

## Адаптивная заточка дереворежущих пил

А.А. Воробьев<sup>а</sup>, Ю.В. Егоров<sup>б</sup>, Н.В. Кравченко<sup>с</sup>, Л.А. Очирова<sup>д</sup>, В.К. Косарев<sup>е</sup>

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва,  
пр. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, Россия

<sup>а</sup> vorobjevaa@sibsau.ru, <sup>б</sup> egorovuv@sibsau.ru, <sup>с</sup> kravchenkonv@sibsau.ru, <sup>д</sup> ochirovala@sibsau.ru, <sup>е</sup> kosarevkv@sibsau.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7375-0230>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0009-0000-7210-6363>, <sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8209-890X>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2515-2513>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0009-0006-5644-7284>

Статья поступила 01.10.2024, принята 11.11.2024

*В статье рассматриваются способы заточки и оборудование, применяемое для заточки многолезвийного дереворежущего инструмента (круглых, рамных и ленточных пил). Авторами, после анализа традиционных способов и схем, используемых для заточки дереворежущих пил, на основании полученного патента на полезную модель станка для адаптивной заточки, предлагается новый прогрессивный способ адаптивной заточки инструмента. По мнению авторов, повышение качества и производительности заточки дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил с увеличением ресурса работы инструмента может быть достигнуто на четырехкоординатном станке с ЧПУ с интегрированным программным обеспечением, оснащенном цифровым оптическим датчиком для бесконтактных измерений линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев затачиваемой пилы. При адаптивной заточке дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил в начале и в конце процесса производится автоматическое бесконтактное измерение линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пилы с последующими: оценкой текущего состояния всех зубьев пилы; расчетом оптимальных с точки зрения ресурса инструмента по переточкам параметров геометрии зубьев пилы; назначением рационального припуска на переточку зубьев пилы. Непосредственная заточка пил выполняется в автоматическом режиме в соответствии с требованиями типовых руководящих технических материалов и режимов подготовки пил каждого типа. Доступно выполнение оценки качества заточки зубьев пилы по параметрам макро- и микрогеометрии индивидуально по каждому зубу пилы. Применение адаптивной заточки расширяет технологические возможности для подготовки и эксплуатации нестандартных дереворежущих пил, например дисковых пил типа Hannibal и др., при этом к опыту работы и квалификации заточника, а также наличию специального разнообразного и дорогостоящего контрольно-измерительного инструмента и оснастки предъявляются менее существенные требования.*

**Ключевые слова:** дереворежущий инструмент; адаптивная заточка; заточка пил; станок для адаптивной заточки; многолезвийный инструмент; лезвие; пила круглая; пила рамная; пила ленточная.

## Adaptive sharpening of wood cutting saws

A.A. Vorobjev<sup>а</sup>, Yu.V. Egorov<sup>б</sup>, N.V. Kravchenko<sup>с</sup>, L.A. Ochirova<sup>д</sup>, V.K. Kosarev<sup>е</sup>

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarskii Rabochii Ave., Krasnoyarsk, Russia

<sup>а</sup> vorobjevaa@sibsau.ru, <sup>б</sup> egorovuv@sibsau.ru, <sup>с</sup> kravchenkonv@sibsau.ru, <sup>д</sup> ochirovala@sibsau.ru, <sup>е</sup> kosarevkv@sibsau.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7375-0230>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0009-0000-7210-6363>, <sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8209-890X>,

<sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2515-2513>, <sup>е</sup> <https://orcid.org/0009-0006-5644-7284>

Received 01.10.2024, accepted 11.11.2024

*The article discusses the methods of sharpening and the equipment used for sharpening multi-blade woodworking tools (round, frame and band saws). After analyzing the traditional methods and schemes used for sharpening wood-cutting saws, on the basis of a patent for a utility model of a machine for adaptive sharpening, a new progressive method for adaptive tool sharpening is proposed. According to the authors, improving the quality and productivity of sharpening wood-cutting circular, frame and band saws with an increase in tool life can be achieved on a 4-coordinate CNC machine with integrated software equipped with a digital optical sensor for non-contact measurements of linear and angular parameters of the toothed crown and tooth blades of the sharpened saw. With adaptive sharpening of wood-cutting circular, frame and band saws, at the beginning and at the end of the process, automatic non-contact measurement of linear and angular parameters of the toothed crown and saw tooth blades is performed, followed by: assessment of the current condition of all saw teeth; calculation of the optimal parameters of the geometry of the saw teeth from the point of view of tool life; assignment of a rational allowance for the teeth saws. The direct sharpening of saws is performed automatically in accordance with the requirements of standard technical guidance materials and preparation modes of saws of each type. It is available to evaluate the quality of sharpening saw teeth according to the parameters of macro- and microgeometry individually for each saw tooth. The use of adaptive sharpening expands the technological possibilities for the preparation and operation of non-standard woodworking saws, for example, circular saws such as Hannibal, etc., while less significant requirements are imposed on the work experience and qualifications of the sharpener, as well as the availability of special, diverse and expensive control and measuring tools and equipment.*

**Keywords:** woodworking tools; adaptive sharpening; saw sharpening; machine for adaptive sharpening; multi-blade tool; blade; circular saw; frame saw; band saw.

**Введение.** Восстановление режущей способности лезвий и обеспечение нормативных линейных и угловых параметров дереворежущего инструмента осуществляются в процессе его заточки с применением абразивного инструмента на заточных станках в ручном режиме, станках-полуавтоматах и станках с числовым программным управлением (ЧПУ) различных конструкций [1–3].

Качество заточки лезвийного дереворежущего инструмента, контролируемое путем осмотра и измерений линейных и геометрических параметров лезвий, напрямую влияет на производительность и энергетические показатели процесса резания, качество обработки заготовок и ресурс технологического оборудования. При этом разнообразие конструкций станочного многолезвийного дереворежущего инструмента подразумевает применение при заточке круглых, рамных и ленточных пил различных схем, технологий, приспособлений, режимов заточки и заточных станков различной сложности [1–13].

Ниже рассмотрено распространенное заточное оборудование, которое используется для заточки дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил, и описаны особенности и недостатки способов заточки на конкретных моделях станков.

*Заточка рамных пил длиной до 1 950 мм и шириной до 220 мм, ленточных пил длиной 9 000 мм и шириной 260 мм, а также круглых и дисковых пил диаметром до 1 250 мм на станке модели ТчПА-7 [14].* Заточка выполняется в полуавтоматическом режиме с ручной регулировкой шлифовального круга на врезание для контроля глубины заточки зуба пилы. Способ заточки реализуется установкой затачиваемого инструмента в специальном приспособлении на столе станка, который регулируют вручную по высоте затачиваемой пилы. Для ленточных пил, сваренных в кольцо, применяют специальное поддерживающее приспособление. Круглые и дисковые пилы устанавливаются на валу приспособления, расположенного на столе станка. Обеспечение синхронизации перемещения или поворота затачиваемой пилы с опусканием и подъемом механизма резания с заточным кругом обеспечивает кулачковый механизм, настраиваемый под величину шага зуба затачиваемой пилы.

Недостатками реализуемого в станке способа заточки инструмента являются сложность конструкции станка, оснащенного приспособлениями, трудоемкость выполнения ручной настройки, невозможность учета при заточке неравномерности износа зубьев пилы.

*Заточка ленточных пил длиной до 12 000 мм и шириной до 300 мм на станке с ЧПУ модели АВМ РНК CNC MAX [15].* Станок, имеющий четырехосевую систему ЧПУ, оснащен приспособлениями для заточки дисковых и рамных пил, снабжен устройством автоматической коррекции заточного круга и устройством для его правки, оснащен интегрированным программным обеспечением АВМ DrawWorks и базой данных профилей зубьев ленточных пил. Для перемещения ленточной пилы в процессе заточки используется толкатель.

К недостаткам заточки ленточных пил на данном станке относятся высокая стоимость, необходимость применения для измерений угловых и линейных параметров зубьев пилы специальных измерительных инструментов, невозможность учета при заточке неравномерности износа зубьев пилы, если она ранее была переточена в процессе эксплуатации.

*Заточка круглых и дисковых пил, оснащенных пластинками износостойкого материала, в том числе с увеличенным диаметром — до 650 мм, на станке с ЧПУ фирмы Vollmer [16].* Станок оснащен четырехосевой системой ЧПУ и интегрированным программным обеспечением, прост в управлении и обслуживании. При создании программ обработки необходимо внести в память электронного устройства минимальный объем данных. Все параметры инструмента обозначены графическими символами на дисплее. Для заточки необходимо указать начальную точку контакта заточного круга с затачиваемым зубом пилы, произвести измерения линейных и угловых параметров затачиваемого зуба пилы или выбрать его из имеющейся базы инструмента в системе ЧПУ.

К недостаткам заточки пил на данном станке относятся высокая стоимость, ручной ввод значений угловых параметров зуба пилы, невозможность корректировки процесса при наличии неравномерностей износа зубьев пилы вследствие длительной эксплуатации.

Анализ способов, схем и применяемого для заточки дереворежущих пил оборудования позволил выявить следующие проблемы:

1. Трудоемкость процесса инструментального определения линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пил;
2. Трудоемкость количественной оценки качества результатов заточки зубьев пил;
3. Невозможность учета неравномерностей линейных (шаг зуба  $t_z$ , высота зуба  $h_z$ ) и угловых (угол заточки  $\beta$ , угол косой боковой заточки  $\epsilon$ ) параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пилы, возникающих при эксплуатации инструмента вследствие переточек, что негативно сказывается на ресурсе пил за счет назначения завышенного припуска на переточку.

Возникла идея использовать для восстановления зубьев круглых, рамных и ленточных пил новый способ адаптивной заточки [4–6; 17; 18].

Адаптивная заточка зубьев пил подразумевает, что при назначении припуска на обработку должны быть учтены неравномерности линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пилы, а операции определения и контроля параметров геометрии зубьев пил будут автоматизированы и выполнены бесконтактным способом [19; 20].

*Цель работы* — разработка способа и оборудования для адаптивной заточки дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил, повышение производительности, качества заточки и ресурса инструмента.

**Постановка задачи.** Повышение качества и производительности заточки дереворежущего многолезвийного инструмента (круглых, рамных и ленточных пил) с увеличением ресурса работы по количеству переточек может быть достигнуто на четырехкоординатном станке с ЧПУ с интегрированным программным обеспечением, оснащенный цифровым оптическим датчиком для бесконтактных измерений.

**Результаты и их обсуждение.** Адаптивная заточка дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил выполняется в четыре этапа. В начале процесса производится автоматическое бесконтактное измерение исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев затачиваемой пилы. Далее выполняются оценка текущего состояния зубьев и расчет параметров геометрии зубьев пилы, оптимальных с точки зрения ресурса инструмента по переточкам, с назначением припуска на переточку. Непосредственная заточка и доводка пил выполняется на третьем этапе в автоматическом режиме и в соответствии с требованиями типовых руководящих технических материалов и режимов подготовки дереворежущего инструмента. На четвертом этапе, при необходимости, выполняется оценка качества заточки зубьев пилы по параметрам макро- и микрогеометрии лезвий.

Адаптивная заточка круглых, рамных и ленточных пил может осуществляться на станке с ЧПУ (рис. 1), обеспечивающем для затачиваемого и/или затачивающего инструмента линейные перемещения по осям X, Y и Z и возможность поворота В вокруг оси Y (рис. 2, 3) по ГОСТ 23597. Указанные перемещения могут быть выполнены с помощью стандартного наклонно-поворотного стола и обеспечиваются системой ЧПУ станка, реализованной на базе программируемого логического контроллера.

Автоматическое определение исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пилы осуществляется посредством цифрового оптического датчика. После сканирования исходные координаты зубчатого венца и лезвий зубьев пилы сохраняются и обрабатываются программой для определения оптимальной геометрии зубчатого венца и лезвий зубьев пилы после заточки.

Цифровой оптический датчик состоит из излучателя и приемника. Если при сканировании луч не встречает препятствие и проходит от излучателя к приемнику, фиксируется состояние «включено» («истина», значение = 1), в противном случае имеем состояние «выключено» («ложь», значение = 0).

Полезная модель станка для адаптивной заточки запатентована авторами статьи [21]. Устройство станка для адаптивной заточки, например, круглых пил показано на рис. 1.

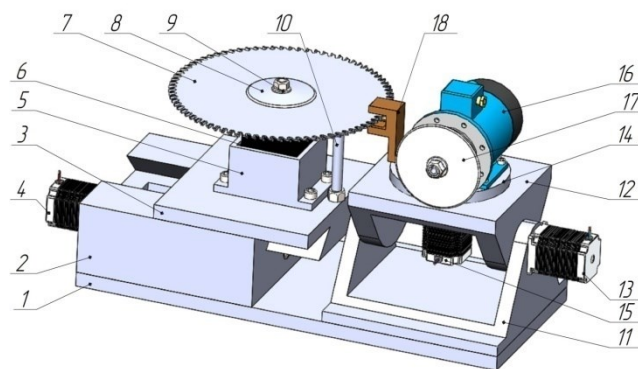
Станок для адаптивной заточки круглых пил работает следующим образом. Затачиваемая круглая пила 7 устанавливается на вал шагового двигателя с энкодером 6 в крепежных фланцах 8 и затягивается гайкой 9. Кронштейн 10 с упорным фрикционным роликом до касания с корпусом затачиваемой пилы служит для повышения ее жесткости. После запуска вращения пилы 7 включается подача от шагового двигателя с энко-

дером 4 подвижного стола 3. Цифровой оптический датчик 18 срабатывает, когда круглая пила 7, перемещаясь, перекрывает луч между излучателем и приемником. При этом текущие координаты передней и задней грани каждого зуба затачиваемой круглой пилы 7 фиксируются и записываются в память программируемого логического контроллера. Перемещение подвижного стола 3 и вращение пилы прекращаются, когда заканчивается цикл включения-выключения цифрового оптического датчика 18, т. е. когда луч его излучателя перекрывается корпусом затачиваемой пилы.

По полученным координатам методом аппроксимации программой строится расчетный геометрический профиль зубьев круглой пилы 7 после заточки.

Для определения наличия и величины угла косой боковой заточки зуба  $\epsilon$  круглой пилы 7 подвижный стол 3 перемещается в обратном от шагового двигателя с энкодером 4 направлении до позиционирования цифрового оптического датчика 18 на вершине зуба пилы. Включается наклонный стол 12, приводимый от шагового двигателя с энкодером 13. Когда луч излучателя перекрывается зубом затачиваемой круглой пилы 7, фиксируется значение угла косой боковой заточки зуба  $\epsilon$  круглой пилы как разница показаний значений энкодера шагового двигателя от включения до выключения цифрового оптического датчика 18. Если цифровой оптический датчик 18 при наклоне стола 12 фиксирует преграду в виде передней грани зуба, то угол косой боковой заточки  $\epsilon$  зуба затачиваемой круглой пилы равен  $0^\circ$ .

Далее включается шаговый двигатель с энкодером 15, который поворачивает стол 14, включается заточный шпиндель 16, и начинается процесс заточки по передней и задней граням зуба круглой пилы (пластинки твердого сплава дисковой пилы) или всего профиля зуба, включающего межзубную впадину для круглой пилы. Частота вращения заточного шпинделя регулируется частотным преобразователем.



**Рис. 1.** Устройство станка для адаптивной заточки: 1 — плита опорная; 2 — корпус координатного стола; 3 — стол подвижный; 4 — двигатель шаговый с энкодером; 5 — крепление для шагового двигателя; 6 — двигатель шаговый с энкодером; 7 — пила дисковая; 8 — фланец крепежный; 9 — гайка; 10 — кронштейн; 11 — корпус неподвижный; 12 — стол наклонный; 13 — двигатель шаговый с энкодером; 14 — стол поворотный; 15 — двигатель шаговый с энкодером; 16 — шпиндель за-

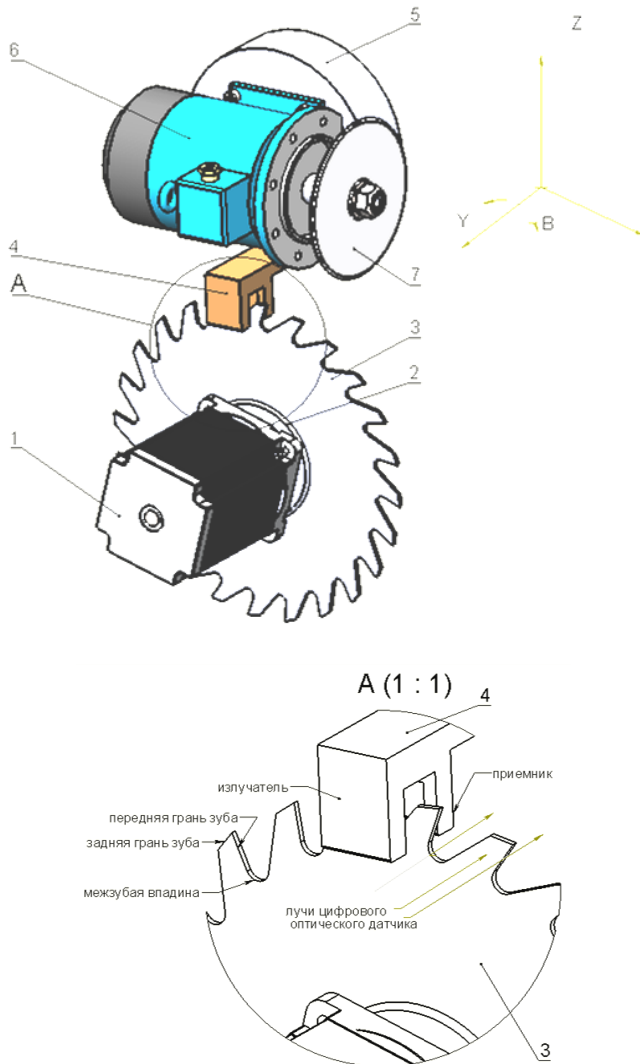
точной; 17 — круг заточной; 18 — датчик цифровой оптический

Ниже описаны и проиллюстрированы схемы и приемы адаптивной заточки дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил.

### 1. Адаптивная заточка круглых пил (рис. 2, 3)

Круглая пила 3, отвечающая техническим условиям и технологическому регламенту, устанавливается и фиксируется во фланцах 2 на валу шагового двигателя с энкодером 1.

На первом этапе (рис. 2) с помощью цифрового оптического датчика 4, установленного на поворотном корпусе 5, производится определение исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пилы 3.



**Рис. 2.** Схема определения исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев круглой пилы: 1 — двигатель шаговый с энкодером; 2 — фланец крепежный; 3 — пила круглая; 4 — датчик цифровой оптический; 5 — корпус поворотный; 6 — шпindel заточной; 7 — круг заточной

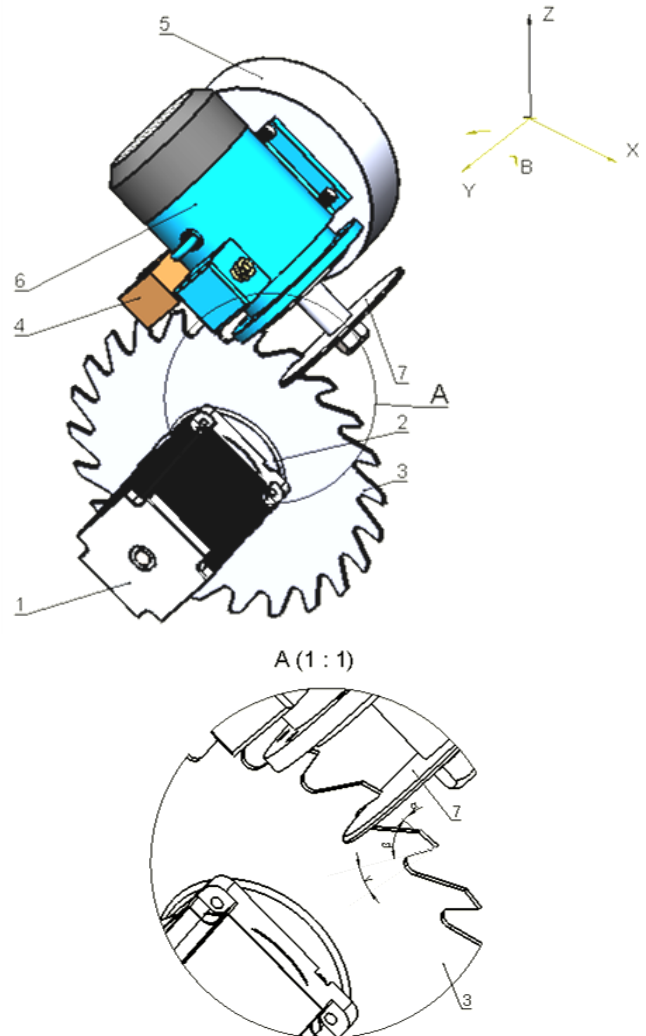
Круглая пила 3 приводится во вращение вокруг оси Y от шагового двигателя с энкодером 1. Цифровой оптический датчик 4 опускается на заданный шаг по оси Z.

Цикл измерений повторяется до тех пор, пока ход по оси Z не станет равным высоте зуба  $h$  пилы 3. Этому положению соответствует состояние датчика «выключено», поскольку сигнал от излучателя блокируется препятствием в виде полотна пилы 3.

Когда цифровой оптический датчик 4 перемещается вдоль оси Z, состояние датчика «включено»/«выключено» определяется прохождением луча относительно передней и задней грани зуба пилы 3, при этом производится определение координат точек на передней и задней грани зуба пилы 3.

На втором этапе полученные координаты зубчатого венца и лезвий зубьев пилы сохраняются и обрабатываются программой для определения оптимальной геометрии зубчатого венца и лезвий зубьев пилы после заточки.

На третьем этапе (рис. 3) по расчетным параметрам геометрии производится заточка зубьев круглой пилы 3. При этом перемещение заточного круга 7 к заточиваемому зубу пилы 3 обеспечивается поворотом (вокруг оси Y) поворотного корпуса 5, с установленным на нем заточным шпинделем 6.



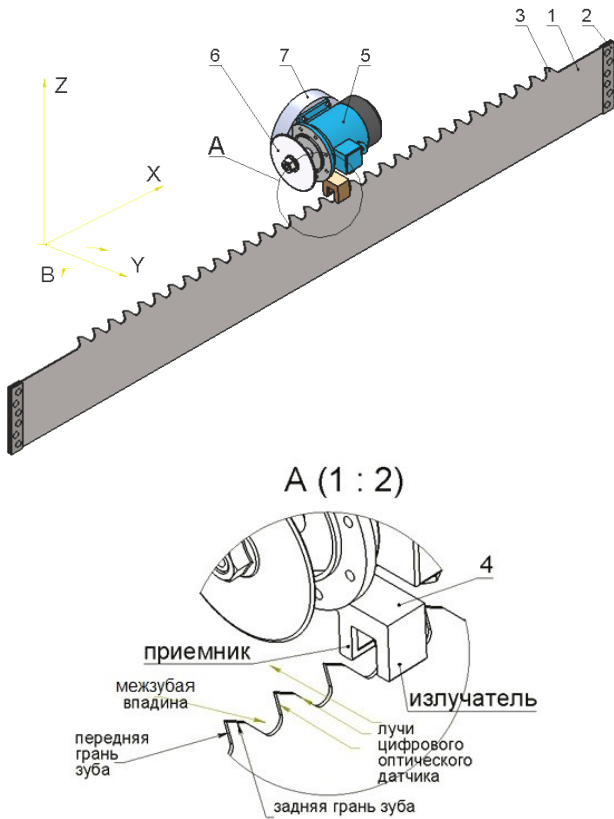
**Рис. 3.** Схема процесса заточки зубьев круглой пилы

Проход заточного круга 7 осуществляется по всему профилю зуба круглой пилы 3, включающему переднюю, заднюю грани и межзубную впадину. В процессе заточки вращение пилы 3 обеспечивается шаговым двигателем с энкодером 1.

## 2. Адаптивная заточка рамных пил (рис. 4, 5)

Рамная пила 1 с планками 2, отвечающая техническим условиям и технологическому регламенту, устанавливается и фиксируется на столе станка для адаптивной заточки.

На первом этапе (рис. 4) производится определение исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев рамной пилы 1 посредством цифрового оптического датчика 4, установленного на поворотном корпусе 7.



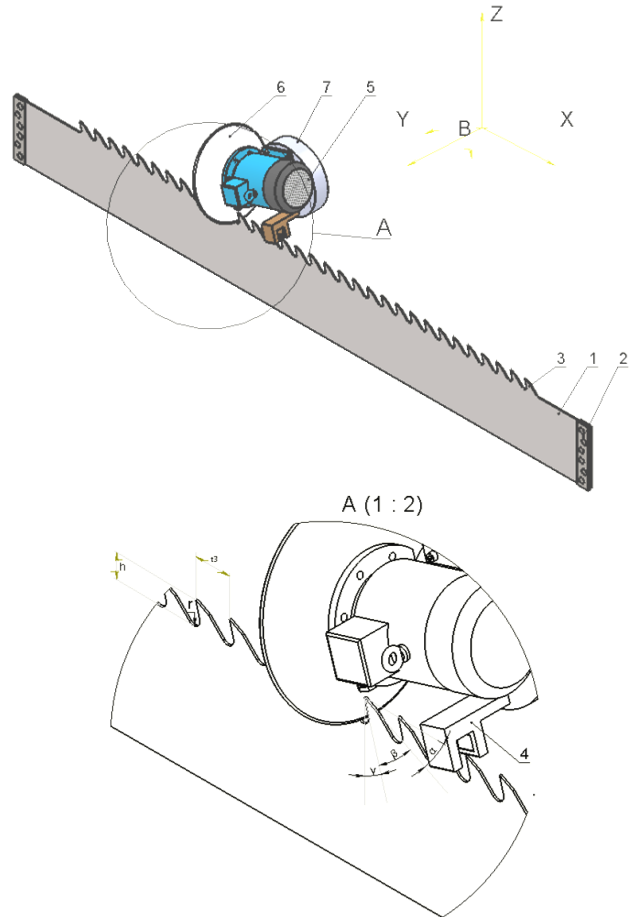
**Рис. 4.** Схема определения исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев рамной пилы: 1 — пила рамная; 2 — планка пилы; 3 — зуб рамной пилы; 4 — датчик цифровой оптический; 5 — шпиндель заточной; 6 — круг заточной; 7 — корпус поворотный

После перемещения цифрового оптического датчика 4 вдоль рамной пилы 1 по оси X производится его опускание на заданный шаг по оси Z. Цикл измерений повторяется до тех пор, пока ход по оси Z не станет равным высоте зуба  $h$  рамной пилы 1. Этому положению соответствует состояние датчика «выключено».

Когда цифровой оптический датчик 4 перемещается вдоль оси X, состояние датчика «включено»/«выключено» определяется прохождением луча относительно передней и задней грани зуба 3 рамной пилы 1, при этом производится определение координат точек на передней и задней гранях зубьев.

На втором этапе полученные координаты зубчатого венца и лезвий зубьев пилы сохраняются и обрабатываются программой для определения оптимальной геометрии зубчатого венца и лезвий зубьев пилы после заточки.

На третьем этапе (рис. 4) по расчетным параметрам геометрии производится заточка зубьев 3 рамной пилы 1.



**Рис. 4.** Схема процесса заточки зубьев рамной пилы

Подвод заточного круга 6 к заточиваемому зубу 3 рамной пилы 1 обеспечивается поворотом В (вокруг оси Y) поворотного корпуса 7 с установленным на нем заточным шпинделем 5. Проход заточного круга 6 осуществляется по всему профилю зуба 3, включающему переднюю, заднюю грани и межзубую впадину. Перемещение поворотного корпуса 7 вдоль оси X обеспечивает заточку всех зубьев пилы 1.

## 3. Адаптивная заточка ленточных пил (рис. 5, 6)

Ленточная пила 1, отвечающая техническим условиям и технологическому регламенту, фиксируется на столе станка для адаптивной заточки.

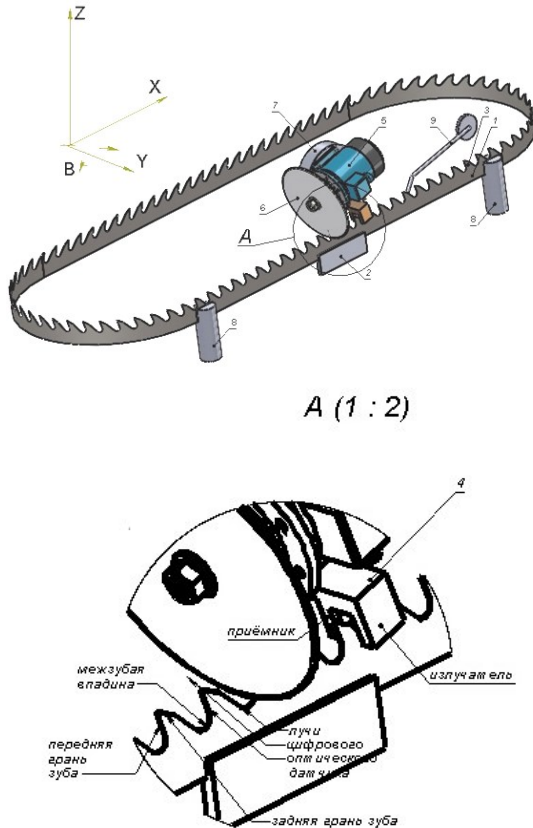
Для обеспечения жесткости и устойчивости полотна ленточной пилы 1 в станке используются поддерживающие опоры 8 и направляющий аппарат 2.

На первом этапе (рис. 5) с помощью цифрового оптического датчика 4, установленного на поворотном корпусе 7, производится определение исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев 3 ленточной пилы 1.

После перемещения ленточной пилы 1 толкателем 9 вдоль оси X цифровой оптический датчик 4 опускается на заданный шаг по оси Z. Цикл повторяется до тех пор, пока ход по оси Z не станет равным высоте зуба  $h$



ленточной пилы 1. Этому положению соответствует состояние датчика «выключено».



**Рис. 5.** Схема определения исходных линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев ленточной пилы: 1 — пила ленточная; 2 — направляющий аппарат; 3 — зуб ленточной пилы; 4 — датчик цифровой оптический; 5 — шпиндель заточной; 6 — круг заточной; 7 — корпус поворотный; 8 — опоры поддерживающие; 9 — толкатель

Когда цифровой оптический датчик 4 перемещается вдоль оси X, состояние датчика «включено»/«выключено» определяется прохождением луча относительно передней и задней граней зуба 3 ленточной пилы 1, при этом происходит определение координат точек на передней и задней гранях зубьев 3 ленточной пилы.

На втором этапе полученные координаты зубчатого венца и лезвий зубьев ленточной пилы сохраняются и обрабатываются программой для определения оптимальной геометрии зубчатого венца и лезвий зубьев ленточной пилы после заточки.

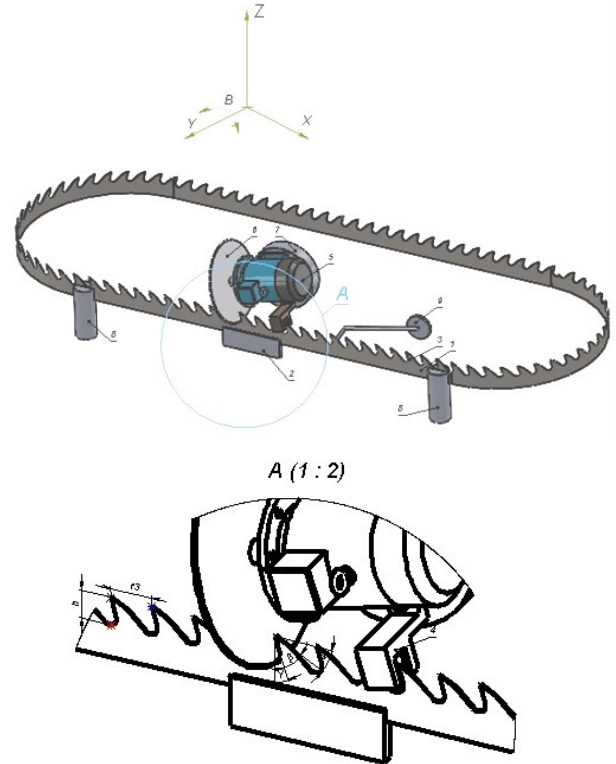
На третьем этапе (рис. 6) по расчетным параметрам геометрии производится заточка зубьев 3 ленточной пилы 1.

Поворотом В (вокруг оси Y) корпуса 7 обеспечивается подвод заточного круга 6, установленного на шпинделе 5, к затачиваемому зубу 3. Проход заточного круга 6 осуществляется по всему профилю зуба 3, включающему переднюю, заднюю грани и межзубную впадину.

Перемещение ленточной пилы 1 в процессе заточки на величину шага зуба  $t_z$  обеспечивается толкателем 9.

Рассмотренные выше полезная модель станка для адаптивной заточки и приемы адаптивной заточки де-

реворежущих круглых, рамных и ленточных пил, по мнению авторов статьи, демонстрируют возможности и преимущества нового способа заточки, обосновывают целесообразность внедрения нового способа и заточного оборудования в практику деревообрабатывающих предприятий и организаций технического сервиса.



**Рис. 6.** Схема процесса заточки зубьев ленточной пилы

## Заключение

1. Впервые в отрасли, по мнению авторов, рассмотрены схемы нового способа заточки и предложена конструкция станка для адаптивной заточки дереворежущих пил.

2. Рассмотренный способ адаптивной заточки дереворежущих круглых, рамных и ленточных пил в сравнении с распространенными способами заточки дает следующие преимущества:

- возможность определения линейных и угловых параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пил бесконтактным способом;

- повышение ресурса пил по количеству переточек вследствие рационального назначения припуска на переточку;

- повышение производительности и качества процесса заточки за счет устранения рутинных измерений параметров зубчатого венца и лезвий зубьев пил с применением контрольно-измерительного инструмента и автоматизации процесса заточки;

- возможность выполнения количественной оценки качества заточки с получением параметров макро- и микрогеометрии лезвий индивидуально по каждому зубу пилы;

- возможность качественной заточки дереворежущего инструмента нестандартных конструкций;

- снижение требований к опыту работы и квалификации исполнителя-заточника, а также к наличию спе-

циального контрольно-измерительного инструмента и оснастки.

#### *Литература*

1. Глебов И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту. СПб.: Лань, 2020. 224 с.
2. Зотов Г.А. Дереворежущий инструмент. Конструкция и эксплуатация. СПб.: Лань, 2022. 432 с.
3. Каменев Б.Б., Сергеевичев А.В. Дереворежущие инструменты. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 332 с.
4. Pfau C. Tool measurement and adjusting device, for measuring profile of tool cutting edge, has sensor unit for simultaneously measuring parameter, such as width of round edges, of profile in two spots of tool cutting edge // DE № 102018127178 A1, 30.04.2020.
5. Zoller A., Pfau C. Einstell - und / oder Messgerät und Vermessungs - und / oder Einstellverfahren // DE № 102006011796 A1, 23.11.2006.
6. Zoller A. Optical measuring and / or presetting method and optical tool presetting and / or tool measuring apparatus // US № 20210370420 A1, 02.12.2021.
7. Басов В.А. Особенности назначения и контроля параметров режима заточки дереворежущего инструмента // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практической конф. (2-4 сент. 2019 г.). Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2019. С. 202-204.
8. Ефремов В.Д., Ящерицын П.И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. Минск: БАТУ, 1997. 251 с.
9. Johnston J.C. Tooth side clearance requirements for high precision // Eastern Forest Products Laboratory, Environment Canadian Forestry Service. 1974. № 9. P. 10.
10. Хасдан С.М., Скворцов П.В. Совершенствование конструкций дереворежущих инструментов, методов их подготовки и эксплуатации // Сб. тезисов докладов Всесоюзной конференции. Л., 1973. С. 3-8.
11. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. М.: Лесная пром-сть, 1989. 380 с.
12. Клубков А.П., Макаревич С.С., Рудак П.В. Теоретические представления о процессе излома кончика лезвия реза в начальный период работы // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. 2005. Вып. XIII. С. 208-212.
13. Попов В.Ю. Контактные процессы при алмазной обработке инструментальных материалов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 3 (23). С. 68-74.
14. Eurostore. Станок заточной ТчПА-7 [Электронный ресурс]. URL: [https://eurostore.su/metallrobratvayushchee\\_oborudovani\\_e/zatochnye\\_stanki/universalnye\\_zatochnye\\_stanki/tchpa-7\\_stanok\\_zatochnoj](https://eurostore.su/metallrobratvayushchee_oborudovani_e/zatochnye_stanki/universalnye_zatochnye_stanki/tchpa-7_stanok_zatochnoj) (дата обращения: 07.08.2024).
15. КАМІ. Станок для заточки ленточных пил АВМ PNK CNC MAX [Электронный ресурс]. URL: [https://www.stanki.ru/catalog/stanki\\_dlya\\_podgotovki\\_shirok\\_ikh\\_lentochnykh\\_pil/\\_stanok\\_dlya\\_zatochki\\_lentochnykh\\_pil\\_abm\\_pnk\\_cnc\\_max](https://www.stanki.ru/catalog/stanki_dlya_podgotovki_shirok_ikh_lentochnykh_pil/_stanok_dlya_zatochki_lentochnykh_pil_abm_pnk_cnc_max) (дата обращения: 07.08.2024).
16. Заточные станки VOLLMER: максимум точности [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vollmer-group.com/ru/produkcija> (дата обращения: 07.08.2024).
17. Соколов П.А. Новый метод заточки дереворежущего инструмента с использованием цифрового оптического датчика // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. материалов Всерос. науч.-практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (20-21 апр. 2023 г.). Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2023. С. 390-392.
18. Kravchuk S.I. The investigation of wood-cutting tool sharpening processes on the base of the universal sharpening machine // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2019. № 18. С. 40-42.
19. Карпович С.С., Карпович С.И. Расчетный метод определения оптимальных параметров заточки дереворежущего инструмента // Труды БГТУ № 1. Лесное хозяйство. 2020. № 2. С. 279-286.
20. Bogoyavlensky A., Sirotyuk A. Automated tool support system of a large machine-building enterprise // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. «15th International Conference on Industrial Manufacturing and Metallurgy». Ekaterinburg: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 12-13.
21. Воробьев А.А., Егоров Ю.В. Станок для адаптивной заточки: пат. РФ RU216625 U1: заявл: 07.06.2022; опубл. 15.02.2023, Бюл. № 5.

#### *References*

1. Glebov I.T. Handbook of woodworking tools. SPb.: Lan', 2020. 224 p.
2. Zotov G.A. A woodworking tool. Construction and operation. SPb.: Lan', 2022. 432 p.
3. Kamenev B.B., Sergeevichev A.V. Woodworking tools. SPb.: SPbGLTU, 2013. 332 p.
4. Pfau C. Tool measurement and adjusting device, for measuring profile of tool cutting edge, has sensor unit for simultaneously measuring parameter, such as width of round edges, of profile in two spots of tool cutting edge // DE № 102018127178 A1, 30.04.2020.
5. Zoller A., Pfau C. Einstell - und / oder Messgerät und Vermessungs - und / oder Einstellverfahren // DE № 102006011796 A1, 23.11.2006.
6. Zoller A. Optical measuring and / or presetting method and optical tool presetting and / or tool measuring apparatus // US № 20210370420 A1, 02.12.2021.
7. Basov V.A. Features of assignment and control of parameters of the sharpening mode of the woodworking tool // Lesnoj i himicheskij komplekxy - problemy i resheniya: sb. materialov po itogam Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (2-4 sent. 2019 g.). Krasnoyarsk: SibGU im. M.F. Reshetneva, 2019. P. 202-204.
8. Efremov V.D., Yashchericyn P.I. Technological quality assurance of the working edges of the tool and parts. Minsk: BATU, 1997. 251 p.
9. Johnston J.C. Tooth side clearance requirements for high precision // Eastern Forest Products Laboratory, Environment Canadian Forestry Service. 1974. № 9. P. 10.
10. Hasdan S.M., Skvorcov P.V. Improvement of designs of wood-cutting tools, methods of their preparation and operation // Sb. tezisov dokladov Vsesoyuznoj konferencii. L., 1973. P. 3-8.
11. Stahiev Yu.M. Workability of flat circular saws. M.: Lesnaya prom-st', 1989. 380 p.
12. Klubkov A.P., Makarevich S.S., Rudak P.V. Theoretical ideas about the process of breaking the tip of the cutter blade in the initial period of work // Proceedings of BSTU. Ser. II. Forest and Woodworking Industry. 2005. Vyp. XIII. P. 208-212.
13. Popov V.Yu. Contact processes in diamond processing of tool materials // Systems. Methods. Technologies. 2014. № 3 (23). P. 68-74.

14. Eurostore. Grinding machine TCHPA-7 [Elektronnyj resurs]. URL: [https://eurostore.su/metalloobrabatyvayushchee\\_oborudovani\\_e/zatochnye\\_stanki/universalnye\\_zatochnye\\_stanki/tchpa-7\\_stanok\\_zatochnoj](https://eurostore.su/metalloobrabatyvayushchee_oborudovani_e/zatochnye_stanki/universalnye_zatochnye_stanki/tchpa-7_stanok_zatochnoj) (data obrashcheniya: 07.08.2024).
15. KAMI. Band Saw Sharpening Machine ABM PNK CNC MAX [Elektronnyj resurs]. URL: [https://www.stanki.ru/catalog/stanki\\_dlya\\_podgotovki\\_shirokikh\\_lentochnykh\\_pil/\\_stanok\\_dlya\\_zatochki\\_lentochnykh\\_pil\\_abm\\_pnk\\_cnc\\_max](https://www.stanki.ru/catalog/stanki_dlya_podgotovki_shirokikh_lentochnykh_pil/_stanok_dlya_zatochki_lentochnykh_pil_abm_pnk_cnc_max) (data obrashcheniya: 07.08.2024).
16. VOLLMER grinding machines: maximum precision [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.vollmer-group.com/ru/produkcija> (data obrashcheniya: 07.08.2024).
17. Sokolov P.A. A new method of sharpening a woodworking tool using a digital optical sensor // Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki: sb. materialov Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (20-21 apr. 2023 g.). Krasnoyarsk: SibGU im. M.F. Reshetneva, 2023. P. 390-392.
18. Kravchuk S.I. The investigation of wood-cutting tool sharpening processes on the base of the universal sharpening machine // Youth. Society. Modern science, technologies & innovations. 2019. № 18. P. 40-42.
19. Karpovich S.S., Karpovich S.I. A computational method for determining the optimal parameters of sharpening a woodworking tool // Proceedings of BSTU № 1. Ser. Forest and Woodworking Industry. 2020. № 2. P. 279-286.
20. Bogoyavlensky A., Sirotyuk A. Automated tool support system of a large machine-building enterprise // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. «15th International Conference on Industrial Manufacturing and Metallurgy». Ekaterinburg: IOP Publishing Ltd, 2020. P. 12-13.
21. Vorob'ev A.A., Egorov Yu.V. Adaptive sharpening machine: pat. RF RU216625 U1: zayavl: 07.06.2022; opubl. 15.02.2023, Byul. № 5.