

7. Раповец В. В. Вычислительные эксперименты высокоскоростной лезвийной обработки древесины // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – № 2 (198). – С. 360–364.

УДК 674.914:674.338

С. А. Гриневич<sup>1</sup>, В. Г. Новоселов<sup>2</sup>, А. А. Гришкевич<sup>1</sup>  
(S. A. Grinevich<sup>1</sup>, V. G. Novoselov<sup>2</sup>, A. A. Grishkevich<sup>1</sup>)

<sup>1</sup>(БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@belstu.by

<sup>2</sup>(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) stanki-in@yandex.ru

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ЗАВЕС ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УПОРОВ В КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

### WAYS TO INCREASE THE RIGIDITY OF CURTAINS OF SAFETY STOPS IN CIRCULAR SAWING MACHINES

*Наиболее травмоопасным деревообрабатывающим оборудованием являются круглопильные станки для продольной распиловки. Для предотвращения обратного выброса заготовки в данных станках применяются когтевые завесы.*

*В работе приведены и проанализированы требования, предъявляемые к осям когтевых завес. На основании полученных данных определена жесткость конструкции, предложены варианты ее увеличения.*

*The most traumatic woodworking equipment is circular sawing machines for longitudinal sawing. To prevent the reverse ejection of the workpiece claw curtains are used in these machines.*

*The paper presents and analyzes the requirements for axes of claw curtains. On the basis of the obtained data the rigidity of the structure is determined, options for it increasing are proposed.*

Деревообрабатывающее оборудование имеет повышенную травмоопасность, поэтому при его эксплуатации обеспечение безопасности оператора является одной из важнейших задач. Решение данной задачи обеспечивается путем разработки и соблюдения специальных мер безопасности, обучением персонала безопасным приемам работы и проектированием специальных устройств, исключающих или снижающих вероятность возникновения опасных производственных факторов. Наиболее часто встречающимися причинами несчастных случаев на деревообрабатывающем оборудовании являются соприкосновение оператора с подвижными частями оборудования, в том числе и с режущим инструментом, а также обратный выброс режущим инструментом заготовки или ее фрагмента.

К наиболее травмоопасному оборудованию относятся круглопильные станки для продольной распиловки древесины. Данный тип оборудования характеризуется высокими скоростями резания и встречной подачей, что предопределяет высокую вероятность обратного выброса заготовки. Для защиты оператора и предотвращения вылета заготовки или его фрагментов из станка конструкцией оборудования предусматривается применение завес из подвижных предохранительных упоров (когтевых завес).

Основные требования к конструкции когтевых завес приведены в ГОСТ 12.2.026.0-2015 «Станки деревообрабатывающие. Требования безопасности к конструкции» [1].

При анализе конструкций завес из противовыбрасывающих упоров на круглопильных станках, на которых имели место несчастные случаи, связанные с обратным выбросом обрабатываемых заготовок, была выявлена деформация осей когтевых завес, а также деформация осей устройств, предотвращающих проворот предохранительных упоров в сторону противоположную направлению подачи. Очевидно, что сила удара выброшенного пилой фрагмента древесины была настолько велика, что произошла деформация вышеуказанных элементов. С одной стороны, это подтверждает высокую скорость выброса элементов обрабатываемого материала [2], а с другой – говорит о недоработках в конструкции механизма противовыбрасывающих упоров. Сам ГОСТ 12.2.026-2015 требований к прочности и жесткости конструкции когтевых завес не предъявляет.

Некоторые требования к осям когтевых завес приводятся в СТБ ЕН 1870-4-2006 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многопалочные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой» [3]. Данный нормативный документ входит в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [4]. Согласно ему, оси завес из подвижных предохранительных упоров должны изготавливаться из стали с минимальным пределом прочности на растяжение  $\sigma_p = 570 \text{ Н/мм}^2$ .

В явном виде требований к жесткости конструкции также не предъявляется, но приводится графическая зависимость для определения минимального диаметра осей когтевых завес (рис. 1).

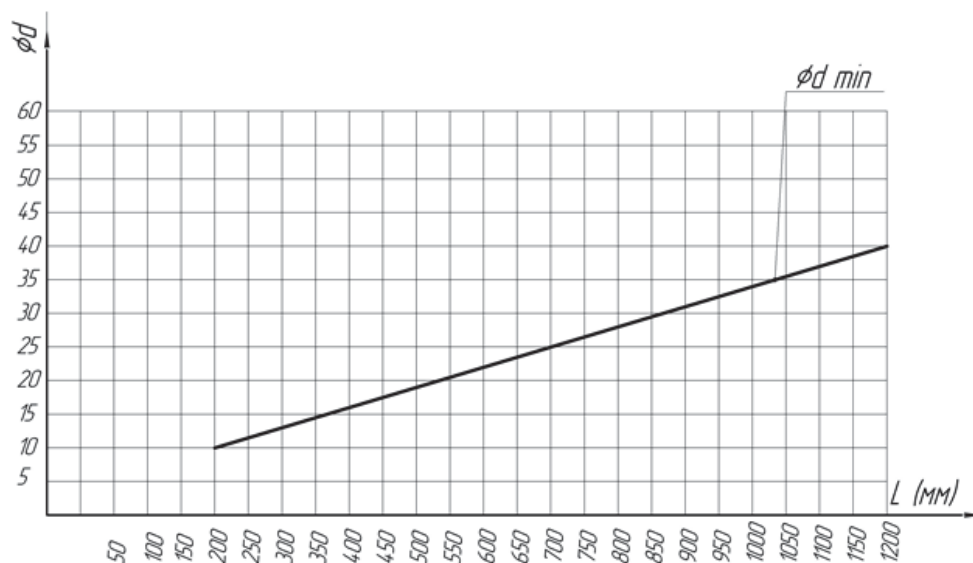


Рис. 1. Зависимость диаметра оси от расстояния между опорами

Определим жесткость исходя из данного графика. Для этого воспользуемся приведенной в СТБ ЕН 1870-4-2006 схемой (рис. 2).

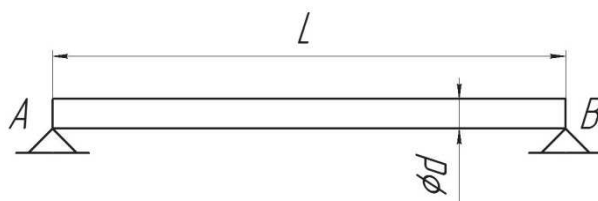


Рис. 2. Схема к определению минимального диаметра оси когтевой завесы

Расчет произведем исходя из самого неблагоприятного случая – сработал только один коготь в середине завесы, т.е. нагрузку считаем сосредоточенной силой  $F$ , приложенной в середине балки на двух шарнирных опорах. Вес самих предохранительных упоров не учитываем, так как ряд их геометрических параметров не нормирован и зависит от конструкции станка.

В этом случае прогиб оси может быть определен как [5]:

$$y = \frac{FL^3}{48EJ}, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль Юнга, Н/м<sup>2</sup>;  $J$  – момент инерции сечения, м<sup>4</sup>.

Для круглого сечения  $J$ , м<sup>4</sup>, найдем по формуле

$$J = \frac{\pi d^4}{64}. \quad (2)$$

С учетом (2) перепишем (1):

$$y = \frac{64FL^3}{48E\pi d^4}. \quad (3)$$

Жесткость определяется как

$$c = \frac{F}{y}. \quad (4)$$

Выразим ее из формулы (3)

$$c = \frac{48E\pi}{64} \frac{d^4}{L^3}. \quad (5)$$

Из полученной формулы очевидно, что зависимость  $d = f(L)$  не является линейной, а представленный на рис. 1 график, вероятно, является ее аппроксимацией. Подстановка значений из графика в выражение (5) при  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па дает переменное значение жесткости от  $c_{\min} = 482,3$  Н/мм при  $L = 400$  мм и  $d = 16$  мм до  $c_{\max} = 697,8$  Н/мм при  $L = 1200$  мм и  $d = 40$  мм.

Очевидными вариантами повышения жесткости когтевой завесы, согласно выражению (5), являются увеличение диаметра оси  $d$  и сокращение  $L$  до минимально возможного значения, допускаемого конструкцией станка.

Другим вариантом повышения жесткости является изменение способа крепления осей когтевых завес, в частности замена одной (рис. 3, *a*) или обеих (рис. 3, *б*) опор жесткими заделками.

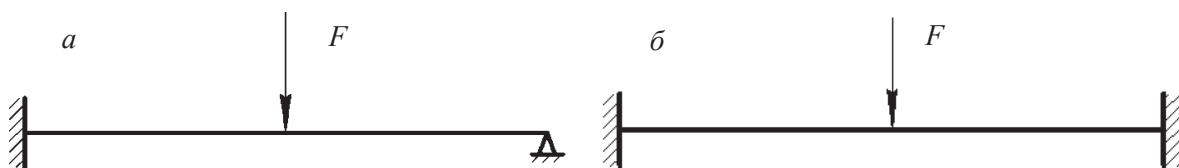


Рис. 3. Схемы крепления осей, обеспечивающие повышение жесткости: *a* – с жесткой заделкой с одной стороны; *б* – с жесткой заделкой с двух сторон

Технически опора оси, приводимая к жесткой заделке, может быть реализована разными способами. Один из вариантов предложен на рис. 4.

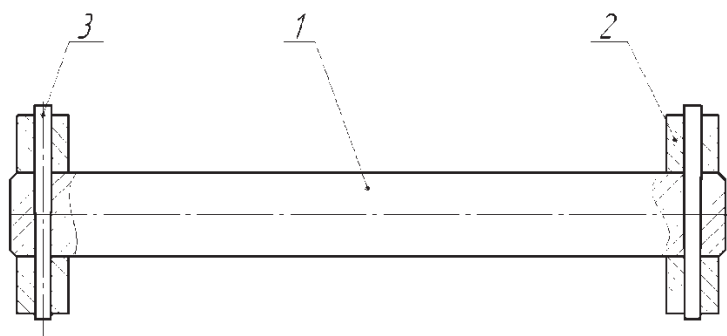


Рис. 4. Схема с жесткой фиксацией оси:  
1 – ось; 2 – опора; 3 – штифт

Ось 1 с натягом установлена в опоры 2 и зафиксирована штифтами 3. Прогиб оси по схеме рис. 3, а может быть найден как [5]

$$y = \frac{7FL^3}{768EJ}. \quad (6)$$

Величина  $y$  в данном случае приблизительно в 2,3 раза меньше, чем найденная по формуле (1).

Прогиб оси по схеме рис. 3, б может быть найден как [5]

$$y = \frac{FL^3}{192EJ}. \quad (7)$$

Величина  $y$  в этом случае в 4 раза меньше, чем найденная по формуле (1), и в 1,75 раза меньше, чем по формуле (6).

**Заключение.** Существующие рекомендации, приведенные в ТНПА, не совершенны, так как не учитывают многих факторов, влияющих на эффективность работы завес предохранительных упоров. Из приведенного материала очевидно, что необходимы дополнительные экспериментальные и теоретические исследования, направленные на определение нагрузок и условий срабатывания когтевых завес, а также совершенствование конструкций последних в направлении увеличения их жесткости.

### Библиографический список

1. ГОСТ 12.2.026.0-2015. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции. – Введ. 2017-01-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 34 с.
2. Вихренко В. С., Гриневич С. А. Новые технологии высшей школы // Наука, техника, педагогика : матер. Всерос. науч.-практ. конф. – М., 2021. – С. 136–139.
3. СТБ ЕН 1870-4-2006. Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многополотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой. – Введ. 2017-01-01. – Минск : Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2006. – 36 с.
4. О безопасности машин и оборудования: ТР ТС 010/2011: принят 18.10.2011 : вступ. в силу 15.02.2013 / Евраз. экон. комис. – 36 с. – URL: <http://www.docs.cntd.ru>
5. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1988. – 736 с.