

С. С. Карпович, инженер, БНТУ; А. А. Гришкевич, канд. техн. наук, доцент,
И. И. Бавбель, ст. преподаватель, С. И. Карпович, канд. техн. наук, доцент, БГТУ

КОНЦЕПЦИЯ РЕЖУЩЕГО ВЕНЦА СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСКОВЫХ ПИЛ

In the course of work of disk saws the considerable quantity of a waste in the form of sawdust and a small shaving which collect in between a tooth hollow is formed. It leads to growth of power inputs in the course of processing, at the expense of a friction of the condensed waste about walls has spent on drink, to a strong warming up of a cloth of a saw, loss of stability of a saw.

For elimination of lacks it is necessary to reduce speed of giving that leads to decline of productivity or to apply saws with increased between a tooth hollow that reduces rigidity of a cutting wreath of a saw and reduces quality of received saw-timbers.

Authors of article offer a variant of removal of sawdust from between tooth hollows in a ring groove, executed with two parties on a saw disk, it allows to raise rigidity of a cutting wreath, at the expense of reduction between tooth hollows and to lower power inputs.

Введение. Дереворежущие круглые пилы подразделяют на два класса – для продольной и поперечной распиловки. Они отличаются профилем и геометрическими параметрами зубьев. Из-за меньшей толщины опытных пил, большей деформируемости зубчатого венца классическая форма зубьев оказалась малоприменимой, в основу концепции режущего венца специальных пил положен принцип функционального разделения режущих элементов на подрезающие и скальвающие.

Основные положения. Зубчатый венец опытных пил по конфигурации и внешнему виду отличается от серийных пил, и эту особенность можно обозначить термином «режущий элемент». Профили зубьев и режущих элементов представлены на рисунке.

Анализ зубчатых венцов и режущих элементов дереворежущих пил позволяет сделать следующие выводы. Конфигурация режущего клина круглых пил для продольной распиловки древесины характеризуется положительным передним углом γ (рисунок (а)). Концепция зубчатого венца с функциональным разделением режущих элементов на подрезающие и скаль-

вающие, включающая в себя комбинированное применение положительных и отрицательных передних углов, показана на рисунке (б). Согласно данным [1], такое решение обеспечивает снижение энергоёмкости процесса резания до 30% и уменьшает величину развода зубьев. Впадины перед подрезающими элементами 2 увеличивают шаг между смежными блоками зубьев, накопление отходов происходит только во впадине перед скальвающим зубом 1.

На рисунке, в показана схема зубчатого венца с компактным расположением подрезающих элементов, предусматривающая впадину только перед скальвающим элементом.

Для уменьшения трения полотна пилы о стенки пропила, ниже зубчатого венца опытных пил с углом косой заточки β' , произведена проточка на величину ΔS (рисунок (з, д)). Трение в районе зубчатого венца осуществляется по боковым поверхностям L_b и передней поверхности L_n (рисунок (з)). При этом для уменьшения трения по боковым поверхностям сохраняется необходимость производить развод подрезающих элементов на минимальную величину 0,2 мм.

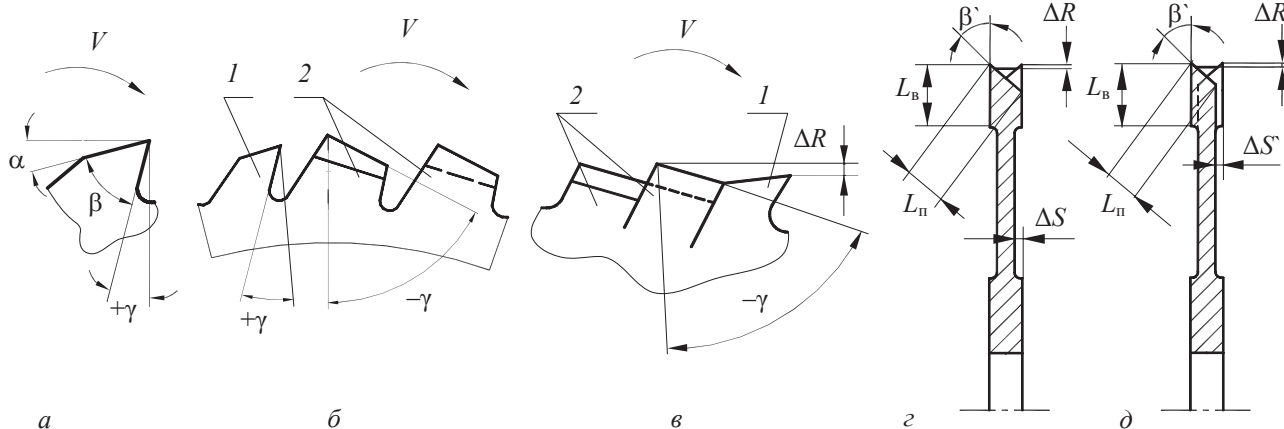


Рисунок. Профили режущих элементов специальных пил:

- а – конфигурация режущего элемента с положительным передним углом; б – схема разделения режущих элементов на подрезающие и скальвающие; в – схема зубчатого венца с компактным расположением подрезающих и скальвающих элементов; з – сечение опытной пилы с плоской проточкой; д – сечение опытной пилы с плоской проточкой и с уменьшенной толщиной зуба; 1 – скальвающий элемент; 2 – подрезающие элементы

На рисунке (д) приведена схема зубчатого венца, обеспечивающая работоспособность круглой пилы без развода зубьев. В процессе резания подрезающий элемент контактирует с древесиной по передней поверхности режущего клина L_n и одной боковой поверхности L_b . Вторая боковая поверхность зуба уменьшена на величину $\Delta S'$, благодаря асимметричности смежных подрезающих элементов по толщине их контакт с древесиной происходит только по двум поверхностям. Боковая подрезающая кромка остается параллельной полотну пилы, что исключает образование кинематических неровностей на поверхности пропила. Скальвающий зуб находится ниже вершины подрезающих элементов на величину $\Delta R = 0,2-0,5$ мм, что обеспечивает ему выполнение только скальвающей функции при подаче на блок зубьев не больше пределов $0,2-0,5$ мм. Такая концепция зубчатого венца обеспечивает уменьшение энергоемкости процесса резания не только путем снижения площади контакта между режущим венцом и древесиной, но и за счет удаления части отходов вдоль полотна пилы без их уплотнения, что не происходит при их накоплении в межзубовой впадине в случае применения серийных пил.

Размеры и форма впадин обеспечивают технические параметры резания и динамическую устойчивость инструмента. Объем впадин должен быть согласован с количеством образовавшейся стружки, опилок и степенью их деформации.

Площадь впадины зуба определяется из выражения

$$S = \Theta_b \cdot t^2. \quad (1)$$

где t – шаг зуба; Θ_b – коэффициент площади впадины.

Эффективная площадь впадины составляет часть общей площади:

$$S_s = \beta_{зап} \cdot S. \quad (2)$$

где $\beta_{зап}$ – коэффициент заполнения впадины.

Производительность круглых пил U_z из условия работоспособности впадины зуба можно рассчитать:

$$U_z \leq 0,4 \frac{\beta_{зап}}{\alpha_{уп}} \cdot \frac{S}{H}, \quad (3)$$

где $\alpha_{уп}$ – допустимое уплотнение стружки; H – высота пропила.

Шаг зуба t , при заданной производительности U_z будет равен:

$$t \geq \sqrt{1,6 \frac{\alpha_{уп}}{\beta_{зап}} \cdot \frac{U_z \cdot H}{\Theta_b}}. \quad (4)$$

Из приведенных зависимостей (3) и (4) видно, какую важную роль в процессе резания ока-

зывает впадина зуба на конструкцию и производительность инструмента.

Впадину никогда не удается заполнить на 100% [2]. Принято, что впадина заполняется не более чем на 80%, и этот показатель оказывает решающее влияние на работоспособность и производительность круглых пил.

Процесс стружкообразования, транспортировки, заполнения и освобождения впадин от отходов является многофакторным, что создает сложности при анализе работоспособности режущего инструмента.

Образовавшаяся в процессе резания стружка по передней поверхности перемещается по дну впадины, силы трения замедляют ее перемещение, и когда две составляющие сравниваются по величине, движение стружки прекращается, в дальнейшем происходит ее уплотнение и наложение следующих объемов стружки. Такой механизм многократно повторяется, и в результате образуется многослойный спрессованный брикет. Степень дисперсирования стружки зависит от породы древесины, ее влажности, режимов резания, геометрии инструмента.

Механизм заполнения межзубовых впадин предложено свести к трем вариантам заполнения впадины. [2].

Стружка заполняет впадину постепенным наложением измельченных отходов и уплотнением их в районе дна впадины.

Стружка заполняет впадину с интенсивным перемешиванием по контуру, измельчением и последующим уплотнением.

Стружка заполняет впадину мелкими, пылевидными частичками, образующимися в корне стружки и совершающими хаотичное движение в объеме впадины.

Можно предположить, что все три механизма образования и перемещения элементов стружки действуют одновременно только с разной степенью интенсивности в зависимости от конкретных условий стружкообразования.

Когда впадины оказываются заполненными до определенного объема, нормальное стружкообразование нарушается и процесс резания становится неуправляемым [3]. Количественно эту ситуацию определяют с помощью коэффициента напряженности работы впадины, размеры и конфигурация впадины являются активным параметром механизма стружкообразования и обеспечения работоспособности режущего инструмента.

От полноты заполнения впадины зависят и силовые параметры резания. При пилении сила резания растет пропорционально высоте пропила только до определенного момента заполнения впадины [3]. Дальнейшее увеличение высоты пропила ведет к интенсивному росту силы резания, в том числе за счет трения уплотненной стружки во впадине зуба о стенки пропила.

Суммарная энергоемкость процесса резания складывается из усилия, затрачиваемого на деформацию древесины, механическое разрушение волокон древесного вещества, их перерезание, последующего уплотнения отходов во впадине зубьев и преодоления сил трения по передней и боковым поверхностям режущего элемента. Снижение энергозатрат при механической обработке можно осуществлять по всем этим параметрам.

Деформация срезаемого объема составляет физическую основу процесса стружкообразования, и экономия может осуществляться только за счет уменьшения объема деформируемого слоя, что достигается уменьшением угла заострения режущего клина, доводкой кромки лезвия. Создание условий уменьшения уплотнения стружки во впадине ведет к снижению энергоемкости процесса резания, но главное, что уплотненный брикет стружки во впадине создает дополнительное трение о стенки пропила и ведет к увеличению силовых параметров резания.

Коэффициент сухого трения древесины по древесине лежит в пределах 0,4–0,6 [4]. В то время как коэффициент сухого трения пресованной древесины по стали составляет 0,15–0,32 [4].

Таким образом, в зоне резания предпочтительнее контакт металл-древесина, чем древесина-древесина не только по значению коэффициентов трения, но и за счет снижения силовых параметров резания и теплонапряженности зубчатого венца.

Энергоемкость процесса резания можно снизить путем создания условий удаления стружки, опилок из междузубной впадины без их уплотнения, это одновременно устраняет трение спрессованного брикета, стружки, опилок о стенки пропила.

Для управления механизмом удаления отходов из междузубной впадины необходимо рассмотреть механизм образования отходов, их фракционный состав и силовые параметры, которые действуют на элементарные частички отходов, образующиеся в процессе резания. Образовавшиеся элементы опилок, стружки в объеме впадины совершают движение вместе с пилой в направлении ее вращения. На частички отходов, как на свободное тело, действуют как радиальная, так и касательная силы. Радиальная сила направлена в сторону зубчатого венца и стремится отбросить отходы от основания зуба к дну пропила. В этом случае никаких проблем с удалением отходов из впадины не должно существовать. Касательная сила способствует продвижению опилок по передней поверхности зуба к его основанию и уплотнению брикета. Установлено, что как радиальная, так и касательная силы возрастают с увеличением скорости и подачи на зуб.

На физическую возможность перемещения отходов в зоне резания влияет и фракционный состав. Статистический анализ показывает, что распределение их по размерам подчиняется нормальному закону. С увеличением скорости резания возрастает доля мелких частиц в объеме отходов. По данным [5], от 40 до 72% объема отходов по размерам имеют физическую возможность удалиться из зоны резания не с помощью межзубовой впадины, а через пропил между полотном пилы и стенками пропила. Если обеспечить возможность их удаления этим путем, уменьшится работа, затрачиваемая на их уплотнение, уменьшится трение спрессованного брикета отходов о стенки пропила и в целом это ведет к снижению энергоемкости процесса резания и теплонапряженности режущего клина.

На энергоемкость процесса оказывает влияние схема резания – открытая или закрытая, последняя ведет к возрастанию удельного сопротивления резания [3]. При обеспечении возможности перемещения отходов процесса резания вдоль полотна с их минимальным уплотнением схема резания приближается к открытой, что снижает удельное сопротивление резания и позволяет уменьшить объем впадины. Уменьшение объема впадины обеспечивает зубчатому венцу большую жесткость, в результате чего увеличится точность обработки таким инструментом вместе с уменьшением усилия, затрачиваемого на уплотнение стружки.

Задачей исследования является создание условий удаления отходов из зоны резания вдоль полотна пилы без их уплотнения, уменьшение энергоемкости процесса резания и повышение качества поверхности пропила.

Поставленная задача решается тем, что круглая пила, включающая полотно с режущим венцом с зубьями, между которыми расположены впадины для накопления, транспортировки и удаления стружки, опилок из зоны резания. Ниже режущего венца на боковой поверхности полотна выполнена кольцевая канавка, с которой соединены впадины, кольцевая канавка выполнена и на другой боковой поверхности полотна, а впадины соединены с кольцевой канавкой пазами, расположенными радиально или под углом к радиусу.

Процесс стружкообразования является многофакторным и в зависимости от конкретных условий преобладающее значение может иметь один или другой фактор, отсюда и многообразие вариантов налипания частичек отходов на зубчатый венец – по всей поверхности, на передней грани зуба, отдельными зонами.

Заключение. Разработанная конструкция круглой пилы обеспечивает удаление отходов из зоны резания без их уплотнения, перемещение вдоль полотна инструмента без существенной

деформации, что уменьшает энергоемкость процесса резания. Дополнительно энергозатраты уменьшаются за счет предотвращения трения спрессованных объемов отходов во впадине между зубьями о стенки пропила.

Направленное перемещение отходов из зоны резания по радиусу к оси вращения инструмента упрощает сбор и транспортировку отходов.

Предлагаемую конструкцию круглой пилы предполагается использовать при проектировании и изготовлении дереворежущего инструмента на мебельных предприятиях Республики Беларусь различной формы собственности.

Литература

1. Матвейко, А. П. Ресурсо- и энергосберегающая технология и техника на рубках ухода. / А. П. Матвейко // Устойчивое развитие лесов и

рациональное использование лесных ресурсов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6–7 дек. 2005 г. – Минск: БГТУ, 2005. – С. 317–320.

2. Стахийев, Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил / Ю. М. Стахийев. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – С. 11–12.

3. Санев, В. И. Обработка древесины круглыми пилами / В. И. Санев. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – С. 35–39.

4. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Выш. школа, 1975. – С. 116–119.

5. Воронков, Б. Д. Подшипники сухого трения / Б. Д. Воронков. – Л.: Машиностроение, 1968. – С. 109.

6. Якунин, Н. К. Круглые пилы и их эксплуатация / Н. К. Якунин. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – С. 123–127.