, instrument engineering. – 2003. – No. 10. – P. 17–22. – ISSN 0202-3350.
- 7 Universal designs of mechanical disk hopper feeding and orienting devices for asymmetric bodies of revolution at the ends of blanks / A. A. Borisov, E. V. Pantyukhina, S. A. Vasin, A. S. Klentak // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2024. – Vol. 26. No. 6 (122). – P. 109–117. – ISSN 1990-5378.
- 8 **Lukin, S. A.** Features of the development of design restrictions on the gripping and orientation organs of universal mechanical disk hopper feeding devices / S. A. Lukin, A. A. Borisov // News of the Tula state university. – 2024. – No. 10. – P. 19–24. – ISSN 2071-6168.
- 9 **Patent RU 220505 U1 Russian Federation. IPC B23Q 7/02.** Hopper feeding device for cylindrical blanks with a cylindrical shape at one end and a conical shape at the other / V. V. Preys, E. V. Pantyukhina, I. V. Puzikov. – No. 2023108055 ; decl. 30.03.2023 ; publ. 18.09.2023, Bul. no. 26.
- 10 **Pantyukhina, E. V.** Integrated approach methodology for evaluating the feed rate of mechanical disk hopper-feeding devices / E. V. Pantyukhina // IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conference Series. – 2020. – Vol. 1546. – Article no. 012024. – DOI 10.1088/1742-6596/1546/1/012024.
- 11 **Pantyukhina, E. V.** Passive orientation of parts in a mechanical disk hopper loading device with an annular orientator and radial grooves / E. V. Pantyukhina, V. V. Preys, O. V. Pantyukhin // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines. – 2020. – Vol. 8, No. 2. – P. 73–83. – DOI 10.25206/2310-9793-8-2-73-83.

12 **Медвидь, М. В.** Автоматические ориентирующие загрузочные устройства / М. В. Медвидь. – Москва : Машгиз, 1963. – 299 с.

13 **Пантюхина, Е. В.** Варианты расчета вероятности отсутствия помех от взаимосцепляемости деталей при захвате / Е. В. Пантюхина, И. В. Пузиков / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 8. – С. 348–352. – ISSN 2071-6168.

12 **Medvid, M. V.** Automatic orienting feeding devices / M. V. Medvid. – Moscow : Mashgiz, 1963. – 299 p.

13 **Pantuyuhina, E. V.** Options for calculating the probability of interference absence from interlocking of parts during capture / E. V. Pantuyuhina, I. V. Puzikov / News of the Tula state university. Technical Sciences. – 2022. – No. 8. – P. 348–352. – ISSN 2071-6168.

I. V. Puzikov, E. V. Pantuykhina, S. A. Vasin, A. L. Bakhno, A. A. Malikov

DESIGN STEPS FOR A DISC HOPPER FEEDING DEVICE WITH RADIAL POCKETS, A COPIER, AND AN ADJUSTABLE RING ORIENTATOR FOR MULTICOMPONENT ASYMMETRIC ROTATIONAL BODIES

Abstract. Some types of multi-component rotating parts having an explicit or implicit asymmetry are considered, and an improved disk hopper feeding and orienting device with radial pockets, a copier, and a regulated ring orientator is proposed. This device accumulates products, orients them, and divides the mass of products into individual pieces, which are then fed to the actuators of automatic machines with the required productivity. The main stages of designing an improved device are described, in the process of which feeding of asymmetric multi-component products differing in shape and size, consisting of various materials and coatings, will be implemented, with the possibility of quick re-adjustment of the device depending on the shape and size of the product, and stable operation will be ensured when orienting multi-component products in order to increase its productivity.

Keywords: design of a feeding device, universal hopper feeding and orienting device, orientation of multi-component asymmetric products.

For citation: Design steps for a disc hopper feeding device with radial pockets, a copier, and an adjustable ring orientator for multicomponent asymmetric rotational bodies / I. V. Puzikov, E. V. Pantuykhina, S. A. Vasin [et. al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 3. – P. 222–230. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_222.

Сведения об авторах

Пузиков Иван Валерьевич

Тульский государственный университет (ТулГУ),
кафедра «Промышленная автоматика
и робототехника»,
аспирант,
e-mail: zalesniyr@gmail.com

Пантюхина Елена Викторовна

Тульский государственный университет (ТулГУ),
кафедра «Промышленная автоматика
и робототехника»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: e.v.pant@mail.ru

Васин Сергей Александрович

Тульский государственный университет (ТулГУ),
кафедра «Городское строительство, архитектура
и дизайн»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: vasin_sa53@mail.ru

Information about the authors

Puzikov Ivan Valerievich

Tula State University (TulSU),
Chair “Industrial Automation and Robotics”,
Postgraduate Student,
e-mail: zalesniyr@gmail.com

Pantuykhina Elena Viktorovna

Tula State University (TulSU),
Chair “Industrial Automation and Robotics”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: e.v.pant@mail.ru

Vasin Sergey Alexandrovich

Tula State University (TulSU),
Chair “Urban Construction, Architecture
and Design”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: vasin_sa53@mail.ru

Бахно Александр Львович

ПАО «Императорский Тульский оружейный завод»,
кандидат технических наук,
первый заместитель генерального директора,
e-mail: Bahno.al@tulatoz.ru

Маликов Андрей Андреевич

Тульский государственный университет (ТулГУ),
кафедра «Технология машиностроения»,
доктор технических наук, заведующий кафедрой,
e-mail: tppizi@yandex.ru

Bakhno Alexander Lvovich

PJSC “Imperial Tula Arms Plant”
Candidate of Engineering Sciences,
First Deputy General Director
e-mail: Bahno.al@tulatoz.ru

Malikov Andrey Andreevich

Tula State University (TulSU),
Chair “Mechanical Engineering Technology”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Chair,
e-mail: tppizi@yandex.ru