

УДК 621.9.06

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ОРИЕНТИРОВАНИЯ АСИММЕТРИЧНЫХ ЗАГОТОВОК НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМИ КАРМАНАМИ

© 2025 С.А. Васин¹, А.Л. Бахно², Е.В. Пантюхина¹

¹ Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

² ПАО «Императорский Тульский оружейный завод», г. Тула, Россия

Статья поступила в редакцию 12.12.2025

В статье рассматриваются и приводятся конструкции традиционных и усовершенствованных механических дисковых бункерных загрузочных устройств с захватом стержневых асимметричных по торцам заготовок тангенциально расположенными карманами при реализации в каждом из них различного способа ориентирования. Представлены разработанные математические модели производительности усовершенствованных карманчиковых бункерных загрузочных устройств с тангенциальными органами захвата для цилиндрических ступенчатых заготовок при их пассивном ориентировании и заготовок с торцом в форме усеченного конуса при активном ориентировании. Показаны разработанные математические модели в виде графических зависимостей вероятности захвата и производительности усовершенствованных карманчиковых бункерных загрузочных устройств с тангенциальными органами захвата от окружной скорости органов захвата при различных соотношениях геометрических параметров загружаемых заготовок и значениях коэффициента трения, которые позволяют оценить степень влияния указанных параметров на эффективность функционирования бункерных загрузочных устройств с захватом заготовок в тангенциальном направлении.

Ключевые слова: бункерное загрузочно-ориентирующее устройство, захват тангенциальными карманами, активное ориентирование, пассивное ориентирование, вероятность захвата.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-6-188-193

EDN: OPJNQE

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам повышения производительности механических дисковых бункерных загрузочных устройств (БЗУ) при автоматизации процессов загрузки штучных заготовок в технологическое оборудование различного назначения посвящены многие работы отечественных и зарубежных ученых, теоретические и экспериментальные исследования БЗУ которых основаны на выявлении тех способов захвата и ориентирования, которые наиболее производительны при условиях стабильной и надежной работы конструкции. Для этих целей также рассматривались возможные способы подготовки заготовок к захвату и интенсификации процессов ворошения заготовок в бункере [1, 2].

В механических дисковых БЗУ среди всех возможных реализуемых в них способов захвата асимметричных стержневых заготовок, у которых длина в 1,5 и более раз превышает их максимальный диаметр, именно захват тангенциально расположенными карманами является наиболее благоприятным. Это объясняется тем, что такие заготовки при вращении диска стремятся расположиться по его периферии на стыке между диском с карманами и обечайкой бункера своей боковой цилиндрической поверхностью [3]. Такая особенность асимметричных стержневых заготовок широко используется и в вибрационных БЗУ, в которых ориентирование осуществляется под действием вибрации в процессе движения по дорожке, расположенной на обечайке бункера [4]. Как показали проведенные ранее экспериментальные исследования советских ученых, в БЗУ с захватом заготовок в тангенциальном направлении, максимальное значение коэффициента выдачи (вероятности захвата) η для БЗУ с активным ориентированием заготовок может достигать 0,8...0,9, а с пассивным – до 0,4 [2, 5]. В зарубежной работе экспериментально получена эффективность E (вероятность захвата) механических дисковых БЗУ с захватом заготовок в тангенциальном направлении и дальнейшим их пассивным ориентированием – 0,5...0,65 [6].

БУНКЕРНЫЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЗАХВАТОМ АСИММЕТРИЧНЫХ ЗАГОТОВОК ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМИ КАРМАНАМИ

На рис. 1 представлены две традиционные конструкции БЗУ с тангенциальными карманами: с пассивным ориентированием заготовок (рис. 1, а) и активным ориентированием заготовок (рис. 1, б) [2, 7].

В карманчиковом БЗУ с пассивным ориентированием заготовок, захваченных тангенциально расположенными карманами, в верхней части бункера неправильно захваченные диском заготовки под действием центра масс выпадают из карманов (см. рис. 1, а). Вращающийся диск БЗУ расположен под углом $\alpha_d = 70^\circ$, что затрудняет ворошения заготовок, так как западание их в карманы

Васин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Бахно Александр Львович, кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора. E-mail: Bahno.al@tulatoz.ru

Пантюхина Елена Викторовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленная автоматика и робототехника». E-mail: e.v.pant@mail.ru

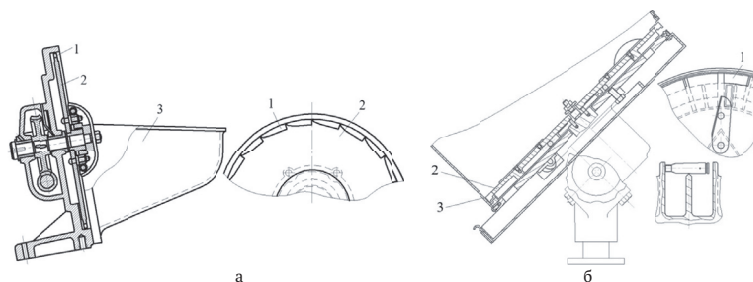


Рис. 1. Традиционные БЗУ с захватом заготовок тангенциально расположенными карманами при пассивном (а) и активном (б) ориентировании заготовок:
1 – карманы; 2 – вращающийся диск; 3 – бункер

осуществляется не с поверхности диска, а со дна бункера, расположенного под углом $\alpha = 30^\circ$, путем закатывания и скольжения.

Карманчиковые БЗУ с переориентированием на призмах (ножах) предназначено для изделий, у которых с явным смещением центра масс изделия относительно его середины (см. рис. 1, б). Органы захвата расположены тангенциально и имеют форму прямоугольника. Ориентирование изделий реализовано в верхней части диска с помощью специальных выступов с его обратной стороны – ножей. Чтобы повысить вероятность захвата путем ворошения заготовок иногда устанавливают на поверхности вращающегося диска специальные бобышки или лопасти. Данное БЗУ может быть использовано для изделий с конкретными параметрами и значениями диаметров меньшего торца, что обусловлено зоной перехода изделий из кармана в зону ориентирования и ее размерами.

На рис. 2, а представлено усовершенствованное универсальное БЗУ с наклонным диском и тангенциальными карманами, прототипом которой является представленное на рис. 1, б БЗУ. Недостатками прототипа являются высокий шанс повредить заготовки отличающихся диаметром меньшего торца на 38% из-за отсутствия регулировок зазора между буртиком нижнего диска и вращающимся диском и высоты карманов, нестабильная работа при загрузке стержневых ступенчатых заготовок отличающихся диаметром большего торца на 10% и более; нестабильное переориентирование и западание во внутренние карманы заготовок из-за уравновешенного движения благодаря плавному изменению высоты буртика до уровня нижнего диска. Усовершенствованное универсальное БЗУ исключает повреждение заготовок, позволяет загружать цилиндрические и сложные ступенчатые заготовки различного диаметра, обеспечивает более стабильное переориентирование на ножевых опорах за счет однородного регулируемого зазора между буртиком нижнего диска ступенчатой формы и вращающимся диском с ножевыми опорами [8, 9].

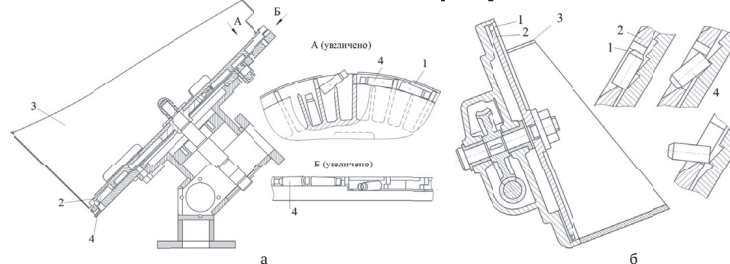


Рис. 2. Усовершенствованные БЗУ с захватом тангенциально расположенными карманами: при активном (б) и пассивном (а) ориентировании заготовок:
1 – карманы; 2 – вращающийся диск; 3 – бункер; 4 – заготовки

Для заготовок с неявной асимметрией по торцам, когда исключается возможность их сброса в традиционном БЗУ с тангенциальными карманами (см. рис. 1, а), было предложено его усовершенствование – БЗУ с гребенками, которое обеспечивает ориентирование асимметричных по торцам заготовок, длина одного из которых и асимметрия формы не достаточны для того, чтобы неправильно западавшая в карман заготовка смогла в верхней части бункера под действием центра масс покинуть карман [10].

Проанализируем, как влияет способ ориентирования различных заготовок на вероятность их захвата в БЗУ с тангенциальными карманами для двух типов рассматриваемых усовершенствованных БЗУ (см. рис. 2), так как БЗУ традиционные с пассивным и активным способами ориентирования (см. рис. 1) построены на тех же принципах захвата, что и усовершенствованные, а их отличия заключается в универсальном исполнении буртика с возможной регулировкой в зоне приема заготовок из внутренних карманов диска и, соответственно, расположенной в верхней части бункера БЗУ гребенкой для надежного и стабильного ориентирования заготовок с неявной асимметрией торцов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАХВАТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ЗАХВАТОМ АСИММЕТРИЧНЫХ ЗАГОТОВОК В ПОЛОЖЕНИИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ

Разработаем функции вероятности захвата и производительности БЗУ в виде математических моделей на базе концепции, теоретические основы которой проработаны для многих типов БЗУ во взаимосвязи с параметрами БЗУ и загружаемых ими заготовок [5, 11]. Это позволит определить степень влияния способа ориентирования заготовок при их тангенциальном захвате на производительность рассматриваемых типов БЗУ для определения потребности в их последующем усовершенствовании.

Для рассматриваемых видов усовершенствованных БЗУ с тангенциальным захватом загружаемых заготовок, были разработаны математические модели производительности при тех способах ориентирования, которые были реализованы в данных конструкциях [12, 13]. Разработаем для данных конструкций БЗУ математические модели вероятности захвата и производительности для противоположного способа ориентирования, а именно – для универсального БЗУ, представленного на рис. 2, а, модели при пассивном ориентировании заготовок, а для БЗУ, представленного на рис. 2, б – модели при активном ориентировании.

Построим математические модели вероятности захвата ступенчатых цилиндрических заготовок при их пассивном ориентировании при описании производительности Π (η) БЗУ, представленного на рис. 2, а в виде выражения (1), а для заготовок с торцом в форме усеченного конуса при их активном ориентировании при описании производительности БЗУ, представленного на рис. 2, б, в виде выражения (2):

$$\Pi = 60 \frac{v}{t} \left[1 - \left[1 - \frac{p_6}{2\pi} \left[\pi - \arccos \frac{x_c}{\sqrt{x_c^2 + 0,25d_1^4}} - \arccos \frac{l - x_c}{\sqrt{(l - x_c)^2 + 0,25d_2^4}} - \arccos \frac{l_1 - x_c}{\sqrt{(l_1 - x_c)^2 + 0,25d_1^4}} + \arccos \frac{l_1 - x_c}{\sqrt{(l_1 - x_c)^2 + 0,25d_2^4}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha_d} \right] \right]^3 \right] \times \left[1 - \frac{p_6}{2\pi} \left(\arcsin \frac{d_1 + \Delta}{\sqrt{d_1^2 + l_1^2}} - \arccos \frac{l_1}{\sqrt{l_1^2 + d_1^2}} \right) \right]^{\frac{\pi R \phi_3}{180l}} \cdot p_c \cdot p_v, \quad (1)$$

$$p_6 = \frac{0,5x_c}{\sqrt{x_c^2 + 0,25d_1^4}} + \frac{0,5(l - x_c)}{\sqrt{(l - x_c)^2 + 0,25d_2^4}} - 1 + \frac{l_1 - x_c}{\sqrt{(l_1 - x_c)^2 + 0,25d_1^4}} - \frac{l_1 - x_c}{\sqrt{(l_1 - x_c)^2 + 0,25d_2^4}},$$

$$\Pi = 60 \frac{v}{t} \left[1 - \left[1 - \frac{p_{III}}{\pi} \left(\pi - \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{2b}\right)^2}} + \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{c}{2(1-b)}\right)^2}} - 2 \arcsin \frac{\mu}{\alpha} \right) \right]^3 \times \left[1 - \frac{p_{III}}{\pi} \left(\arcsin \frac{1,1d_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{a}\right)^2}} - \arctan \frac{a}{f} \right) \right]^{\frac{\pi R \phi_3}{180l}} \right] \cdot p_c \cdot p_v, \quad (2)$$

где вероятностный коэффициент p_{III} , характеризующий преимущественное положение после подбрасывания и падения на поверхность диска заготовок длиной l , а также вероятности помех от сцепляемости заготовок p_c и окружной скорости органов захвата p_v определены в работах [5, 14]; наибольший d_1 и наименьший d_2 диаметры торцов заготовок; R – радиус диска БЗУ; α – угол наклона вращающегося диска БЗУ; μ – коэффициент трения между заготовками и диском БЗУ; ϕ_3 – зона захвата заготовок в БЗУ при тангенциальном способе; t – шаг карманов по периферии диска; $a = d_1 / l$, $b = x_c / l$, $c = d_2 / l$, $f = l_1 / l$.

Сравнительный анализ и оценку производительности усовершенствованных БЗУ с тангенциальными карманами, зависимости которых описаны выражениями (1) для ступенчатых цилиндрических заготовок при пассивном ориентировании и (2) для заготовок с торцом в форме усеченного конуса, а также входящих в эти выражения коэффициентов вероятности захвата был проведен компьютерный эксперимент.

Результаты моделирования приведены соответственно на рис. 3 и рис. 4 в виде зависимостей от окружной скорости v (м/с) при значениях коэффициента трения 0,35 и 0,45, соотношениях $a = l/d_1 = 3; 4; 5$ для цилиндрических ступенчатых заготовок и $a = d_1/l = 1/2; 1/2,5; 1/3$ заготовок с торцом в форме усеченного конуса.

Как показали графические зависимости, вероятности захвата и производительности усовершенствованных БЗУ с тангенциальными карманами при загрузке заготовок двух типов при активном ориентировании выше, чем при пассивном. При этом данные показатели во многом определяются соотношениями геометрических размеров заготовок и окружной скоростью; коэффициент трения не оказывает существенного влияния, так как заготовки закатываются в карман.

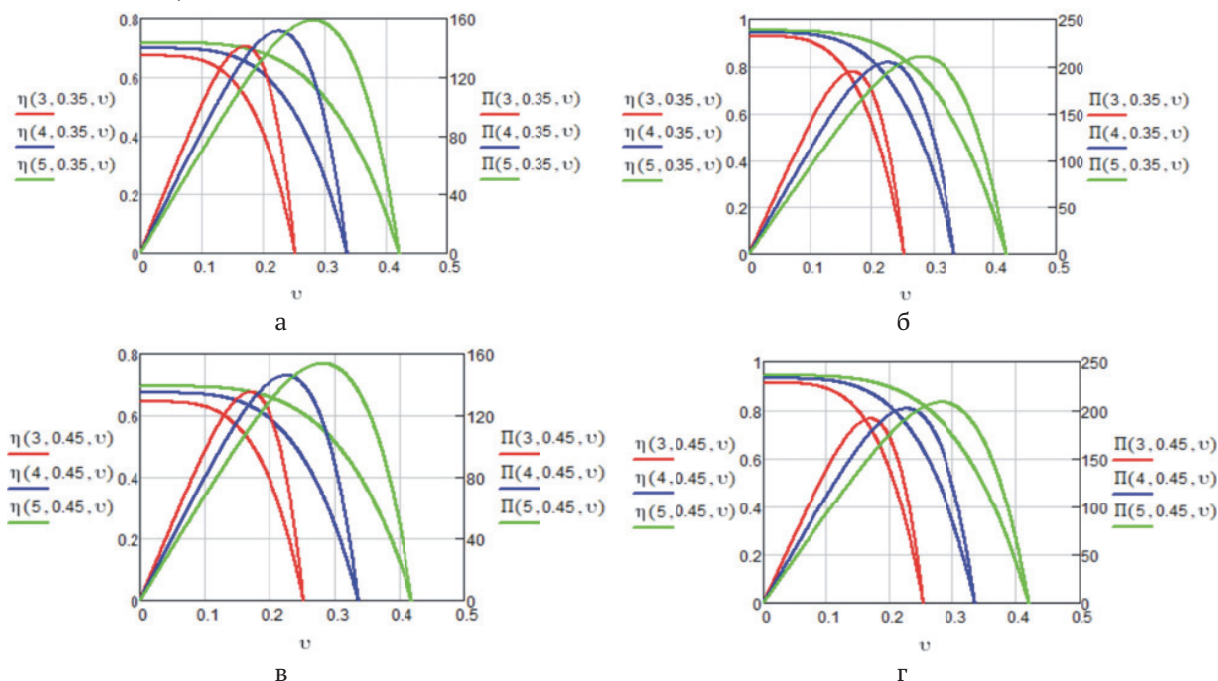


Рис. 3. Сравнение вероятности захвата и производительности БЗУ с тангенциальными карманами при загрузке цилиндрических ступенчатых заготовок при пассивном (а, в) и активном (б, г) ориентировании при $\mu = 0,35$ (а, б) и $\mu = 0,45$ (в, г)

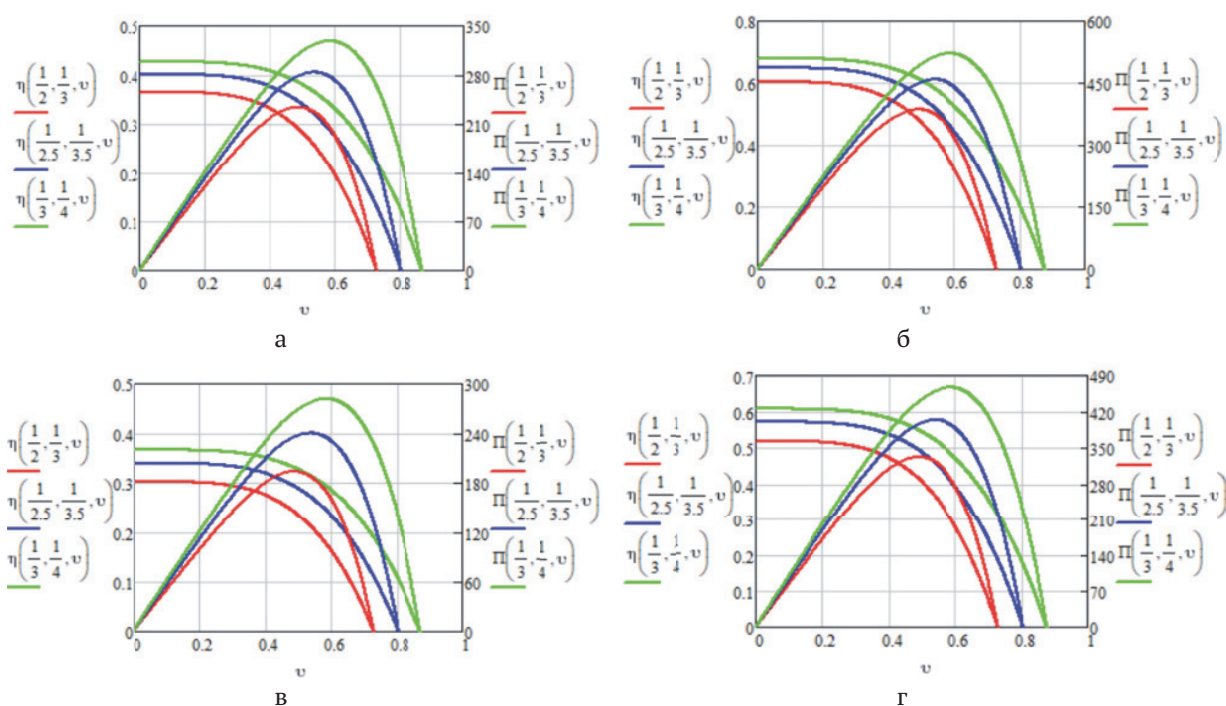


Рис. 4. Сравнение вероятности захвата и производительности БЗУ с тангенциальными карманами при загрузке заготовок с торцом в форме усеченного конуса при пассивном (а, в) и активном (б, г) ориентировании при $\mu = 0,35$ (а, б) и $\mu = 0,45$ (в, г)

Максимальная вероятность захвата при пассивном и активном ориентировании отличаются в 1,2...1,3 раза в зависимости от типа конструкции и загружаемых заготовок. Максимальная производительность БЗУ при активном и пассивном ориентированиях для заготовок с торцом в форме усеченного конуса отличается в 1,5...1,7 раза, а для цилиндрических ступенчатых заготовок – в 1,35...1,4 раза. Это обуславливает необходимость реализации в БЗУ с тангенциальными карманами активных способов ориентирования, что позволит повысить производительность БЗУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическое исследование влияния способа ориентирования асимметричных заготовок на производительность БЗУ с тангенциальными карманами показало, что в зависимости от типа заготовки и соотношения ее длины заготовки и диаметра наибольшего торца, наблюдается значительное повышение производительности БЗУ с тангенциальным захватом заготовок при реализации в нем активного способа их ориентирования. При западении заготовок в тангенциальные карманы качением с помощью разработанных математических моделей выявлено, что значения вероятности захвата и производительности в усовершенствованном универсальном БЗУ от коэффициента трения практически не зависят. В БЗУ с тангенциальными карманами и гребенкой, в котором западение заготовки в карманы осуществляется с поверхности неподвижного бункера, влияние коэффициента трения прослеживается при сравнении значений вероятности захвата и производительности БЗУ для двух способов ориентирования заготовок. Выводы, полученные в результате проведенных теоретических исследований необходимо использовать при разработке конструкций БЗУ с тангенциальным захватом заготовок различных форм и типоразмеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пантюхина, Е.В.* Повышение надежности и производительности дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств для асимметричных деталей тел вращения / Е.В. Пантюхина, С.А. Васин, С.Н. Шевченко, С.А. Лукин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т. 26. – № 2 (118). – С. 48–54.
2. *Прейс, В.Ф.* Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками / В.Ф. Прейс [и др.]; под ред. В.Ф. Прейса. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
3. *Усенко, Н.А.* Системы автоматической загрузки штучных предметов обработки в технологические машины-автоматы / 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.
4. *Повидайло, В.А.* Расчет и конструирование вибрационных питателей / В.А. Повидайло. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 150 с.
5. *Пантюхина, Е.В.* Проектирование механических дисковых бункерных загрузочных устройств для предметов обработки формы тел вращения с неявной асимметрией / Е.В. Пантюхина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – 228 с.
6. *Boothroyd G.* Assembly Automation and Product Design / Second Edition. – CRC Press, Taylor & Francis Group. – 2005. – 536 p.
7. *Камышный, Н.И.* Автоматизация загрузки станков / Н.И. Камышный. – М.: Машиностроение, 1977. – 287 с.
8. *Пантюхина, Е.В.* Разработка конструкции механического бункерного загрузочно-ориентирующего устройства с наклонным диском и тангенциальными карманами для стержневых ступенчатых заготовок / Е.В. Пантюхина, С.А. Васин, А.А. Борисов, А.А. Маликов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27. – № 3 (125). – С. 156–162.
9. *Васин, С.А.* Разработка ограничений на параметры органов захвата и ориентирования усовершенствованного универсального бункерного загрузочно-ориентирующего устройства с наклонным диском и тангенциальными карманами для стержневых ступенчатых заготовок / С.А. Васин, Е.В. Пантюхина, А.А. Борисов, А.А. Маликов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27. – № 3 (125). – С. 163–170.
10. Пат. 158620 Российская Федерация. МПК В23Q 7/02. Бункерное загрузочное устройство для стержневых заготовок с цилиндрической формой одного из торцов и конической формой другого / В.В. Прейс, Е.В. Давыдова, Д.А. Провоторов, К.Н. Провоторова. – № 2014152435/02; заявл. 23.12.2014; опубл. 20.01.2016. – Бюл. № 2.
11. 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.
12. *Пантюхина, Е.В.* Математическая модель производительности бункерного загрузочного устройства с тангенциальными карманами и гребенкой. Сборка в машиностроении, приборостроении / Е.В. Пантюхина, В.В. Прейс. – 2021. – № 8. – С. 372–378.
13. *Борисов, А.А.* Теоретическое исследование вероятности захвата стержневых ступенчатых заготовок в бункерном загрузочно-ориентирующем устройстве с наклонным диском и тангенциальными карманами / А.А. Борисов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 2. – С. 530–539.
14. *Пантюхина, Е.В.* Построение математической модели производительности бункерного загрузочно-ориентирующего устройства с наклонным диском и тангенциальными карманами для цилиндрических заготовок с фланцем / Е.В. Пантюхина, А.Л. Бахно, С.А. Васин, А.А. Маликов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27. – № 4 (126). – С. 171–177.

THEORETICAL STUDY OF THE EFFECT OF THE METHOD OF ORIENTING ASYMMETRIC WORKPIECES ON THE PERFORMANCE OF HOPPER FEEDERS WITH TANGENTIAL POCKETS

© 2025 S.A. Vasin¹, A.L. Bakhno², E.V. Pantyukhina¹

¹ Tula State University, Tula, Russia

² PJSC "Imperial Tula Arms Plant", Tula, Russia

The article describes and describes the design of traditional and improved mechanical disk hopper feeders with gripping rod asymmetric at the ends of the workpieces with tangentially located pockets when each of them implements a different orientation method. Developed mathematical models of capacity of improved pocket hopper feeding devices with tangential gripping members for cylindrical stepped workpieces at their passive orientation and workpieces with end in the form of truncated cone at active orientation are presented. Developed mathematical models are shown in the form of graphical dependences of probability of gripping and feed rate of improved pocket hopper feeding devices with tangential gripping members from peripheral speed of gripping members at various ratios of geometrical parameters of loaded blanks and friction coefficient values, which make it possible to estimate degree of influence of specified parameters on efficiency of functioning of hopper feeding devices with gripping of blanks in tangential direction.

Keywords: hopper feeding-orienting device, gripping with tangential pockets, active orienting, passive orienting, probability of gripping.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-6-188-193

EDN: OPJNQE

REFERENCES

1. *Pantyukhina, E.V. Povy'shenie nadezhnosti i proizvoditel'nosti diskovy'kh bunkerny'x zagruzochno-orientiruyushhix ustroystv dlya asimmetrichny'x detalej tel vrashheniya* / E.V. Pantyukhina, S.A. Vasin, S.N. Shevchenko, S.A. Lukin // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* – 2024. – T. 26. – № 2 (118). – pp. 48–54.
2. *Prejs, V.F. Avtomatizaciya zagruzki pressov shtuchny'mi zagotovkami* / V.F. Prejs [i dr.]; pod red. V.F. Prejsa. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 280 p.
3. *Usenko, N.A. Sistemy' avtomaticheskoy zagruzki shtuchny'x predmetov obrabotki v texnologicheskie mashiny'-avtomaty* / N.A. Usenko, V.V. Prejs, E.V. Davy'dova, E.S. Bocharova. Pod red. prof. V.V. Prejsa. – Tula: Izd-vo TulGU. – 2013. – 310 p.
4. *Povidajlo, V.A. Raschet i konstruirovaniye vibracionny'x pitatelej* / V.A. Povidajlo. – M.: MASHGIZ, 1962. – 150 p.
5. *Pantyuxina, E.V. Proektirovaniye mexanicheskix diskovy'x bunkerny'kh zagruzochny'x ustroystv dlya predmetov obrabotki formy' tel vrashheniya s neyavnoj asimmetriey* / E.V. Pantyukhina. – Tula: Izd-vo TulGU, 2024. – 228 p.
6. *Boothroyd G. Assembly Automation and Product Design* / Second Edition. – CRC Press, Taylor & Francis Group. – 2005. – 536 p.
7. *Kamy'shny'j, N.I. Avtomatizaciya zagruzki stankov* / N.I. Kamy'shny'j. – M.: Mashinostroenie, 1977. – 287 p.
8. *Pantyukhina, E.V. Razrabotka konstrukcii mexanicheskogo bunkernogo zagruzochno-orientiruyushhego ustrojstva s naklonny'm diskom i tangencial'ny'mi karmanami dlya sterzhnevny'kh stupenchaty'kh zagotovok* / E.V. Pantyukhina, S.A. Vasin, A.A. Borisov, A.A. Malikov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* – 2025. – T. 27. – № 3 (125). – pp. 156–162.
9. *Vasin, S.A. Razrabotka ogranichenij na parametry' organov zakhvata i orientirovaniya usovershenstvovannogo universal'nogo bunkernogo zagruzochno-orientiruyushhego ustrojstva s naklonny'm diskom i tangencial'ny'mi karmanami dlya sterzhnevny'kh stupenchaty'x zagotovok* / S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina, A.A. Borisov, A.A. Malikov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* – 2025. – T. 27. – № 3 (125). – pp. 163–170.
10. *Pat. 158620 Rossijskaya Federaciya. MPK B23Q 7/02. Bunkernoe zagruzochnoe ustrojstvo dlya sterzhnevny'x zagotovok s cilindricheskoy formoj odnogo iz torczov i konicheskoy formoj drugogo* / V.V. Prejs, E.V. Davy'dova, D.A. Provotorov, K.N. Provotorova. – № 2014152435/02; zayavl. 23.12.2014; opubl. 20.01.2016. – Byul. № 2.
11. *Vasin, S.A. Metodika opredeleniya veroyatnosti zakhvata asimmetrichny'kh detalej formy' tel vrashheniya v diskovy'x bunkerny'x zagruzochno-orientiruyushhix ustroystvakh* / S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina // *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroenie.* – 2023. – № 3. – pp. 64–88.
12. *Pantyukhina, E.V. Matematicheskaya model' proizvoditel'nosti bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s tangencial'ny'mi karmanami i grebenkoj. Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii* / E.V. Pantyukhina, V.V. Prejs. – 2021. – № 8. – pp. 372–378.
13. *Borisov, A.A. Teoreticheskoe issledovanie veroyatnosti zakhvata sterzhnevny'kh stupenchaty'kh zagotovok v bunkernom zagruzochno-orientiruyushhem ustrojstve s naklonny'm diskom i tangencial'ny'mi karmanami* / A.A. Borisov // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki.* – 2025. – № 2. – pp. 530–539.
14. *Pantyuxina, E.V. Postroenie matematicheskoy modeli proizvoditel'nosti bunkernogo zagruzochno-orientiruyushhego ustrojstva s naklonny'm diskom i tangencial'ny'mi karmanami dlya cilindricheskix zagotovok s flancem* / E.V. Pantyukhina, A.L. Bakhno, S.A. Vasin, A.A. Malikov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* – 2025. – T. 27. – № 4 (126). – pp. 171–177.

Sergey Vasin, Doctor of Technical, Professor, Professor-Consultant of the Department of Engineering Technology.

E-mail: vasin_sa53@mail.ru

Alexander Bakhno, Candidate of Technical Sciences, First Deputy General Director. E-mail: Bahno.al@tulatoz.ru

Elena Pantyukhina, Doctor of Technical, Associate Professor, Professor of the Department of Industrial Automation and Robotics. E-mail: e.v.pant@mail.ru