

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

TIMBER PROCESSING COMPLEX. TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL QUESTIONS

УДК 674.914:674.338

С. А. Гриневич¹, А. Ф. Аникеенко¹, А. Ю. Тишевич²

¹Белорусский государственный технологический университет

²ООО «Спецтехномаркет»

ДВИЖЕНИЕ ЗАГОТОВКИ В ЗАХВАТАХ КОГТЕВОЙ ЗАВЕСЫ

Данная публикация посвящена изучению вопросов эффективности действия завес из предохранительных упоров. Эти механизмы широко применяются в конструкциях деревообрабатывающего оборудования. Их основным назначением является захват обрабатываемого материала при его обратном выбросе. Наиболее актуально применение завес из предохранительных упоров в круглопильных станках для продольной распиловки древесины, так как сочетание высоких скоростей обработки и встречного направления резания существенно увеличивают риск обратного выброса материала или его частей и травмирования обслуживающего персонала.

Оценка эффективности работы завес из предохранительных упоров может быть проведена на основе анализа уравнения движения заготовки, перемещающейся при срабатывании устройства. Такое уравнение составлено с учетом сил, действующих на заготовку, а также параметров самих упоров. При этом авторами приняты некоторые допущения, связанные с недостаточной изученностью вопросов внедрения затупленного клина в древесину при его плоскопараллельном движении. По результатам решения уравнения построены графические зависимости перемещения заготовки в захватах, ее скорости, а также угла поворота упоров в зависимости от времени начала внедрения предохранительных упоров в древесину. Варьируя исходные параметры, можно оценить время останова заготовки и угол поворота упоров.

Ключевые слова: когтевая завеса, заготовка, выброс, движение, уравнение, анализ.

Для цитирования: Гриневич С. А., Аникеенко А. Ф., Тишевич А. Ю. Движение заготовки в захватах когтевой завесы // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 168–174.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-17.

S. A. Grinevich¹, A. F. Anikeenko¹, A. Yu. Tishevich²

¹Belarusian State Technological University

²Spetstekhnomarket Ltd.

WORKPIECE MOVEMENT IN THE ANTI-KICKBACK FINGERS CATCH

The work is devoted to the study of the effectiveness of anti-kickback fingers curtains. These mechanisms are widely used in the construction of woodworking equipment. Their main purpose is to capture the processed material when it is kickbacked. The most relevant is the usage of anti-kickback fingers in circular sawing machines for longitudinal sawing of wood, because of the combination of high processing speeds and cutting against the feed significantly increases the risk of reverse ejection of the material or its parts and injury to maintenance personnel.

Evaluation of the effectiveness of anti-kickback fingers curtains can be carried out based on the analysis of the equation of the workpiece moving when the device is activated. This equation was compiled taking into account the forces acting on the workpiece, as well as the parameters of the anti-kickback fingers themselves. At the same time, the authors made some assumptions related to the lack

of study of the issues of embedding a blunted wedge in the wood during its plane-parallel movement. Based on the results of solving the equation, graphical dependences of the movement of the workpiece in the catch, its speed, and the angle of rotation of the anti-kickback fingers are constructed depending on the time from the beginning of the intrusion of anti-kickback fingers into the wood. By varying the initial parameters, it is possible to estimate the time of the workpiece stop and the angle of rotation of the anti-kickback fingers.

Keywords: anti-kickback fingers, workpiece, kickback, movement, equation, analysis.

For citation: Grinevich S. A., Anikeenko A. F., Tishevich A. Yu. Workpiece movement in the anti-kickback fingers catch. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 2 (294), pp. 168–174 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-17.

Введение. Механическая обработка является неотъемлемой частью технологических процессов производства изделий из древесины и древесных материалов. Однако эксплуатация деревообрабатывающего оборудования сопряжена с риском для жизни и здоровья работающих. Особенно это относится к круглопильным станкам для продольной распиловки с ручной загрузкой, где возможность получения травмы и ее тяжесть наиболее высоки.

Высокая скорость резания и встречное направление вращения дисковых пил могут явиться причиной выброса обрабатываемой заготовки или ее фрагментов в сторону загрузки [1–4] и травмирования обслуживающего персонала.

Согласно Трудовому кодексу Республики Беларусь [5], наниматель обязан «принимать необходимые меры, обеспечивающие сохранение жизни, здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности». А в соответствии с постановлением [6] «при организации выполнения работ, связанных с обработкой древесины и производством изделий из дерева, работодатель обязан обеспечивать безопасность при эксплуатации деревообрабатывающего и иного производственного оборудования». Таким образом, наниматель должен не только проводить мероприятия организационного характера по охране труда, но и обеспечивать работающих безопасными средствами производства, в том числе это касается деревообрабатывающего оборудования. Поэтому дереворежущие станки, находящиеся в эксплуатирующей организации, должны обеспечивать безопасные условия труда, а риск травмирования при соблюдении требований и правил безопасной эксплуатации должен быть исключен. Причем наличие декларации ЕАЭС о соответствии оборудования ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [7], не освобождает нанимателя от соблюдения требований вышеуказанных ТНПА. Для исключения возможного вылета заготовки или ее частей в сторону загрузки круглопильные станки для продольной распиловки снабжаются завесами из противовыбрасывающих упоров разных конструкций [8]. Основные требования к их конструкции даны в

ГОСТ 12.2.026.0–93 «Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции» [9] и СТБ ЕН 1870-4–2006 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные» [10]. Также некоторые вопросы работоспособности когтевых завес были рассмотрены в работах [1, 4].

Следует отметить, что захват выброшенной заготовки не является гарантией безопасности. Имеется риск, что упоры, внедряясь в древесину, провернутся в сторону, противоположную подаче, и заготовка вылетит. Поэтому к когтевым завесам предъявляются дополнительные требования. Так, согласно требованиям [9], упоры когтевых завес не должны проворачиваться в направлении, обратном направлению подачи материала, а в источнике [10] указывается требование устанавливать механический упор, который ограничивает величину поворота упора свыше 85° .

Целью данной публикации является анализ движения заготовки при срабатывании предохранительных упоров для оценки их эффективности.

Основная часть. Рассмотрим движение заготовки, захваченной упорами когтевой завесы (рис. 1). Пусть при некотором угле α_0 происходит захват заготовки, т. е. начинается внедрение предохранительного упора длиной l в древесину.

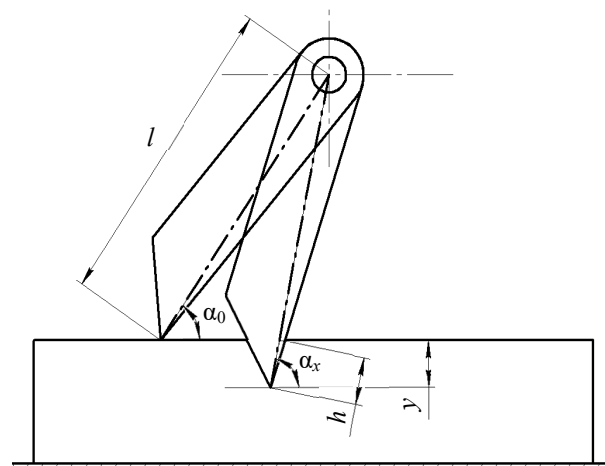


Рис. 1. Схема поворота упора

По мере движения заготовки происходит поворот упора и его дальнейшее внедрение в материал. При перемещении заготовки на некоторую величину x угол поворота упора станет α_x , а глубина его внедрения – h . Согласно [10], угол $\alpha = 55\text{--}85^\circ$. Очевидно, что координаты острия предохранительного упора могут быть выражены через угол его поворота:

$$x = l \cdot (\cos(\alpha_0) - \cos(\alpha_x)); \quad (1)$$

$$y = l \cdot (\sin(\alpha_x) - \sin(\alpha_0)). \quad (2)$$

Глубина внедрения упора в древесину

$$h = \frac{y}{\sin(\alpha_x)} \quad (3)$$

или с учетом уравнения (2)

$$h = \frac{l \cdot (\sin(\alpha_x) - \sin(\alpha_0))}{\sin(\alpha_x)}. \quad (4)$$

Рассмотрим силы, действующие на заготовку при ее захвате упорами (рис. 2).

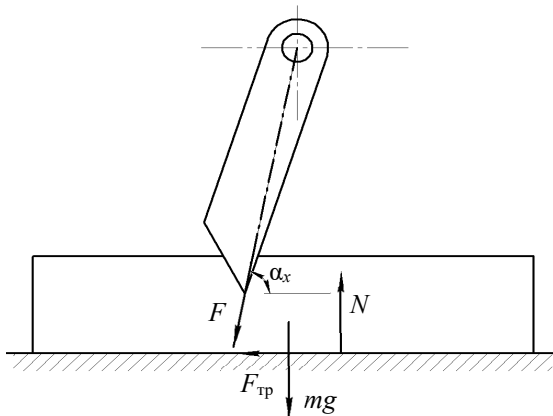


Рис. 2. Схема сил, действующих на заготовку

По мере поворота предохранительный упор будет все глубже внедряться в заготовку, воздействуя на нее силой F .

Вертикальная составляющая силы F , соответственно, будет возрастать и совместно с весом заготовки mg будет прижимать последнюю к базировочной поверхности.

Со стороны базировочной поверхности на заготовку будет действовать нормальная реакция N и сила трения $F_{тр}$. Горизонтальная составляющая силы F совместно с силой трения $F_{тр}$ будет препятствовать движению заготовки. Причем данная составляющая по мере поворота предохранительного упора будет уменьшаться.

Запишем уравнение движения заготовки при внедрении в нее предохранительного упора:

$$m \cdot \ddot{x} + F_{тр} + F \cdot \cos(\alpha_x) = 0, \quad (5)$$

где m – масса заготовки, кг.

По данным ряда исследователей [11–14], зависимость усилия внедрения клина в древесину от глубины внедрения близка к линейной. Однако процесс внедрения клиновой части предохранительного упора в материал имеет свои особенности. Во-первых, радиус округления режущей кромки клина режущего элемента в десятки раз меньше радиуса округления кромки клина предохранительного упора. Во-вторых, предохранительный упор относительно материала совершает сложное плоскопараллельное движение, состоящее из двух простых движений: внедрения и поворота. При внедрении обе торцевые поверхности, образующие клин, сминают древесину. При повороте же правая торцевая поверхность упора (рис. 2) освобождает смятую ею древесину, а левая – наоборот, еще более сминает оказавшийся под ней материал. Деформацию оси когтевой завесы [15, 16] и самого предохранительного упора можно считать линейно зависящей от приложенного усилия.

Введем допущения:

1) несмотря на указанные особенности взаимодействия предохранительного упора и материала, будем считать силу F линейно зависящей от глубины внедрения упора в древесину;

2) жесткость системы заготовка – предохранительный упор – ось в пределах рассматриваемых значений угла поворота является постоянной;

3) податливость системы предохранительный упор – ось пренебрежительно мала.

Тогда можно записать

$$F = c \cdot h, \quad (6)$$

где c – жесткость контакта заготовка – упор, Н/м.

С учетом полученного ранее выражения (4) можно записать

$$F = c \cdot \frac{l \cdot (\sin(\alpha_x) - \sin(\alpha_0))}{\sin(\alpha_x)} \quad (7)$$

или

$$F = c \cdot l \cdot \left(1 - \frac{\sin(\alpha_0)}{\sin(\alpha_x)} \right). \quad (8)$$

Сила трения скольжения заготовки по базировочной поверхности

$$F_{тр} = N \cdot f, \quad (9)$$

где f – коэффициент трения древесины по металлической базировочной поверхности.

Записав сумму проекций сил на вертикальную ось, получим

$$N = m \cdot g + F \cdot \sin(\alpha_x). \quad (10)$$

Тогда

$$F_{тр} = (m \cdot g + F \cdot \sin(\alpha_x)) \cdot f. \quad (11)$$

Перепишем уравнение движения заготовки (5) с учетом выражения (11).

$$m \cdot \ddot{x} + (m \cdot g + F \cdot \sin(\alpha_x)) \cdot f + F \cdot \cos(\alpha_x) = 0 \quad (12)$$

или

$$\ddot{x} + \frac{F}{m} (f \cdot \sin(\alpha_x) + \cos(\alpha_x)) = -g \cdot f. \quad (13)$$

Преобразовав уравнение (13) с учетом (8), окончательно получим

$$\ddot{x} + \frac{c}{m} \cdot l \cdot \left(1 - \frac{\sin(\alpha_0)}{\sin(\alpha_x)} \right) \times \\ \times (f \cdot \sin(\alpha_x) + \cos(\alpha_x)) = -g \cdot f. \quad (14)$$

Для решения полученного дифференциального уравнения был использован математический пакет MathCad. В результате решения для произвольно взятых начальных условий (масса заготовки $m = 5$ кг; жесткость системы заготовка – упор $c = 5 \cdot 10^4$ Н/м; коэффициент трения сталь – древесина $f = 0,4$; длина упора $l = 0,2$ м; начальный угол внедрения упора $\alpha_0 = 55^\circ$; скорость вылетающей заготовки $V = 60$ м/с) получены ниже следующие графические зависимости.

На рис. 3 представлена зависимость скорости движения заготовки от времени.

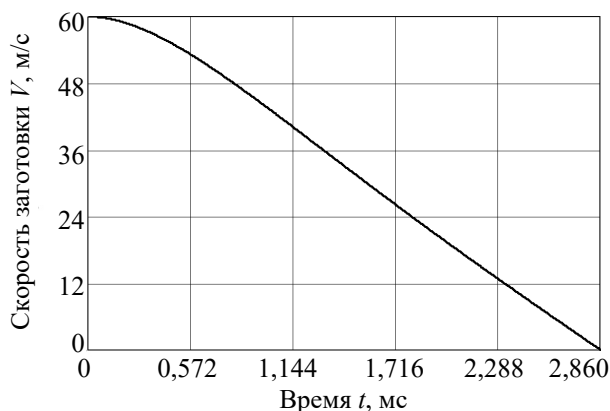


Рис. 3. График изменения скорости движения заготовки во времени

Как следует из графика, при заданных начальных условиях скорость заготовки упадет от 60 до 0 м/с за 2,86 мс. Зависимость скорости от времени имеет сложный характер. В первые моменты времени ($t < 0,60$ мс) скорость уменьшается незначительно по криволинейной зависимости, а затем – падает до нуля по зависимости, близкой к линейной, т. е. ускорение в этом периоде можно считать отрицательной постоянной.

На рис. 4 представлена зависимость перемещения заготовки от времени. В качестве начала координат принята точка начала внедрения упора в древесину, т. е. $x(0) = 0$.

Как следует из графика, до момента полной остановки заготовка переместится в захватах когтевой завесы на 97 мм. С каждым последующим промежутком времени приращение перемещения уменьшается, а при $t > 0,60$ мс зависимость становится практически параболической.

На рис. 5 представлен график угла поворота упора когтевой завесы от времени.

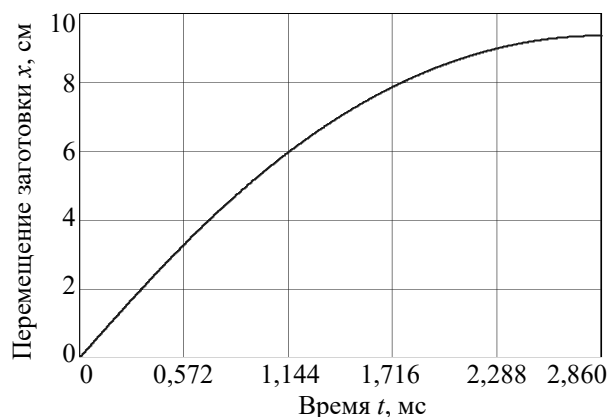


Рис. 4. График перемещения заготовки во времени

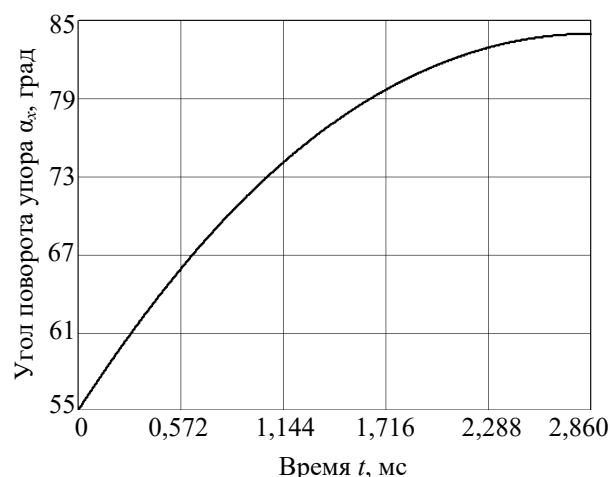


Рис. 5. Изменение угла поворота упора во времени

Из полученного графика следует, что до момента полной остановки заготовки предохранительный упор повернется на угол от 55 до 84°.

Заключение. В результате проведенных научных исследований получено уравнение движения заготовки, захваченной предохранительными упорами когтевой завесы. Установленные зависимости позволяют оценить время остановки материала, характер изменения скорости его движения, величину перемещения при срабатывании предохранительных упоров, а также угол их поворота.

Определено, что торможение заготовки носит сложный характер, т. е. в начале движения

скорость падает по криволинейной зависимости, а затем – линейно. В приведенном примере время торможения составило 2,86 мс, причем за первые 0,60 мс скорость упала примерно на 16%.

Кроме того, полученное уравнение позволяет оценить время торможения выброшенной заготовки в зависимости от ее массы, начальной скорости, а также длины предохранительных упоров когтевой завесы

Список литературы

1. Гриневич С. А., Гришкевич А. А., Волкович Д. С. К вопросу обеспечения безопасности при эксплуатации круглопильного оборудования // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. № 2. С. 325–329.
2. Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Расчет скорости обратного выброса заготовки // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 85-й науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 1–13 февр. 2021 г. Минск, 2021. С. 153–154.
3. Вихренко В. С., Гриневич С. А. Энергетические характеристики материала при его выбросе дереворежущим оборудованием // Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика: материалы всерос. науч.-практ. конф., Москва, 26 марта 2021 г. М., 2021. С. 136–139.
4. Гришкевич А. А., Гриневич С. А., Гаранин В. Н. К вопросу обеспечения безопасности при эксплуатации круглопильного оборудования // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы докл. 84-й науч.-техн. конф., посвящ. 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с междунар. участием), Минск, 3–14 февр. 2020 г. Минск, 2020. С. 152–153.
5. Трудовой кодекс Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 26.07.1999, № 296-З: в ред. от 08.07.2024, № 25-З // Нац. правовой интернет-портал. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk9900296> (дата обращения: 19.02.2025).
6. Правила по охране труда при ведении лесного хозяйства, обработке древесины и производстве изделий из дерева: постановление М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь и М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 30.03.2020, № 32/5. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/W22035383p_1590181200.pdf (дата обращения: 20.02.2025).
7. О безопасности машин и оборудования: TP TC 010/2011 // Евраз. экон. комис. URL: https://eesc.eaeunion.org/upload/medialibrary/536/P_823_1.pdf (дата обращения: 20.02.2025).
8. Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Обзор конструкций когтевых завес современных круглопильных деревообрабатывающих станков // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 87-й науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 1–13 февр. 2023 г. Минск, 2023. С. 135–138.
9. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции: ГОСТ 12.2.026.0–1993. Минск: Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1996. 46 с.
10. Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многополотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой: СТБ ЕН 1870-4–2006. Минск: Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2006. 36 с.
11. Коршунов А. И. Исследование процесса резания древесины различными инструментами перпендикулярно к направлению волокон: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.00.00. Л., 1955. 20 с.
12. Кононенко В. Г., Антсон А. А. Исследование инструмента для высокоскоростного силового безопиловочного резания древесины // Труды ЦНИИМЭ. 1969. Вып. 101. С. 3–11.
13. Курапцев Н. Ф. Теоретические и экспериментальные исследования работы режущих органов бесстружечного резания древесины: дис. ... канд. техн. наук: 05.00.00. М., 1971. 158 л.
14. Овчинников В. В. Оборудование бесстружечной разделки лесоматериалов. М.: Лесная пром-сть, 1990. 224 с.
15. Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Расчет жесткости осей когтевых завес // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 345–349.
16. Новоселов В. Г., Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Пути повышения жесткости завес предохранительных упоров в круглопильных станках // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы XVI Междунар. евраз. симпоз. Екатеринбург, 21–24 сент. 2021 г. Екатеринбург, 2021. С. 34–37.

References

1. Grinevich S. A., Grishkevich A. A., Volkovich D. S. On the issue of ensuring safety in the operation of circular saw equipment. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 2, pp. 325–329 (In Russian).

2. Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Calculation of the speed of the reverse ejection of the workpiece. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy 85-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forest Engineering, Materials Science and Design: materials of 85th scientific and technical conference of faculty, researches and postgraduate students with international participation (with international participation)]. Minsk, 2021, pp. 153–154 (In Russian).
3. Vihrenko V. S., Grinevich S. A. Energy characteristics of the material when ejected by wood-cutting equipment. *Novyye tekhnologii vysshey shkoly. Nauka, tekhnika, pedagogika: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [New technologies of higher education. Science, technology, pedagogy: materials of the all-Russian scientific and practical conference]. Moscow, 2021, pp. 136–139 (In Russian).
4. Grishkevich A. A., Grinevich S. A., Garanin V. N. On the issue of ensuring safety in the operation of circular saw equipment. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy dokladov 84-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letnemu yubileyu BGTU i Dnyu belorusskoy nauki (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forest Engineering, Materials Science and Design: materials of reports of the 84th scientific and technical conference dedicated to the 90th anniversary of BSTU and the Day of Belarusian Science (with international participation)]. Minsk, 2020, pp. 152–153 (In Russian).
5. The Labor Code of the Republic of Belarus: Law of the Republic of Belarus, 26.07.1999, no. 296-2. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk9900296> (accessed 19.02.2025) (In Russian).
6. Rules for labor protection in forestry, wood processing and production of wood products: resolution of the Ministry of Labor and Social Protection of Belarus and Ministry of Forest of the Republic of Belarus, 30.03.2020, no.32/5. Available at: https://pravo.by/upload/docs/op/W22035383p_1590181200.pdf (accessed 20.02.2025) (In Russian).
7. TR TS 010/2011. On the safety of machinery and equipment. Available at: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/536/P_823_1.pdf (accessed 20.02.2025) (In Russian).
8. Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Review of claw curtain designs for modern circular saw woodworking machines. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy 87-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forest Engineering, Materials Science and Design: materials of 87th scientific and technical conference of faculty, researches and postgraduate students with international participation (with international participation)]. Minsk, 2023. P. 135–138 (In Russian).
9. GOST 12.2.026.0–1993. Woodworking equipment. Safety requirements for the design. Minsk, State Committee for Standardization of the Republic of Belarus Publ., 1996. 46 p. (In Russian).
10. STB EN 1870-4–2006. Safety of woodworking machines. Circular saw machines. Part 4. Multiband machines for slitting with manual loading and/or unloading. Minsk, State Committee for Standardization of the Republic of Belarus Publ., 2006. 36 p. (In Russian).
11. Korshunov A. I. *Issledovaniye protsessa rezaniya drevesiny razlichnymi instrumentami perpendikulyarno k napravleniyu volokon. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Investigation of the process of cutting wood with various tools perpendicular to the direction of the fibers. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Leningrad, 1955. 20 p. (In Russian).
12. Kononenko V. G., Antson A. A. Research of a tool for high-speed power chipless wood cutting. *Trudy Tsentral'nogo nauchno-issledovatel'skogo i proyektno-konstruktorskogo instituta mekhanizatsii i energetiki lesnoy promyshlennosti* [Proceedings of Central Scientific Research and Design Institute of Mechanization and Energy of the Forest Industry], 1969, issue 101, pp. 3–11 (In Russian).
13. Kuraptsev N. F. *Teoreticheskiye i eksperimental'nyye issledovaniya raboty rezhushchikh organov besstruzhechnogo rezaniya drevesiny. Dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk* [Theoretical and experimental studies of the work of cutting organs for chipless cutting of wood. Dissertation PhD (Engineering)]. Moscow, 1971. 158 p. (In Russian).
14. Ovchinnikov V. V. *Oborudovaniye besstruzhechnoy razdelki lesomaterialov* [Chipless cutting equipment for timber]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990. 224 p. (In Russian).
15. Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Stiffness calculation of the claw curtains axes. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2, pp. 345–349 (In Russian).
16. Novoselov V. G., Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Ways to increase the rigidity of curtains of safety stops in circular sawing machines. *Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovaniye, menedzhment XXI veka: materialy XVI Mezhdunarodnogo yevraziyskogo simpoziuma* [Woodworking: technologies, equipment, management of the 21st century: proceedings of the XVI International Eurasian Symposium]. Yekaterinburg, 2021, pp. 34–37 (In Russian).

Информация об авторах

Гриневич Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: gres410a@ya.ru

Аникеенко Андрей Федорович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Тишевич Александр Юрьевич – магистр технических наук. ООО «Спецтехномаркет» (ул. Ботаническая, 5а, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 1270002@pferd.by

Information about the authors

Grinevich Sergey Anatol'yevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gres410a@ya.ru

Anikeenko Andrey Fedorovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Tishevich Aleksandr Yur'yevich – Master of Engineering. Spetstekhnomarket Ltd (5a Botanicheskaya str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 1270002@pferd.by

Поступила 12.03.2025