УДК 621.9.06

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ БЛАГОПРИЯТНОГО ЗАХВАТА АСИММЕТРИЧНЫХ ЗАГОТОВОК В БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВАХ С РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ ЗАХВАТА И ОРИЕНТИРОВАНИЯ

© 2026 Е.В. Пантюхина[1], А.Е. Богодяж[1], А.Л. Бахно[2], С.А. Васин[1]

[1] Тульский государственный университет, г. Тула, Россия
[2] ПАО «Императорский Тульский оружейный завод», г. Тула, Россия

Статья поступила в редакцию 04.08.2026

В статье на основе теоретически разработанных математических моделей вероятности благоприятного захвата асимметричных заготовок формы тел вращения, описывающих влияние на процесс захвата геометрических параметров загружаемых заготовок, коэффициента трения между заготовками и конструктивными элементами механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств карманчикового типа, размерами органов захвата, их расположения на поверхности вращающегося диска и угла их наклона по отношению к горизонту, осуществляется выбор наиболее производительного способа захвата и ориентирования заготовок в устройстве. Приводятся для каждого способа захвата и ориентирования диапазоны значений вероятности благоприятного захвата на примере асимметричных ступенчатых полых по торцам заготовок, у которых соотношение высоты к наибольшему диаметру находится в диапазоне от 1,3 до 2 и обосновывается и с помощью графической визуализации разработанных математических моделей самый эффективный способ захвата и ориентирования рассматриваемых заготовок.

Ключевые слова: вероятность благоприятного захвата, ориентирование заготовок, бункерное загрузочно-ориентирующее устройство, производительность загрузки.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-100-105
EDN: GKHFAQ

ВВЕДЕНИЕ

При математическом моделировании производительности механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств карманчикового типа (БЗУ) выявляются геометрические, конструктивные и кинематические параметры, изменение которых позволит существенно повысить ее значения на ранних стадиях проектирования, чтобы при эксплуатации БЗУ для различных типов асимметричных заготовок формы тел вращения обеспечить наибольшую эффективность производственных процессов [1, 2]. К таким параметрам относятся геометрия и форма загружаемых заготовок (размеры, координата центра масс, объем каждой части заготовки), коэффициенты трения между заготовками в процессе их ворошения в бункере, геометрия органов захвата и ориентирования БЗУ, их расположение (радиальное или тангенциальное), угол наклона к поверхности горизонта, окружная скорость карманов вращающегося диска, в которые западают загружаемые заготовки, расстояние между карманами и зазор по шагу в них [3 – 5].

Некоторые из перечисленных параметров могут не оказывать значительного влияния на производительность БЗУ при радиальном расположении карманов, но существенно влиять на производительность при тангенциальном расположении карманов [6 – 8]. Поэтому при принятии решения о повышении производительности БЗУ путем модернизации его конструкции, например переходе с пассивных способов ориентирования на активные, необходимо с помощью разработки математических моделей с их последующей графической визуализацией проанализировать целесообразность тех или иных конструкторских решений.

Пантюхина Елена Викторовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленная автоматика и робототехника». E-mail: e.v.pant@mail.ru
Богодяж Артем Евгеньевич, соискатель. E-mail: angry@narod.ru
Бахно Александр Львович, кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора. E-mail: Bahno.al@tulatoz.ru
Васин Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: vasin_sa53@mail.ru

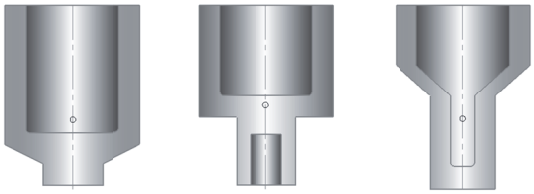
ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ БУНКЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЛАГОПРИЯТНОГО ЗАХВАТА

Фактическая производительность БЗУ $П_ф$ определяется произведением теоретической производительности $П_т$, зависящей от окружной скорости υ захватывающих органов (карманов) и их шага t, и вероятности захвата η, характеризующей условия обеспечения захвата заготовки $П_ф = П_т\eta = \frac{60\upsilon}{t}\eta$ (шт./мин) [9, 10] и с использованием новой методологической концепции может быть описана в виде:

$$П_ф = П_т\eta = \frac{60\upsilon}{t}\eta = \frac{60\upsilon}{t}p_i p_c p_\upsilon = \frac{60\upsilon}{t}p_i p_c\left(1-\frac{\upsilon^4}{\upsilon_{пред}^4}\right),$$

где p_i – вероятность благоприятного захвата заготовок, засыпанных в разрозненном виде в бункер БЗУ и оказавшихся на его дне одной из ограничивающих заготовку поверхностей; p_c – вероятность, показывающая влияние сцепляемости заготовок между собой в процессе захвата и характеризующая отсутствие препятствий от нее; p_υ – вероятность, позволяющая оценить окружную скорость υ органов захвата через ее предельное значение $\upsilon_{пред}$, при котором в карман не успевает запасть ни одна заготовка [11 – 13].

Большую долю среди всех штучных заготовок формы тел вращения составляют ступенчатые асимметричные заготовки (рис. 1), имеющие внутренние полости с одной или двух сторон, у которых соотношение высоты к наибольшему диаметру h/d_2 составляет от 1, до 2.



а б в

Рис. 1. Некоторые виды асимметричных заготовок с полостями:
а – по одному из торцов, переход между торцами конический;
б – по одному из торцов, переход между торцами отсутствует (ступенчатые);
в – по одному из торцов, переход между торцами конический,
полость ступенчатая с коническим переходом

При этом заготовки, у которых h/d_2 находится в диапазоне от 1,2 до 1,5, являются близкими к равноразмерным, а заготовки, у которых h/d_2 находится в диапазоне от 1,5 до 2, являются стержневыми. Они могут быть с двумя внутренними полостями или с одной, иметь плавный конический или ступенчатый переход от одного торца к другому, быть не сцепляемыми, так как диаметр наименьшего торца равен или меньше диаметра наибольшего торца, или быть взаимосцепляемыми, так как при ворошении наименьший торец может сцепляться с наибольшим за счет проникновения внутрь.

Рассмотрим на примере асимметричных ступенчатых полых по каждому торцу (см. рис. 1, б) или по одному из торцов заготовок, у которых соотношение высоты к наибольшему диаметру находится в диапазоне от 1,2 до 2, как обеспечивается выбор наиболее эффективного с точки зрения повышения производительности БЗУ способа захвата и ориентирования.

Были рассмотрены следующие комбинации «способ захвата – способ ориентирования», которые можно реализовать в БЗУ для данных типов заготовок: 1 – захват заготовок в положении стоя радиальными карманами, пассивное ориентирование – «радиально стоя – пассивное»; 2 – захват заготовок в положении лежа радиальными карманами, пассивное ориентирование – «радиально лежа – пассивное»; 3 – захват заготовок в положении лежа радиальными карманами, активное ориентирование – «радиально лежа – активное»; 4 – захват заготовок в положении лежа тангенциальными карманами, пассивное ориентирование – «тангенциально лежа – пассивное»; 5 – захват заготовок в положении лежа тангенциальными карманами, активное ориентирование – «тангенциально лежа – активное». Полученные теоретически выражения для вероятности благоприятного захвата для каждой комбинации были приведены в работе [14].

При математическом моделировании введем обозначение $h/d_2 = a$. Размеры асимметричных заготовок (рис. 2) примем следующими: $h_1 = 0,2h$, $d_2 = 1,25d_1$, $d_1^1 = 0,6d_1, h_1^0 = 0,8h_1$, $h_2^0 = 0,85h_2$. Для сцепляемых заготовок примем $d_2^0 = 1,15d_1$, а для не сцепляемых $d_2^0 = 0,85d_1$.

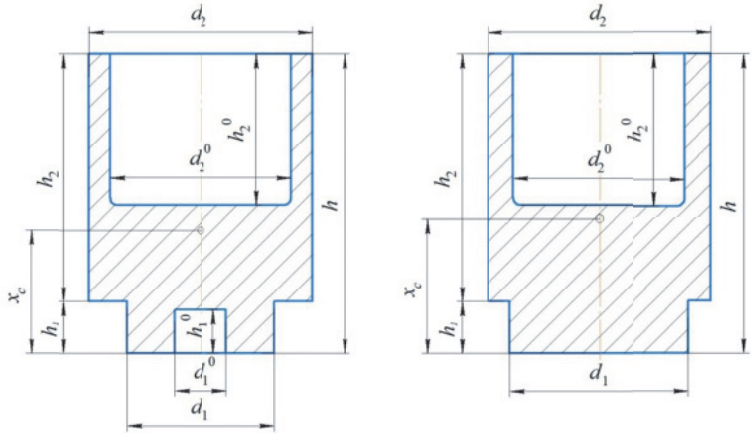
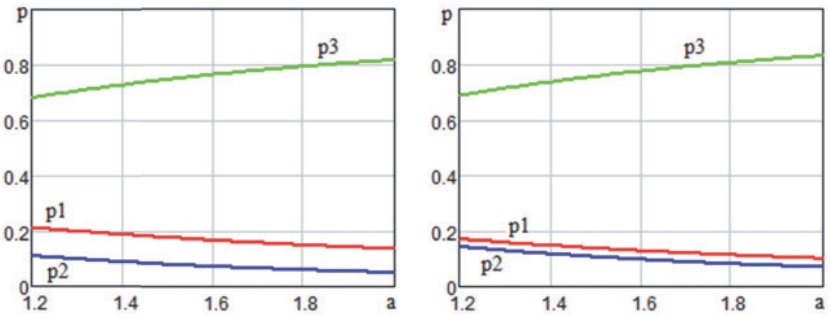


Рис. 2. Геометрические параметры сцепляемых полых с двух торцов (а) и не сцепляемых полых с одного торца (а) заготовок

Сначала выявим, какая из вероятностей p_{I}, p_{II}, p_{III}, ... для заготовок выше, что позволит оценить, в каком положении наиболее благоприятен захват полой по торцам заготовки в зависимости от ее габаритных размеров, определяющих в том числе положение ее центра масс. При этом падение на дно бункера оценим вероятностями: $p_1 = p_{\text{I}} + p_{\text{IV}}$ (наименьший по диаметру торец), $p_2 = p_{\text{II}}$ (наибольший по диаметру торец), $p_3 = p_{\text{III}} + p_{\text{V}}$ (боковая поверхность заготовки). Результаты визуализации разработанных математических моделей вероятности благоприятного захвата для сцепляемых полых по торцам заготовок приведены на рис. 3, а, а для не сцепляемых – на рис. 3, б.



а б

Рис. 3. Результаты моделирования вероятностей p_1, p_2, p_3 для сцепляемых полых с двух торцов заготовок (а) и не сцепляемых полых с одного торца заготовок (б)

Наибольшая вероятность заготовок упасть на боковую поверхность, так как значения вероятности составляют для сцепляемых полых по торцам заготовок в районе 0,681...0,816, а для не сцепляемых – 0,689...0,832.

Проанализируем, как будет обеспечиваться наибольшая вероятность p_i при нахождении заготовок во всей зоне захвата при различных способах и захвата и ориентирования. Коэффициентом трения варьируем по следующим значениям: $\mu = 0,3; 0,4; 0,5$.

На рис. 4 и рис. 5 показаны для всех пяти комбинаций «способ захвата – способ ориентирования» кривые, визуализирующие вероятность p_i и позволяющие оценить, при каком способе захвата и ориентирования вероятность p_i максимальна; при этом на рис. 4 – для сцепляемых заготовок, а на рис. 5 – для не сцепляемых.

Как графики рис. 4, так и графики рис. 5, показывают, что наибольшие значения вероятности p_i достигаются при радиальном расположении органов захвата в положении заготовок стоя и дальнейшим их пассивным ориентированием. В этом случае вероятность благоприятного захвата от $p_i = 0,549...0,671$ до $p_i = 0,742...0,820$ для сцепляемых заготовок и от $p_i = 0,424...0,547$ до

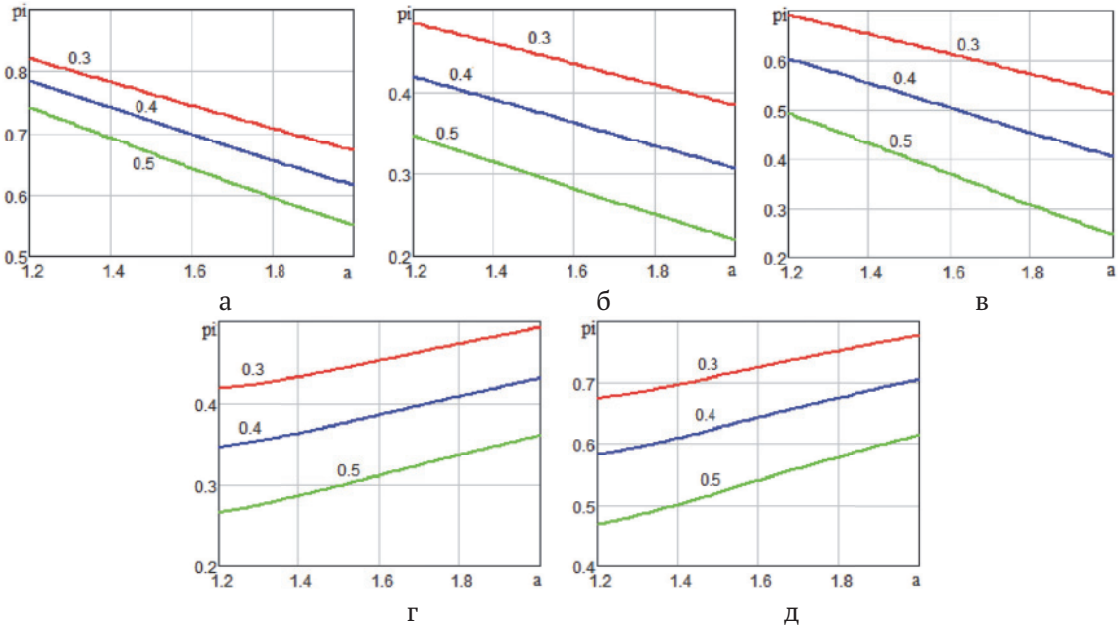


Рис. 4. Кривые, визуализирующие вероятность благоприятного захвата p_i, для сцепляемых заготовок при различных μ и комбинациях «способ захвата – способ ориентирования»: а – 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5

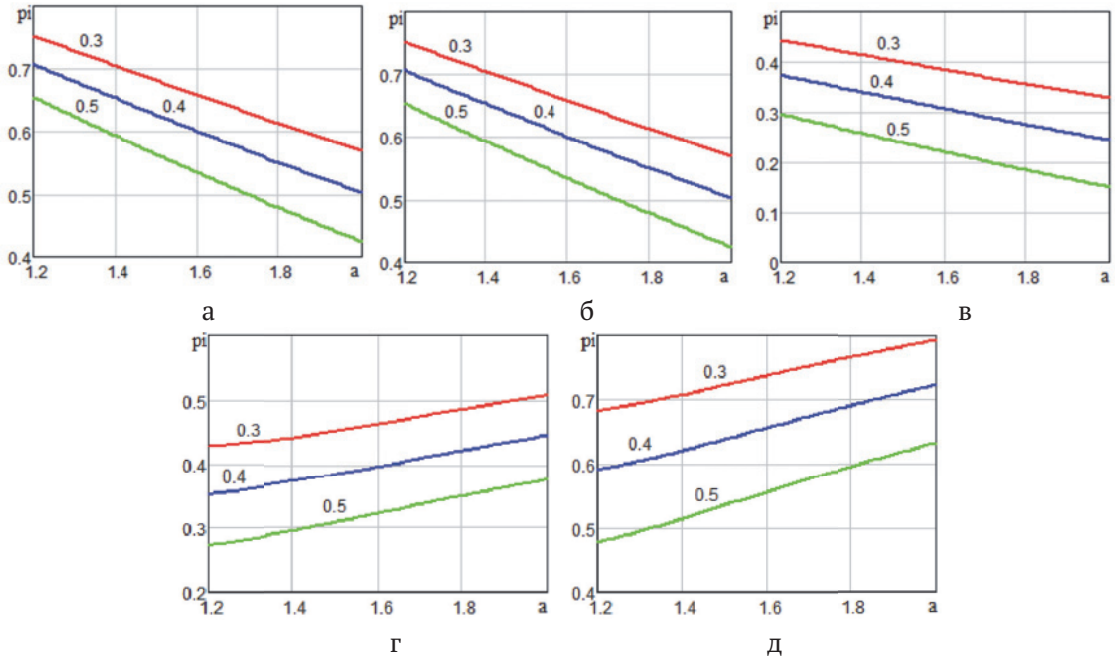


Рис. 5. Кривые, визуализирующие вероятность благоприятного захвата p_i, для не сцепляемых заготовок при различных μ и комбинациях «способ захвата – способ ориентирования»: а – 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5

$p_i = 0,655...0,753$ для не сцепляемых заготовок. Следовательно, именно эти способы захвата и ориентирования необходимо реализовать при модернизации БЗУ для полых по торцам заготовок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при разработке эффективной высокотехнологичной конструкции БЗУ для любого типа асимметричных заготовок необходимо при проектировании выявить, какие способы захвата и ориентирования из всех возможных можно реализовать в БЗУ для конкретных заготовок, разработать для каждой из возможных комбинаций «способ захвата – способ ориентирования» математические модели благоприятного захвата и путем графической визуализации полученных моделей оценить, какая комбинация будет наиболее производительна.

Результаты исследований для рассматриваемого типа заготовок позволили сделать вывод о том, что наибольшие значения вероятности благоприятного захвата достигаются при радиальном расположении органов захвата в положении заготовок стоя и дальнейшим их пассивным ориентированием (то есть не всегда активное ориентирование наиболее производительно, чем пассивное, что доказывает высокую значимость проведения такого рода исследований на начальных стадиях проектирования БЗУ). Следовательно, именно эти способы захвата и ориентирования необходимо реализовать при модернизации БЗУ для полых по торцам заготовок как с коническим переходом одного торца в другой, так и ступенчатых полых по торцам заготовок.

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. *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, 08 декабря 2022 года / Ответственный редактор В. А. Раков. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 32–36.
3. *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.
4. *Пантюхина, Е.В.* Факторы, влияющие на производительность механических дисковых бункерных загрузочно-ориентирующих устройств / Е.В. Пантюхина, С.А. Васин, С.Н. Шевченко, А.А. Борисов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. – Т. 26. – № 3 (119). – С. 99–104.
5. *Пузиков, И.В.* Зависимость производительности бункерного загрузочного устройства с радиальным расположением органов захвата от способа ориентирования асимметричных изделий / И.В. Пузиков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 12. – С. 541–546.
6. *Пантюхина, Е.В.* Сравнительный анализ вероятности захвата асимметричных стержневых заготовок в бункерных загрузочно-ориентирующих устройствах с тангенциальными карманами при различных способах ориентирования / 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. 157–163.
7. *Пузиков, И.В.* Влияние способов ориентирования асимметричных изделий на производительность бункерного загрузочного устройства с радиальным расположением органов захвата / И.В. Пузиков, С.А. Васин, А.Л. Бахно // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции 26 – 28 ноября 2025 г., Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово, 2025. – С. 381–384.
8. *Бахно, А.Л.* Результаты сравнительного анализа вероятности захвата асимметричных заготовок и производительности бункерных загрузочных устройств при различных способах захвата и ориентирования / А.Л. Бахно, С.А. Васин, Е.В. Пантюхина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2026. – Т. 28. – № 1. – С. 150–156.
9. *Прейс В.Ф.* Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками / В.Ф. Прейс [и др.], под ред. В.Ф. Прейса. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
10. *Медвидь, М.В.* Автоматические ориентирующие загрузочные устройства/ М.В. Медвидь. – М.: Машгиз, 1963. – 299 с.
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.* 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.
13. *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.
14. *Богодяж, А.Е.* Теоретическое обоснование совершенствования бункерного загрузочного устройства для асимметричных заготовок на основе разработки математических моделей вероятности благоприятного захвата / А.Е. Богодяж, Е.В. Пантюхина А.Л. Бахно, С.А. Васин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2026. – Т. 28. – № 4. – С. 63–69.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROBABILITY OF FAVOURABLE GRIPPING OF ASYMMETRIC BILLETS IN HOPPER FEEDERS WITH DIFFERENT GRIPPING AND ORIENTATION METHODS

© 2026 E.V. Pantyukhina[1], A.E. Bogodyazh[1], A.L. Bakhno[2], S.A. Vasin[1]

[1] Tula State University, Tula, Russia
[2] PJSC "Imperial Tula Arms Plant", Tula, Russia

In the article, based on theoretically developed mathematical models of the probability of favorable capture of asymmetric blanks of the shape of solids of revolution, describing the influence of the geometric parameters of the feeded workpieces, the coefficient of friction between the workpieces and the structural elements of the mechanical disk hopper feeding-orienting devices of the pocket type on the capture process dimensions of the gripping elements, their location on the surface of the rotating disk and their angle of inclination relative to the horizon, selecting the most efficient method of gripping and orienting workpieces in the device. For each method of gripping and orientation, ranges of values of probability of favorable gripping are given on the example of asymmetric stepped hollow workpieces at the ends, in which the ratio of height to the largest diameter ranges from 1.3 to 2 and is justified and, using graphical visualization of developed mathematical models, the most efficient method of gripping and orienting the workpieces in question.

Keywords: probability of favourable gripping, orientation of workpieces, hopper feeding-orienting device, feed rate.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-4-100-105
EDN: GKHFAQ

REFERENCES

1. *Pantyukhina, E.V.* Povy`shenie nadezhnosti i proizvoditel`nosti diskovy`kh bunkerny`kh zagruzochno-orientiruyushhix ustrojstv dlya asimmetrichny`kh 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. *D`yakova, E`.V.* Obespechenie osnovny`kh pokazatelej kachestva bunkerny`kh zagruzochny`kh ustrojstv pri zagruzke detalej s asimmetriej po torczam / E`.V. D`yakova, E.V. Pantyukhina, I.V. Puzikov // Avtomatizaciya i e`nergosberezhenie v mashinostroenii, e`nergetike i na transporte: Materialy` XVII Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii, Vologda, 08 dekabrya 2022 goda / Otvetstvenny`j redaktor V. A. Rakov. – Vologda: Vologodskij gosudarstvenny`j universitet, 2023. – pp. 32–36.
3. *Borisov, A.A.* Teoreticheskoe issledovanie veroyatnosti zakhvata sterzhnevy`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.
4. *Pantyukhina, E.V.* Faktory`, vliyayushhie na proizvoditel`nost` mekhanicheskikh diskovy`kh bunkerny`kh zagruzochno-orientiruyushhikh ustrojstv / E.V. Pantyukhina, S.A. Vasin, S.N. Shevchenko, A.A. Borisov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2024. – T. 26. – № 3 (119). – pp. 99–104.
5. *Puzikov, I.V.* Zavisimost` proizvoditel`nosti bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s radial`ny`m raspolozheniem organov zakhvata ot sposoba orientirovaniya asimmetrichny`kh izdelij / I.V. Puzikov // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki. – 2025. – № 12. – pp. 541–546.
6. *Pantyukhina, E.V.* Sravnitel`ny`j analiz veroyatnosti zakhvata asimmetrichny`kh sterzhnevy`kh zagotovok v bunkerny`kh zagruzochno-orientiruyushhix ustrojstvakh s tangencial`ny`mi karmanami pri razlichny`kh sposobakh orientirovaniya / 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. 157–163.
7. *Puzikov, I.V.* Vliyanie sposobov orientirovaniya asimmetrichny`x izdelij na proizvoditel`nost` bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva s radial`ny`m raspolozheniem organov zaxvata / I.V. Puzikov, S.A. Vasin, A.L. Baxno // Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 26 – 28 noyabrya 2025 g., Kemerovo: Kuzbas. gos. texn. un-t im. T. F. Gorbacheva, Kemerovo, 2025. – pp. 381–384.
8. *Baxno, A.L.* Rezul`taty` sravnitel`nogo analiza veroyatnosti zakhvata asimmetrichny`x zagotovok i proizvoditel`nosti bunkerny`kh zagruzochny`kh ustrojstv pri razlichny`x sposobakh zakhvata i orientirovaniya / A.L. Bakhno, S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, 2026. – T. 28. – № 1. – pp. 150–156.
9. Prejs, V.F. Avtomatizaciya zagruzki pressov shtuchny`mi zagotovkami / [i dr.], pod red. V.F. Prejsa. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 280 p.
10. *Medvid`, M.V.* Avtomaticheskie orientiruyushhie zagruzochny`e ustrojstva/ M.V. Medvid`. – M.: Mashgiz, 1963. – 299 p.
11. *Vasin, S.A.* Metodika opredeleniya veroyatnosti zakhvata asimmetrichny`kh detalej formy` tel vrashheniya v diskovy`kh bunkerny`kh zagruzochno-orientiruyushhikh ustrojstvakh / S.A. Vasin, E.V. Pantyukhina // Vestnik MGTU im. N.E`. Baumana. Ser. Mashinostroenie. – 2023. – № 3. – pp. 64–88.
12. *Pantyukhina, E.V.* Metodologiya kompleksnogo podkhoda dlya ocenki proizvoditel`nosti mexanicheskikh diskovy`kh bunkerny`kh zagruzochny`kh ustrojstv / E.V. Pantyukhina // Materialy` IV Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii v g. Omsk; nauch. red. P.D. Balakin. – 2020. – pp. 380–388.
13. *Pantyukhina, E.V.* Proektirovanie mexanicheskix diskovy`kh bunkerny`kh zagruzochny`kh ustrojstv dlya predmetov obrabotki formy` tel vrashheniya s neyavnoj asimmetriej / E.V. Pantyukhina. – Tula: Izd-vo TulGU, 2024. – 228 p.
14. Bogodyazh, A.E. Teoreticheskoe obosnovanie sovershenstvovaniya bunkernogo zagruzochnogo ustrojstva dlya asimmetrichny`kh zagotovok na osnove razrabotki matematicheskikh modelej veroyatnosti blagopriyatnogo zakhvata / A.E. Bogodyazh, E.V. Pantyukhina A.L. Bakhno, S.A. Vasin // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, 2026. – T. 28. – № 4. – pp. 63–69.

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

Artem Bogodyazh, applicant. E-mail: angry@narod.ru

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

Sergey Vasin, Doctor of Technical, Professor, Professor-Consultant of the Department of Engineering Technology. E-mail: vasin_sa53@mail.ru