

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ ЗАХВАТЫВАЮЩИХ И ОРИЕНТИРУЮЩИХ ОРГАНОВ ДИСКОВОГО БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ АСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ, БЛИЗКИХ К РАВНОРАЗМЕРНЫМ

Дьякова Э.В., Пантюхина Е.В.
Тульский государственный университет, Тула

Ключевые слова: карманчиковое бункерное загрузочное устройство, автоматическая загрузка, надежность ориентирования, ориентирование деталей, захватывающие органы, асимметричные детали.

Аннотация. Рассматривается усовершенствованное механическое дисковое карманчиковое бункерное загрузочное устройство для загрузки и ориентирования асимметричных деталей формы тел вращения, близких к равноразмерным. Усовершенствованное бункерное загрузочное устройство содержит вращающийся диск с карманами, выполняющими функцию захвата деталей, и установленный в верхней части бункера в неподвижном основании криволинейный копир, выполняющий функцию ориентирования деталей. В работе разработаны конструктивные ограничения на захватывающие и ориентирующие органы усовершенствованного бункерного загрузочного устройства. При разработанных конструктивных ограничениях захват деталей в усовершенствованном бункерном загрузочном устройстве будет осуществляться с наибольшей вероятностью, при которой производительность бункерного загрузочного устройства будет максимальна, а ориентирование – с высокой надежностью. Предложены оптимальные размеры карманов и криволинейного копира для различных по размерам асимметричных деталей формы тел вращения, близких к равноразмерным.

DEVELOPMENT OF DESIGN CONSTRAINTS ON THE PARAMETERS OF THE GRIPPING AND ORIENTING ORGANS OF THE DISK HOPPER FEEDING DEVICE FOR ASYMMETRIC PARTS, CLOSE TO EQUIVALENT

Diakova E. V., Pantyukhina E. V.
Tula state university, Tula

Keywords: pocket hopper feeding device, automatic feeding, reliability of orientation, orientation of parts, gripping organs, asymmetric parts.

Abstract. An improved mechanical disk pocket hopper feeding device for feeding and orienting asymmetric parts of the shape of rotation bodies close to equal size is contemplated. The improved hopper feeding device comprises a rotating disk with pockets performing the function of gripping the parts, and a curved copier installed in the upper part of the hopper in a fixed base, which performs the function of aligning the parts. The present invention has developed structural limitations on the gripping and orienting members of an improved hopper feeding device. With the design limitations developed, the parts in the improved hopper feeding device will be gripped with the greatest probability that the capacity of the hopper feeding device will be maximized and the orientation will be highly reliable. Optimal dimensions of pockets and curvilinear copier for different asymmetric parts of shape of bodies of rotation close to equal size are proposed.

Введение

Автоматическая загрузка штучных деталей (элементов, предметов обработки, заготовок) в современное оборудование для сборки различных многоэлементных изделий должна осуществляться надежными системами [1, 2]. Основным устройством таких систем является автоматическое бункерное загрузочное устройство (БЗУ), которое осуществляет захват одной детали из общей массы засыпанных в бункер деталей, ориентирование захваченной детали и ее выдачу в ориентированном положении к устройству для накопления деталей с последующей подачей к рабочим органам сборочного оборудования [3, 4].

В различных отраслях промышленности широко встречаются детали формы тел вращения с асимметрией по торцам, которые относятся к классу близких к равноразмерным.

Такие детали характеризуются следующими параметрами: соотношение высоты детали h к наибольшему диаметру d изменяется в диапазоне $0,9 \leq h/d \leq 1,5$.

Используя разработанную систему анализа и количественной оценки технологичности деталей для автоматической загрузки [5], можно сделать вывод о том, что данный класс деталей имеет значение коэффициента сложности более 0,7, что говорит о высокой сложности ориентирования деталей, близких к равноразмерным, с асимметрией по торцам. Поэтому такие детали очень сложно ориентировать, что обуславливает необходимость разработки надежной конструкции БЗУ.

Материалы и методы исследований

Механические дисковые БЗУ нашли широкое применение в различных отраслях промышленности для деталей формы тел вращения с явно выраженными асимметрией внешней формы и смещением центра масс как за рубежом, так и в нашей стране [6, 7]. А в связи с появлением деталей, имеющих неявную асимметрию по торцам, разработаны усовершенствованные конструкции БЗУ и для деталей, у которых координата центра масс находится практически в середине продольной оси симметрии, отношение диаметров противоположных торцов находится в диапазоне $0,6 \leq d_2/d_1 \leq 0,9$, а отношение длины и диаметра наибольшего из торцов составляет $1,5 \leq l/d_1 \leq 5$ [8]. Однако при ориентировании деталей с асимметрией по торцам, близких к равноразмерным, в существующих БЗУ наблюдается резкое снижение надежности, что обусловлено конструктивными особенностями их захватывающих и ориентирующих органов [9].

Для повышения надежности при загрузке рассматриваемого класса деталей была усовершенствована конструкция механического дискового БЗУ (рис. 1, а, б) [10].

При вращении диска детали, двигаясь по кольцевому пазу, западают в карманы. Правильно запавшие детали удерживаются в карманах и выдаются в приемник, а неправильно запавшие – под действием силы тяжести выпадают из карманов обратно в бункер. Криволинейный копир, установленный в верхней части бункера в неподвижном основании, позволяет надежно реализовать процесс ориентирования для близких к равноразмерным деталей одного диаметра, но различной высоты.

Разработаем конструктивные ограничения на параметры рабочих органов БЗУ для его надежного функционирования.

Ниже представлены выражения и конструктивные ограничения на параметры рабочих органов усовершенствованного БЗУ.

Ширина кармана определяется по выражению

$$f = d + \Delta t_{\max}, \quad (1)$$

где Δt_{\max} – зазор по шагу, который принимают равным $\Delta t_{\max} = (0,1-0,3)d$, что позволит обеспечить западание деталей с большой вероятностью.

На эффективность захвата влияет также шаг захватных органов t :

$$t = d + \Delta t_{\max} + \delta, \quad (2)$$

где δ – конструктивный размер рабочего диска, равный

$$\delta = \pi \cdot R \cdot \beta_u / 180^\circ,$$

где R – радиус диска; β_u – центральный угол.

Минимальный конструктивный размер равен $\delta = 0,07\pi R$.

Длина кармана

$$l_k = d + \Delta, \quad (3)$$

где Δ – зазор между карманом и деталью, $\Delta \leq 0,1d$.

Глубина кольцевого паза принимается из условия $H \leq 0,5d$, а ширина паза равна длине кармана $a = l_k$. Таким образом, в нижней части бункера глубина кармана будет равна $H_1 + h_k$, а в верхней части – h_k .

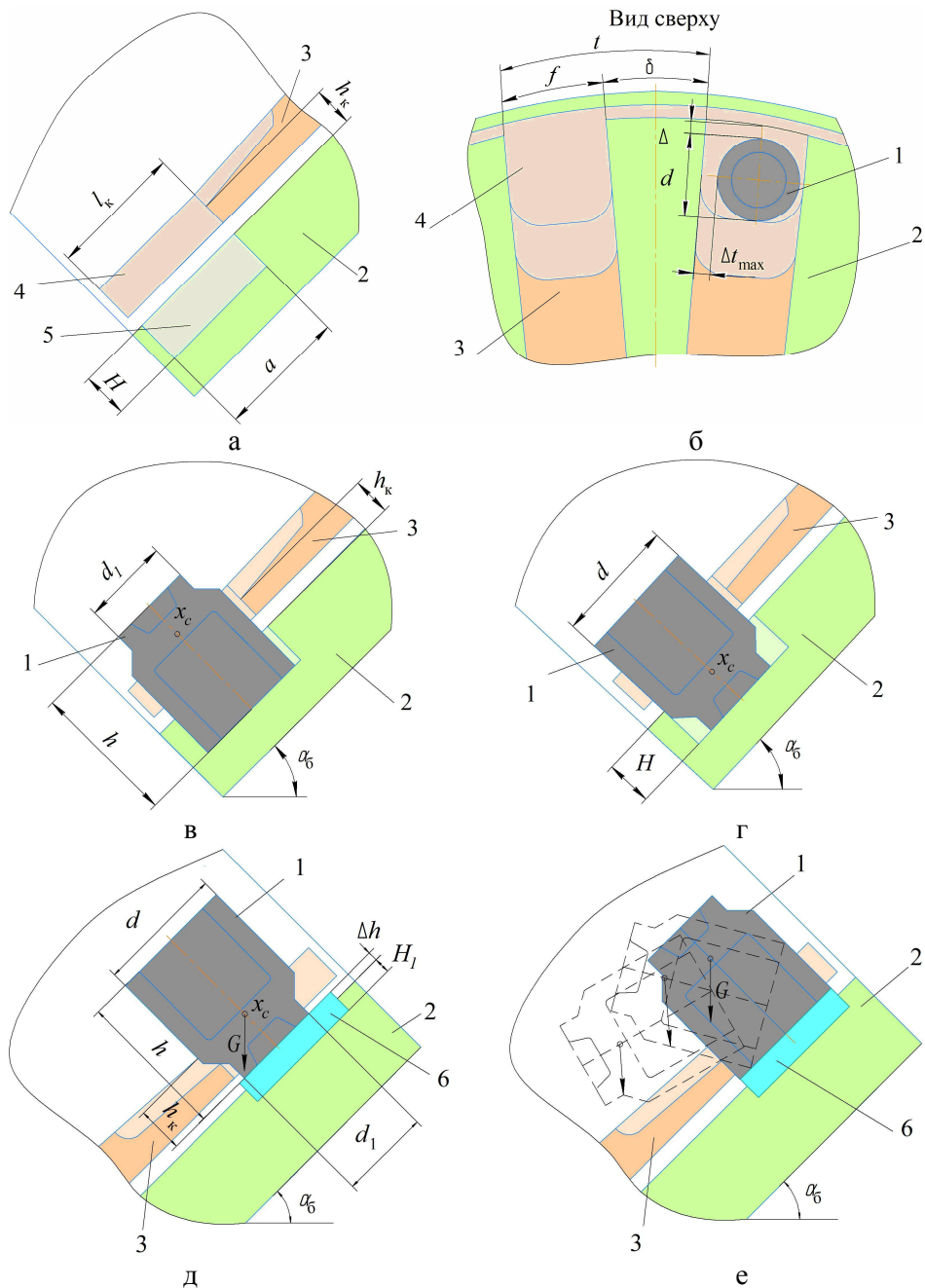


Рис. 1. Схемы совершенствованного бункерного загрузочного устройства для деталей, близких к равноразмерным с асимметрией по торцам: а – общий вид; б – вид сверху; в, г – в нижней части бункера БЗУ с запавшей в разных положениях деталью; д, е – в верхней части бункера БЗУ с запавшей деталью: 1 – деталь; 2 – основание; 3 – диск; 4 – карман; 5 – кольцевой паз; 6 – копир

Высота кармана для захвата деталей h_k^3 определяется по выражению

$$h_k^3 = x_c - \frac{d_1}{2} \cdot ctg(\alpha_6), \quad (4)$$

где d_1 – наименьший диаметр детали; α_6 – угол наклона бункера.

Высота кармана для ориентирования h_k^o :

$$h_k^o = h - x_c - \frac{d}{2} \cdot tg(\alpha_6). \quad (5)$$

Поэтому рабочая зона при формировании ограничительных параметров на высоту кармана h_k должна соответствовать условию

$$h_k^3 \leq h_k < h_k^o. \quad (6)$$

Соблюдение данного условия позволит реализовать процессы захвата и ориентирования деталей, а также обеспечить надежную работу конструкции БЗУ.

На рисунке 2 представлены графики зависимостей высоты карманов h_k в совершенствованном БЗУ.

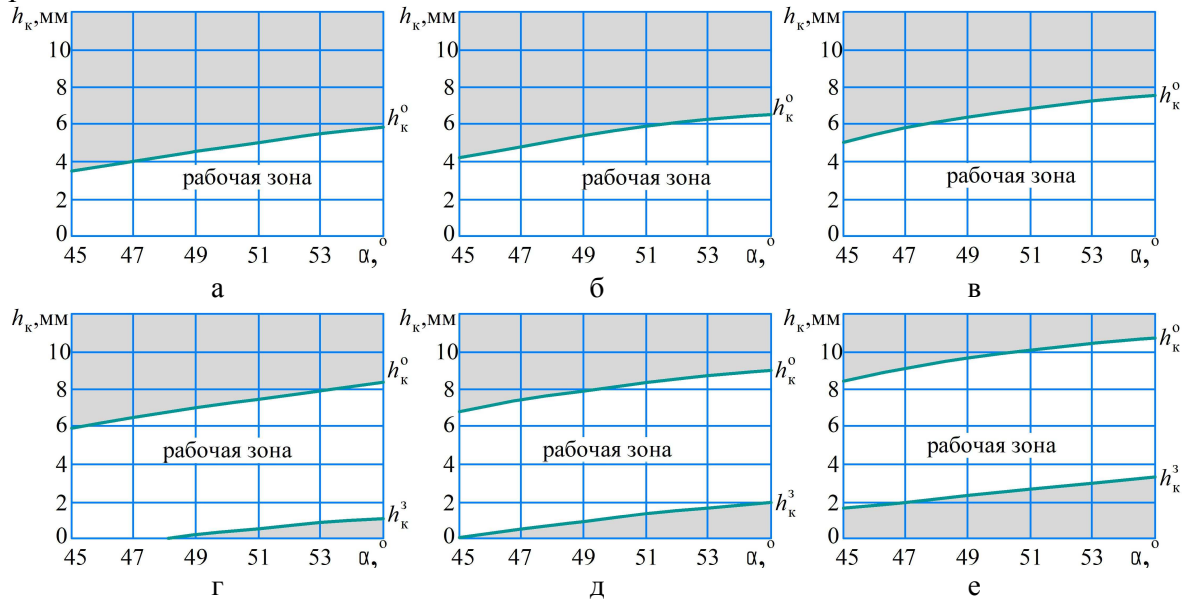


Рис. 2. Графики зависимостей высоты кармана h_k от угла наклона бункера α_δ при h/d : 0,9 (а); 1 (б); 1,1 (в); 1,2 (г); 1,35 (д) и 1,5 (е)

Графики представлены для деталей с соотношением размеров $0,9 \leq h/d \leq 1,1$ (рис. 2, а, б, в) и $1,2 \leq h/d \leq 1,5$ (рис. 2, г, д, е). Они позволят определить рабочую зону для реализации процессов захвата и ориентирования при наклоне бункера α_δ от 45° до 55° .

Выявлено, что для деталей с соотношением $0,9 \leq h/d \leq 1,1$ имеются конструктивные ограничения только по ориентированию, а для деталей с отношением $1,2 \leq h/d \leq 1,5$ – и по захвату и по ориентированию (табл. 1).

Табл. 1. Размер карманов для асимметричных деталей, близких к равноразмерным

Соотношение h/d	h_k^3		h_k^o		Рабочая зона h_k , мм
	45°	55°	45°	55°	
0,9	–	–	3,8	5,9	0 – 5,9
1,0	–	–	4,3	6,4	0 – 6,4
1,1	–	–	5,7	7,5	0 – 7,5
1,2	–	1	5,9	8,3	0 – 8,3
1,35	0	2	7	9	0 9
1,5	1,8	3,2	8,5	10,5	0 – 10,5

Высота копира равна

$$H_k = H_1 + \Delta h, \quad (7)$$

где Δh – конструктивный размер.

Поэтому выражения для определения высоты кармана (4) и (5) для реализации процесса захвата и ориентирования будут иметь вид

$$h_k^3 = x_c - \frac{d_1}{2} \cdot ctg(\alpha_\delta) + \Delta h, \quad (8)$$

$$h_k^o = h - x_c - \frac{d}{2} \cdot tg(\alpha_\delta) - \Delta h. \quad (9)$$

При проектировании совершенствованного БЗУ необходимо определить для различных деталей конструктивный размер Δh . В качестве примера анализ проводился графическим способом для двух типов деталей: I тип с соотношением размеров $0,9 \leq h/d \leq 1,1$ (см. рис. 3, а-в) и II тип с соотношением размеров $1,2 \leq h/d \leq 1,5$ (см. рис. 3, г-е) при наклоне бункера $\alpha_\phi = 45^\circ$. Линия 1 показывает функцию захвата, а линия 2 – функцию ориентирования.

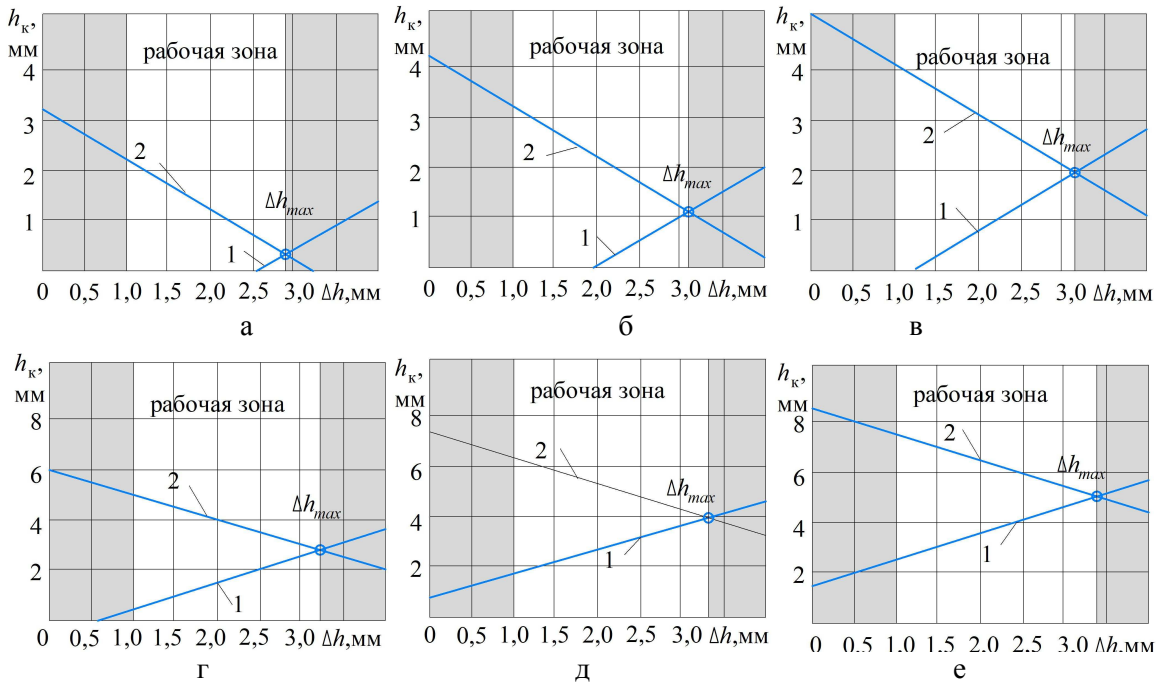


Рис. 3. Графики определения граничных значений конструктивного размера Δh при $h/d = 0,9$ (а); при $h/d = 1$ (б); при $h/d = 1,1$ (в); при $h/d = 1,2$ (г); при $h/d = 1,35$ (д); при $h/d = 1,5$ (е)

Анализ графического метода показывает, что при наклоне бункера $\alpha_\phi = 45^\circ$ для деталей с $h/d = 0,9$ Δh равен 2,7 мм, для деталей с $h/d = 1$ Δh равен 3,1 мм, для деталей с $h/d = 1,1$ Δh равен 3,2 мм, для деталей с $h/d = 1,2$ Δh равен 3,25 мм, для деталей с $h/d = 1,35$ Δh равен 3,3 мм, для деталей с $h/d = 1,5$ Δh равен 3,4 мм.

При объединении и преобразовании выражений (9) и (10) конструктивный размер Δh копера будет иметь вид

$$\Delta h = \frac{2d \cdot 2a - 4x_c - d \cdot 2tg(\alpha_\phi) + d_1 \cdot 2ctg(\alpha_\phi)}{4}, \quad (11)$$

где a – коэффициент, равный соотношению h/d .

Графики, приведенные на рисунке 4, позволяют определить конечную высоту кармана h_k БЗУ для деталей с различными соотношениями h/d и при углах наклона бункера α_ϕ .

Таким образом, с учетом конструктивного размера Δh высота кармана h_k в совершенствованном БЗУ для деталей $0,9 < h/d < 1,5$ при наклоне бункера $\alpha_\phi = 45^\circ$ изменяется от 0,3 мм до 5 мм, при наклоне бункера $\alpha_\phi = 50^\circ$ изменяется от 1,5 мм до 6 мм, при наклоне бункера $\alpha_\phi = 55^\circ$ изменяется от 2,3 мм до 7 мм.

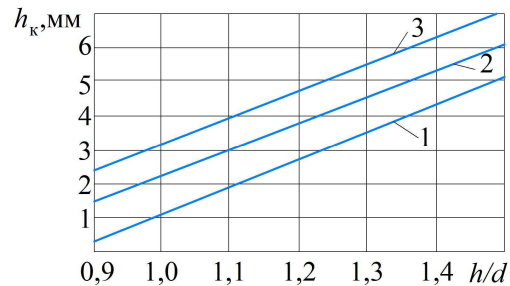


Рис. 4. График зависимости высоты кармана h_k от различных соотношений h/d при $\alpha_\phi = 45^\circ$ (1), $\alpha_\phi = 50^\circ$ (2), $\alpha_\phi = 55^\circ$ (3)

Заключение. Таким образом, представленные в статье новые технические решения и обоснованные конструктивные ограничения на органы захвата и ориентирования позволяют обеспечить надежное функционирование усовершенствованного БЗУ при загрузке различных типов близких к равноразмерным деталей с асимметрией по торцам.

Список литературы

1. Преис В.В. Надежность автоматических роторно-конвейерных линий для сборки многоэлементных изделий // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2003. – №10. – С. 17-22.
2. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / Под ред. И.А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
3. Преис В.В., Усенко Н.А., Давыдова Е.В. Автоматические загрузочно-ориентирующие устройства. Ч. 1. Механические бункерные загрузочные устройства. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – 125 с.
4. Ядыкин Е.А., Давыдова Е.В. Оценка перемежающихся отказов стационарных систем автоматической загрузки технологических роторных машин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 10. – С. 107-112.
5. Преис В.В. Технологичность штучных предметов обработки для автоматической загрузки в роторные и роторно-конвейерные линии // Теория, технология, оборудование и автоматизация обработки металлов давлением и резанием: сборник статей. Вып. 1. – Тула: Гриф и К°, 1999. – С. 208-214.
6. Boothroyd G. Assembly Automation and Product Design. Second Edition. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2005. – 536 p.
7. Преис В.Ф., Бляхеров И.С., Преис В.В., Усенко Н.А. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками / Под ред. В.Ф. Преиса. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
8. Пантюхина Е.В., Преис В.В., Хачатурян А.В. Механические дисковые бункерные загрузочные устройства для стержневых деталей с неявно выраженными ключами ориентации // Автоматизация и измерения в машино-приборостроении. – 2018. – № 3(3). – С. 16-25.
9. Дьякова Э.В. Автоматическая загрузка равноразмерных деталей формы тел вращения с двумя полостями // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2021. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2021. – С. 101-104.
10. Патент №216181 РФ. Бункерное загрузочно-ориентирующее устройство для объемных заготовок с асимметрией по торцам / Е.В. Пантюхина, Э.В. Дьякова. – Заявка №2022130598 от 23.11.2022; опубл. 20.01.2023, Бюл. № 2.

References

1. Preis V.V. Reliability of automatic rotary conveyor lines for assembly of multi-element products // Assembly in mechanical engineering, instrumentation. 2003, no. 10, pp. 17-22.
2. Automatic feeding of technological machines: Handbook / Edited by I.A. Klusov. – M.: Mechanical Engineering, 1990. – 400 p.
3. Automatic feeding-orienting devices. Part 1. Mechanical hopper feeding devices / V.V. Preis, N.A. Usenko, E.V. Davydova. – Tula: TulSU Publishing House, 2006. – 125 p.
4. Yadykin E.A., Davydova E.V. Evaluation of intermittent failures of stationary automatic feeding systems of technological rotary machines // News of Tula State University. Technical sciences. 2015, no. 10, pp. 107-112.
5. Preis V.V. Manufacturability of piece processing items for automatic feeding into rotary and rotary conveyor lines // Theory, technology, equipment and automation of metal processing by pressure and cutting: collection of articles. Issue 1. – Tula: Vulture and Co., 1999. – P. 208-214.
6. Boothroyd G. Assembly Automation and Product Design. Second Edition. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2005. – 536 p.
7. Preis V.F., Blyakherov I.S., Preis V.V., Usenko N.A. Automation of feeding presses with piece blank / Edited by V.F. Preis. – M.: Mechanical Engineering, 1975. – 280 p.
8. Pantyukhina E.V., Preis V.V., Khachaturian A.V. Mechanical disk hopper feeding devices for rod parts with implicit orientation keys // Automation and measurement in machine and instrument engineering. 2018, no. 3(3), pp. 16-25.
9. Diakova E.V. Automatic feeding of equal-sized parts of the shape of bodies of rotation with two cavities // Modern technologies in science and education – STNO-2021. – Ryazan: Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, 2021. – P. 101-104.
10. Patent No. 216181 RU. Hopper feeding-orienting device for volumetric workpieces with asymmetry at the ends / E.V. Pantyukhina, E.V. Diakova. – Appl. No. 2022130598 from 23.11.2022; publ. 20.01.2023, Bul. No. 2.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Дьякова Элеонора Владимировна – аспирант	Diakova Eleonora Vladimirovna – postgraduate student
Пантюхина Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент	Pantyukhina Elena Viktorovna – candidate of technical science, associate professor
eleonora.borovkova@yandex.ru	

Получена 08.06.2023