

УДК 621.935

***Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, А.А. Банников***

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 200 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.



Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования лесного комплекса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



Банников Анатолий Анатольевич родился в 1971 г., окончил в 1996 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета. Имеет 5 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР**

Рассмотрены пути совершенствования ленточнопильных станков за счет установки аэростатических опор; показана эффективность данного направления.

*Ключевые слова:* ленточнопильный станок, аэростатические опоры, направляющие.

Широкое применение ленточнопильных станков в промышленности сдерживается малой точностью пиления при больших скоростях подачи и недостаточной долговечностью пил. Большие габариты и металлоемкость ленточнопильных станков затрудняют создание на их основе гибких автоматизированных лесопильных линий (ГАЛЛ).

Точность пиления зависит от сил, действующих на пилу в процессе пиления, и способности пилы противодействовать этим силам. Следовательно, необходимо выполнить мероприятия, направленные на повышение

жесткости и устойчивости пил и снижение сил сопротивления резанию [3], действующих на пилу.

Для повышения жесткости и устойчивости ленточной пилы применяют направляющие, которые уменьшают свободную длину пилы  $l$  в плоскости ее наименьшей жесткости. Направляющие могут быть двухсторонние (удерживающие), установленные с зазором  $\delta$  с двух сторон пилы (рис. 1, *a*), или односторонние (неудерживающие) контактные, отклоняющие пилу на определенную величину (рис. 1, *б*). Двухсторонние направляющие просты по конструкции и для их изготовления не требуются теплоустойчивые и износостойкие материалы. Однако при установке направляющих с зазором устойчивость пил не меняется, а жесткость возрастает незначительно. Направляющие такого типа выполняют в основном роль ограничителей предельных отклонений пилы.

Более эффективны односторонние отжимные направляющие. Они уменьшают свободную длину пилы  $l$  в плоскости наименьшей жесткости и за счет этого увеличивают ее жесткость и устойчивость, повышают точность

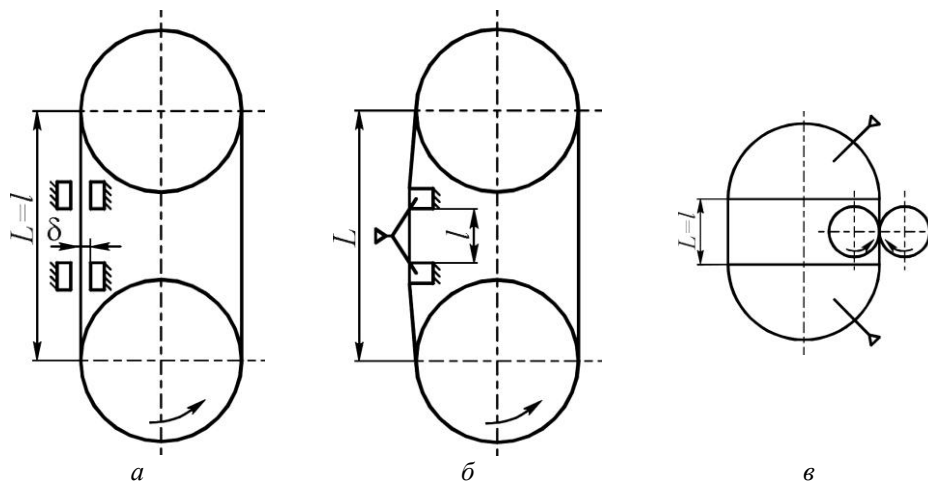


Рис. 1. Принципиальные схемы ленточнопильных станков: *a* – традиционная конструкция (с ограничителями предельных отклонений пилы); *б* – с отжимными аэростатическими направляющими; *в* – с криволинейными аэростатическими опорами

движения пилы в зоне резания, устраняют колебания пилы. Такой тип направляющих находит все большее применение в ленточнопильных станках.

Можно значительно снизить трение пилы о направляющие, если их рабочие поверхности выполнить в виде аэростатических опор. Достоинства отжимных аэростатических направляющих состоят в том, что максимально снижается трение пилы о направляющие, происходит охлаждение пилы воздухом, отсутствует износ направляющих, не требуются дорогие теплоустойчивые и износостойкие материалы.

В работе [6] выполнены теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил. Расчеты начальной жесткости показали, что установка отжимных направляющих в 4 раза повышает жесткость ленточной пилы по сравнению со случаем, когда направляющие отсутствуют. Если вместо отжимных направляющих использовать двухсторонние направляющие, установленные с зазором 0,3 мм, жесткость ленточной пилы снижается в 2 раза [3].

Устойчивость пилы характеризуется величиной критической силы  $P_{кр}$ . Выполненные расчеты критической силы по формулам, приведенным в работе [4], показывают, что установка отжимных направляющих позволяет повысить устойчивость пилы на 39 ... 44 %.

Для дальнейшего повышения устойчивости пилы необходимо вести работы по уменьшению свободной длины пилы в плоскости наибольшей жесткости  $L$ . Это может быть достигнуто при использовании ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим\* [3]. У станка такого типа свободная длина пилы  $l$  уменьшается в 4–6 раз и значительно повышается ее устойчивость.

На рис. 1, в приведена принципиальная схема ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим опорам, а на рис. 2 – общий вид ленточнопильного станка нового типа.

Созданы опытные образцы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими [3, 5]. Испытания их подтвердили перспективность выбранного направления совершенствования ленточнопильных станков. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим, относится к ресурсосберегающему лесопильному оборудованию, так как при его использовании повышается объемный выход пиломатериалов на 1 ... 3 %, снижаются энергозатраты на 10 ... 15 %, уменьшаются габариты и металлоемкость оборудования на 30 ... 50 %, повышается долговечность пил в 15–20 раз, открывается возможность использовать ленточные пилы с твердым сплавом, упрощается технология изготовления станка, устраняется такой источник шума, как пильные шкивы.

---

\* Конструкция ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим, предложена, научно обоснована и технически проработана проф. Г.Ф. Прокофьевым.

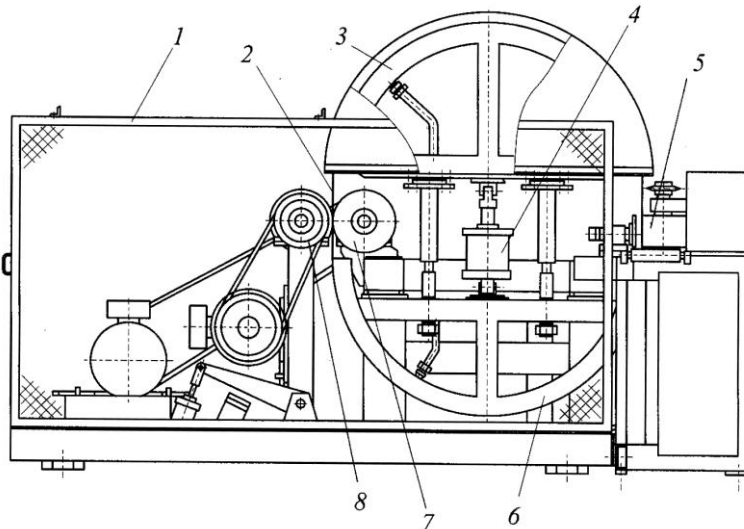


Рис. 2. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим: 1 – ограждение; 2 – пила; 3, 6 – верхняя и нижняя криволинейные аэростатические направляющие; 4 – механизм натяжения пилы; 5 – механизм подачи; 7, 8 – приводные фрикционные колеса

Высокая долговечность пил ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими обеспечивается: за счет увеличения радиуса криволинейных направляющих (уменьшения напряжения изгиба), при этом свободная длина  $L$  остается постоянной; за счет уменьшения силы натяжения пилы, так как имеется большой резерв по устойчивости из-за сокращения свободной длины пилы  $L$  в несколько раз; за счет исключения инерционности и биения шкивов. Расчеты долговечности ленточных пил ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими и их проверка приведены в работе [2].

Боковая составляющая силы резания зависит от силы резания, а также от точности подготовки, установки, движения пилы и точности подачи распиливаемого материала. Точность движения пил зависит от того, насколько точно изготовлен и выверен узел резания. Установка отжимных аэростатических направляющих для пил позволяет повысить точность движения пил.

Большое влияние на точность подачи оказывает конструкция механизма подачи. В делительных ленточнопильных станках наибольшую точность подачи можно достичь при использовании механизма подачи с приводной подающей лентой, движущейся по направляющей линейке, рабочая поверхность которой выполнена в виде аэростатической опоры [1]. Схема механизма подачи приведена на рис. 3. Применение предложенной конструкции обеспечивает надежную и точную подачу обрабатываемого материала.

Значительно повысить эффективность лесопильного производства можно при создании ГАЛЛ на базе ленточнопильных станков. С помощью

этих линий решаются вопросы не только получения пиломатериалов высокого качества при минимальном расходе пиловочного сырья и энергии, но упрощаются и удешевляются работы на складах сырья и пиломатериалов.

ГАЛЛ представляет сложную систему лесопильного и фрезерного оборудования, состоящего из модулей с устройствами их позиционирования; вспомогательного технологического оборудования; устройств для определения размерно-качественных характеристик поступающего сырья, ориентирования и подачи его к обрабатывающему оборудованию; автоматизированных систем оценки качества получаемых пиломатериалов и систем управления элементами линии.

Для быстрого позиционирования ленточных модулей в зависимо-

раскроя сырья, определяемой его размерно-качественными характеристиками, могут быть использованы аэростатические опоры. Схема многопильного ленточнопильного станка приведена на рис. 4.

Сжатый воздух подводится от компрессора к рабочим поверхностям ползунков ленточнопильного модуля, образуя аэростатические опоры. Минимальное трение ползунков о направляющие позволяет значительно снизить

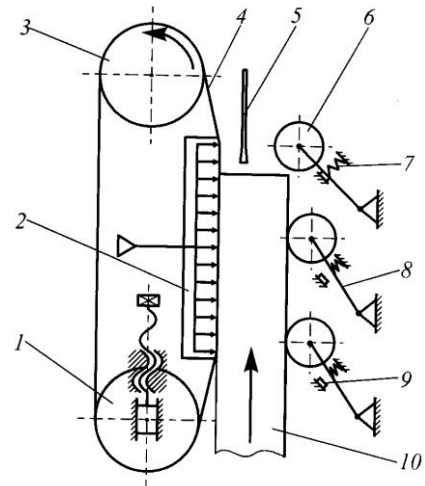


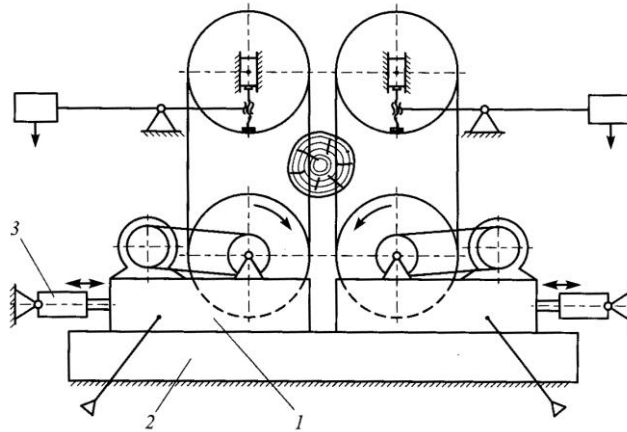
Рис. 3. Механизм подачи делительного ленточнопильного станка:

1, 3 – ведомый и ведущий шкивы; 2 – направляющая линейка, рабочая поверхность которой выполнена в виде аэростатической опоры; 4 – приводная подающая лента; 5 – пила; 6 – прижимные ролики; 7 – пружины; 8 – стойки; 9 – упоры; 10 – распиливаемый материал

и точного позиционирования ленточнопильных

станков от схемы

Рис. 4. Схема многопильного ленточнопильного станка с однопильными модулями, позиционируемыми по аэростатическим направляющим: 1 – ленточнопильный модуль с ползунами, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор; 2 – станина ленточнопильного станка с направляющими ползуну модулей; 3 – позиционер



6\* энергозатраты на перемещение ленточнопильного модуля и повысить точность позиционирования.

Для выбора рациональной конструкции аэростатических опор выполнены теоретические и экспериментальные исследования. Результаты исследований и рекомендации по использованию аэростатических опор в технике приведены в работе [5].

#### Выводы

1. Применение отжимных направляющих для ленточных пил позволяет в несколько раз повысить жесткость пил и частично повысить их устойчивость. Рабочие поверхности направляющих целесообразно выполнить в виде аэростатических опор. Это является важным направлением модернизации действующих ленточнопильных станков.

2. При использовании ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими можно достичь наибольшего эффекта в повышении долговечности, жесткости и устойчивости пил. Это перспективное направление создания ленточнопильных станков нового типа.

3. С целью повышения точности подачи распиливаемого материала в делительном ленточнопильном станке целесообразно использовать механизм подачи с подающей лентой, движущейся по аэростатической направляющей линейке.

4. Для снижения энергозатрат и повышения точности позиционирования ленточнопильных модулей в гибких автоматизированных лесопильных линиях в кинематической паре ползун–направляющая целесообразно использовать аэростатические опоры.

5. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования аэростатических опор могут быть использованы при совершенствовании ленточнопильных станков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2141397 РФ, МКИ В 27 В 25/04, 25/00, 27/10. Механизм подачи деревообрабатывающего станка / Г.Ф. Прокофьев, А.А. Банников, Н.И. Дундин. – Оpubл. 20.11.99, Бюл. № 32. – 3 с.
2. Прокофьев Г.Ф. Долговечность пилы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими / Г.Ф. Прокофьев // Деревообработ. пром-сть. – 1991. – № 5. – С. 8–10.
3. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 240 с.
4. Прокофьев Г.Ф. Исследование устойчивости пилы ленточнопильного станка с отжимными контактными направляющими / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, А.А. Банников // Лесн. журн. – 2002. – № 5. – С. 59–67. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Прокофьев Г.Ф. Применение опор с газовой смазкой в технике: учеб. пособие. / Г.Ф. Прокофьев, Н.И. Дундин, И.И. Иванкин. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 65 с.
6. Прокофьев Г.Ф. Теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. – Вып. 3. – 1997. – С. 20–24.
7. Прокофьев Г.Ф. Точность пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев // Лесн. журн. – 1996. – № 6. – С. 74–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 13.09.05

*G.F. Prokofjev, I.I. Ivankin, A.A. Bannikov*

### **Upgrading of Contour Band Saws by Using Aerostatic Bearings**

The ways of upgrading contour band saws by using aerostatic bearings are considered. The efficiency of this development is demonstrated.

