

Маслов Георгий Андреевич,

магистрант,

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.

Морозова, г.Воронеж.

Ивановский Владимир Павлович,

доцент, кандидат технических наук,

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.

Морозова, г.Воронеж.

Обработка модифицированной древесины круглыми пилами.

Аннотация: В статье рассмотрены ключевые аспекты механической обработки модифицированной древесины, так же даны примеры расчётов для заточки сменных резцов и зубьев дисковых пил.

Ключевые слова: деревообработка, дисковые пилы, углы заточки.

George A. Maslov,

undergraduate student,

Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov,

Voronezh.

Ivanovsky Vladimir Pavlovich,

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,

Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov,

Voronezh.

Processing of modified wood with circular saws.

Abstract: The article discusses the key aspects of mechanical processing of modified wood, as well as provides examples of calculations for sharpening interchangeable cutters and teeth of circular saws.

Keywords: woodworking, circular saws, sharpening angles.

В цепи технологических этапов прессования механическая обработка древесины включает в себя распиловку, сверление, точение фрезерование, и иногда шлифование. Важно определить режимы выполнения операций, выбрать оптимальный инструмент и правильно настроить оборудование.

Заготовки для прессования должны быть изготовлены из материалов, подлежащих радиальной обработке для достижения высокой стойкости к разрушению. Заготовки должны быть без признаков гниения, а березовые заготовки следует пилить только в свежесрубленном состоянии. Размеры материалов для прессования надо определить заранее. Наилучшим вариантом будет использование древесины которые будут подвергнуты радиальной обработке.

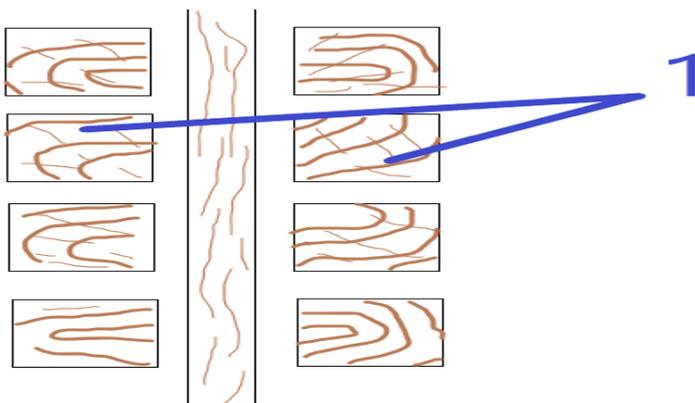


Рисунок 1 – демонстрирует графическое изображение процесса раскря лесных стволов с последующим выпиливанием заготовок в радиальном направлении 1.

В процессах распиливания заготовок и изделий из модифицированной древесины использование круглых пил занимает центральное место как наилучший метод пиления. Выбор мощности для пильного вала:

$$N_{\text{п}} = \frac{PV}{102\eta} = mkbH \frac{u}{60 \cdot 102 \cdot \eta} \quad (1)$$

где: - m - одновременное число задействованных пил, обычно одна;

H - глубина пропила, мм;

k - полное значение удельной работы резания, Дж/см³;

b - ширина пропила, мм;

η – к.п.д. мотора

u - скорость подачи древесины, м/мин.

На рисунке 2 демонстрируются рекомендуемые значения удельной энергии в процессе резания без учета поправок, применимых к материалам с высокой степенью сложности обработки, таким, как модифицированная древесина.

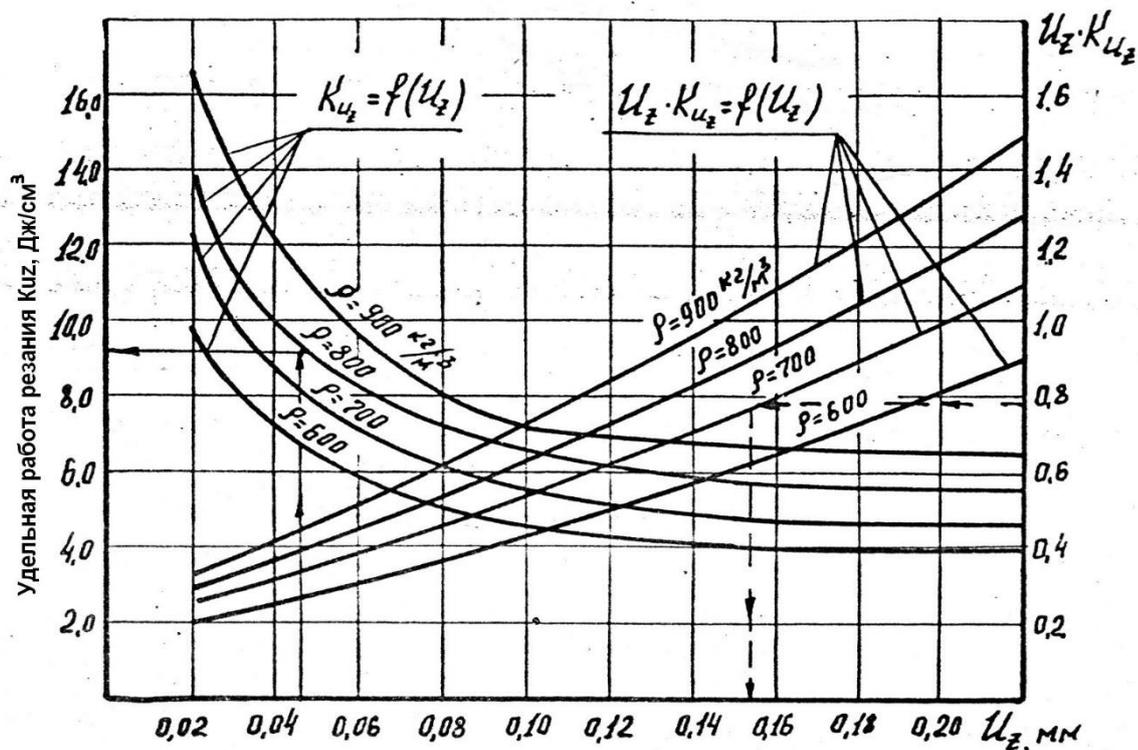


Рисунок 2 – Выбор K_{uz} для пиления модифицированной древесины.

Значение корректирующих коэффициентов для процесса пиления модифицированной древесины до сих пор остается недостаточно исследованным. Однако, согласно данным различных источников, эти коэффициенты включают в себя поправки, связанные с видом древесины, глубиной пропила, уровнем влажности материала, острием инструмента, скоростью и углом резания. Для известных значений скорости подачи U_z (м/мин), подача на 1 зуб u_z рассчитывается следующим образом:

$$u_z = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot Z}, \text{ (мм)}, \quad (2)$$

где n – частота вращения пильного вала, мин^{-1} ;

Z – число зубьев пилы.

Один из ключевых аспектов обеспечения безопасности и эффективности функционирования пилы заключается в правильном подборе скорости подачи и в учете условий интенсивности действия межзубных впадин.

$$u = \frac{u_{z(\sigma)} \cdot n \cdot Z}{1000}, (\text{М/МИН}), \quad (3)$$

где $u_{z(\sigma)}$ и есть допустимая скорость подачи на зубья пилы:

$$u_{z(\sigma)} = \frac{\theta \cdot t^2}{\sigma \cdot H}, (\text{ММ}) \quad (4)$$

Здесь, $\theta = 0,4 \div 0,6$ - коэффициент конфигурации зуба; $\delta \geq 3$ - коэффициент напряженности впадины, учитывающий степень запрессовывания опилок во впадине зуба.

Исследователи ВГЛТА рекомендуют следующие значения оптимального уширения зубьев пил на сторону для ДМ:

обрезная – $0,4 \div 0,5$;

ребровая – $0,4 \div 0,6$;

реечная – $0,4 \div 0,55$;

торцовая – $0,3 \div 0,5 - 0,45$ в зависимости от конечной плотности древесины.

$$b = S + 2S', (\text{ММ}), \quad (5)$$

где S – толщина пилы;

S' – уширение зубьев на сторону.

Для эффективного и качественного процесса пиления модифицированной древесины ключевым фактором являются радиальные углы и боковая заточка режущих инструментов. Для узлов трения различного технического оборудования используется модифицированная древесина с плотностью до 1800 кг/м³ в качестве материала подшипников. Подшипники имеют рабочую часть, состоящую из пластин толщиной 2...8мм. Чтобы изготовить пластинки толщиной от 2 до 8 мм из брусков, подвергнутых одноосной прессовке, необходимо выполнить основную операцию по механической обработке - поперечный раскрой брусков на пластинки. В процессе раскроя древесины с

плотностью от 1000 до 1300 кг/м³ необходимо соблюдать минимальные значения боковой и радиальной заточки в пределах 10–15 минут. Для увеличения полезного выхода пластинок рекомендуется использовать пилы минимальной толщины с поднутрением диска для высокого качества среза. Прямая заточка зубьев необходима для увеличения поперечной устойчивости диска при равномерном распределении нагрузки. Толщина полученных пластинок соответствует ширине среза брусков, что приводит к потере 50 % материала в виде опилок.

Деформации поперечной устойчивости пилы вызваны неравномерным распределением температуры по радиусу диска. Подбор оптимальных углов наклона зубьев позволяет снизить температурные напряжения и уменьшить трение в области режущей кромки.

Взаимосвязь между плотностью и углами наклона была обнаружена и описана следующим уравнением:

$$P_{\sigma} = \frac{20,6 \cdot \int^{0,23}}{\alpha_{\sigma}^{0,528} \cdot \lambda^{0,428}} \quad (6)$$

Для заданных значений α_{σ} , λ и ρ , изображенных на рисунке 3, приведено визуальное решение вышеупомянутой проблемы для материала древесины с удельной массой $\rho = 1200$ кг/м³

Экссессивные углы α_{σ} и λ благоприятно влияют на целевую функцию, но ухудшают устойчивость диска. Излишняя сила P_{σ} создает высокоинтенсивные тепловые источники, нагревая диск неравномерно, увеличивает термический износ и потерю остроты режущих кромок.

Двойная ось абсцисс на графике рисунка 3 позволяет создавать графики на уровнях целевой функции P_{σ} . Фиксированные уровни определяют значения силы сжатия инструмента. Оптимизация с использованием математических методов показывает важность углов наклона для разработки тонких пил. Для процесса раскроя древесины оптимальные значения углов составляют от 10 до 15 минут.

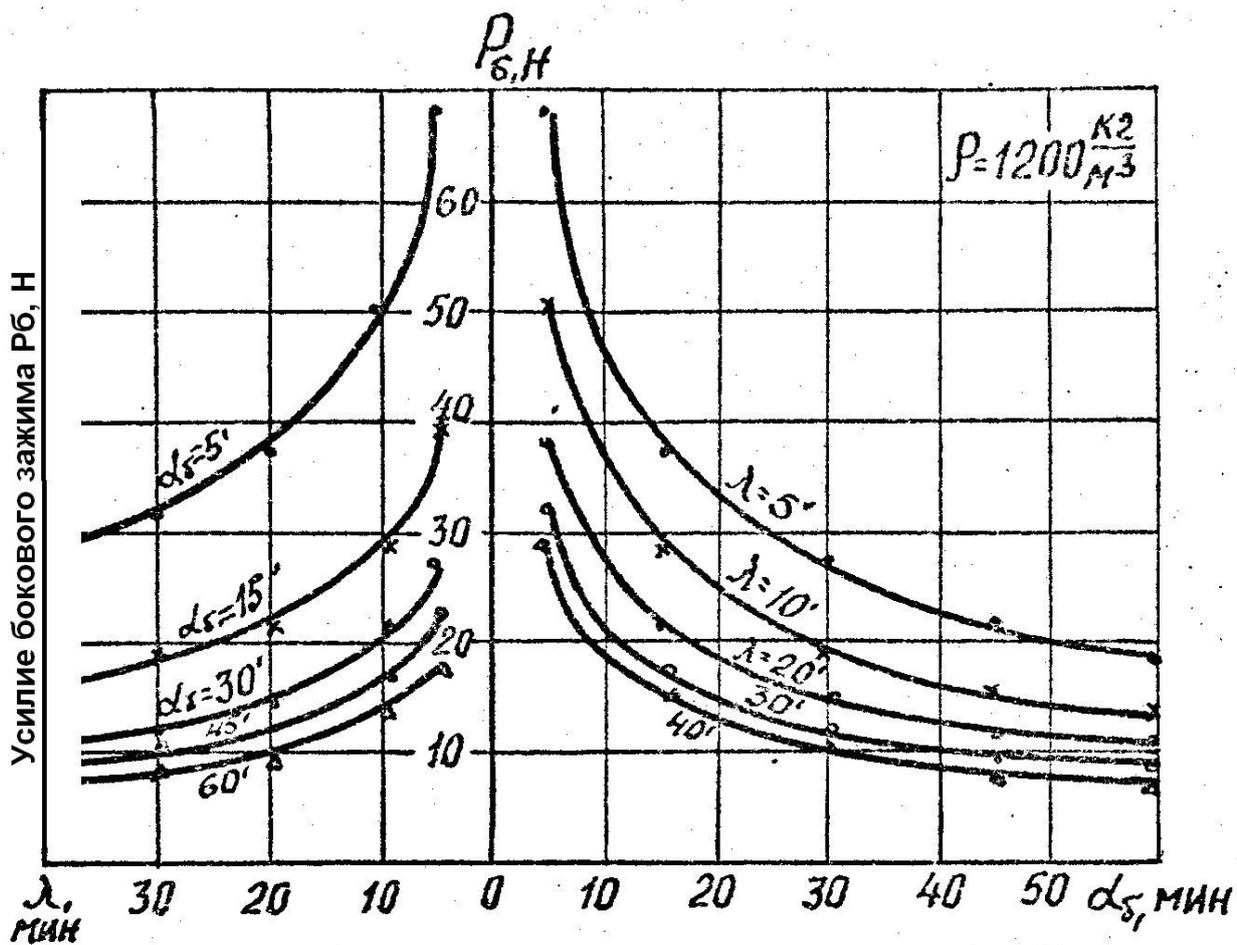


Рисунок 3 – Корреляция усилий P_b зажима от α_s и λ .

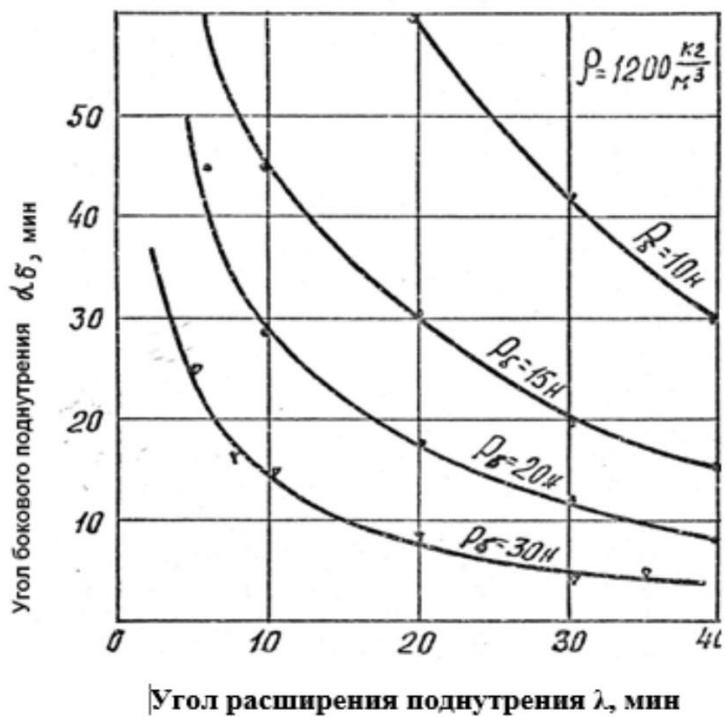


Рисунок 4 – Значения P_b от α_s и λ .

На рисунке 5 показаны пилы, рекомендуемые для резания ДМ.

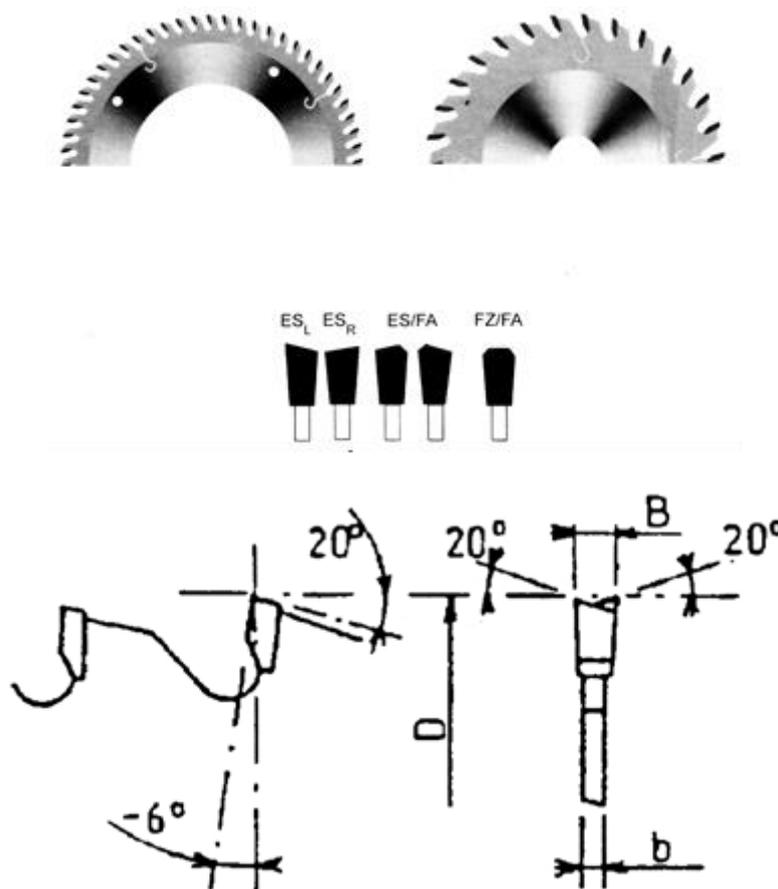


Рисунок 5 – Инструмент фирмы LEUCO для резания модифицированной древесины.

Для обеспечения безопасности труда настоятельно рекомендуется использовать циркулярные пилы с возможностью регулировки внешнего диаметра (см. рисунок 6) и пилы с механизмом ограничения подачи материала на один зуб (см. рисунок 7).

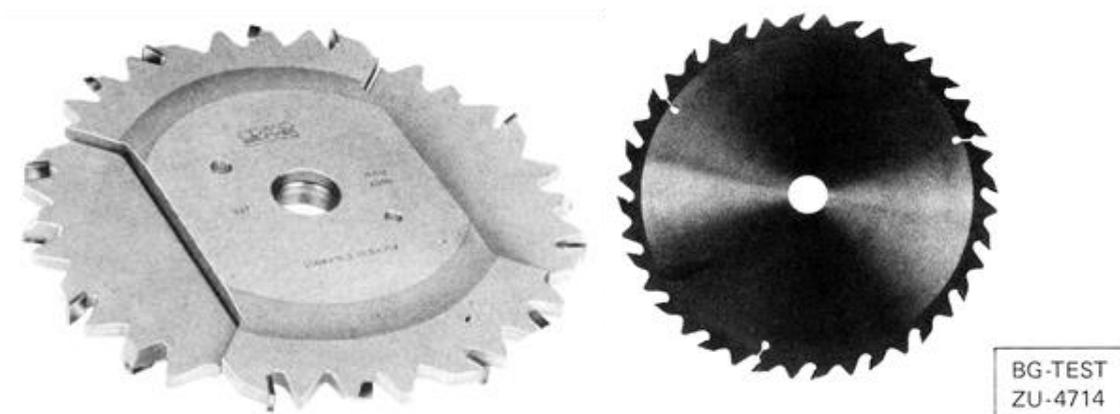


Рисунок 6 – Пила с регулируемым диаметром и вставными режущими секторами.

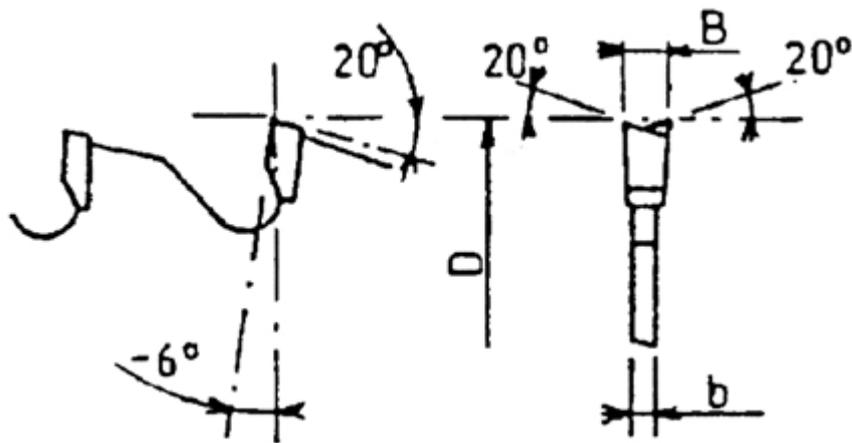


Рисунок 7 – Пила с ограничением по скорости подачи на 1 зуб

Таблица 1: характеристики пил. Рисунок 8: варианты пил.

Таблица 1 – Значения угловых параметров круглых плоских пил: тип 1 – продольный раскрой; тип 2 – поперечный раскрой

Тип	Профиль	γ	β	α	$\delta = \alpha + \beta$
1	I	35	40	15	55
	II	20	40	30	70
2	III	0	40	50	90
	IV	-25	50	65	115

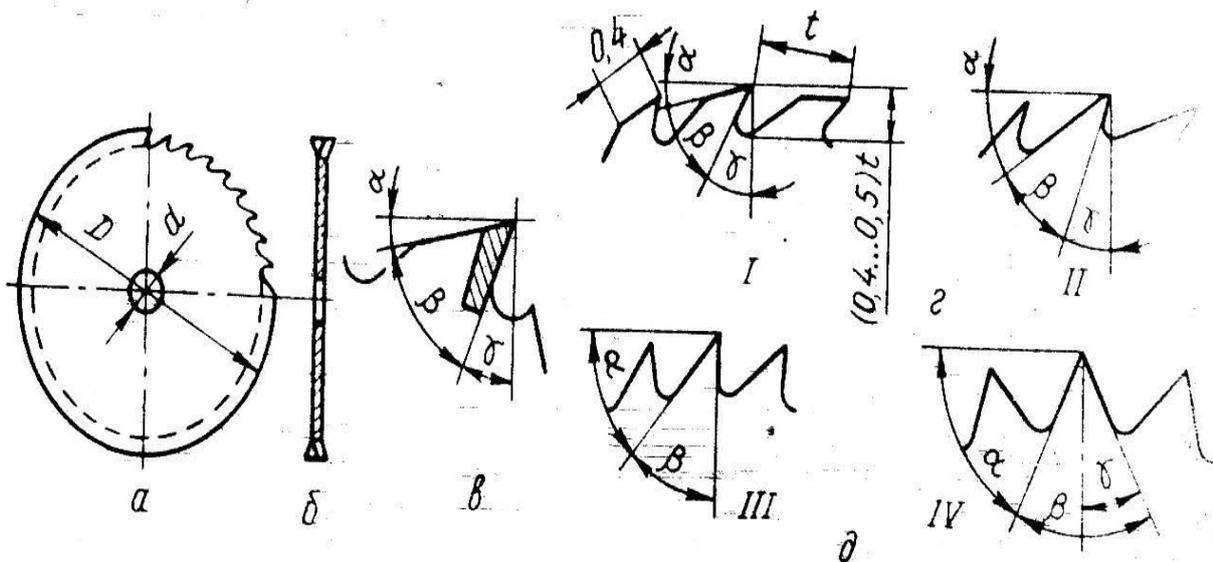


Рисунок 8 – Круглые плоские пилы: а, б – общий вид; в – зуб пилы с пластинкой ТСП; г – тип 1 (профиль I, II); д – тип 2 (профиль III, IV).

Процесс резки древесины обычно выполняется при небольшой толщине стружки. Во время резки износ зубьев на обратной стороне пилы значительно

выше, чем на передней, и пилы с задним углом $\alpha < 15^\circ$ не применяются (см. таблицу 1). Для точной резки модифицированной древесины чаще используются пилы с наклонной заточкой на задней поверхности (рисунок 9). Угол наклонной заточки θ для таких пил составляет от 15 до 20°.

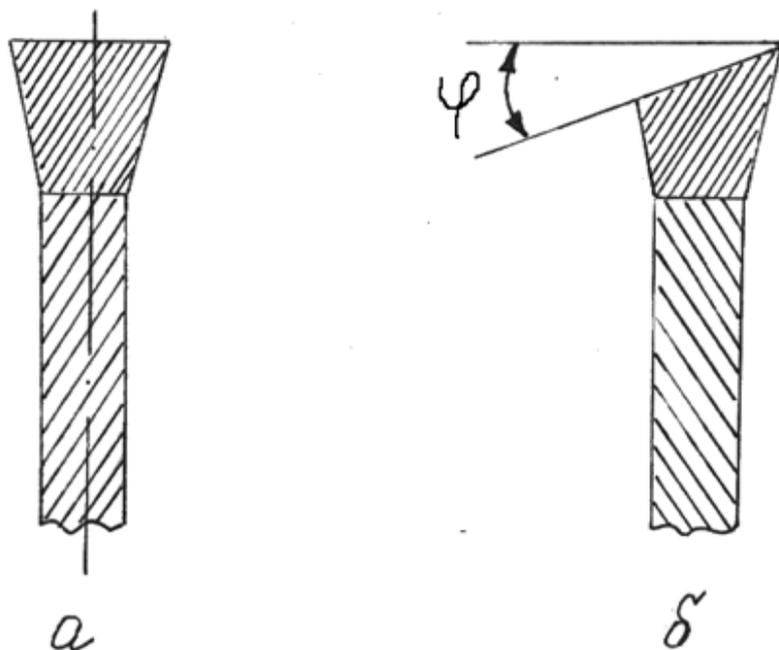


Рисунок 9 – Профиль зубьев пил с ТСП: а – прямой; б – наклонной заточкой

Исследования, направленные на определение наиболее эффективного угла касания кромки, пил, с напылением твердых сплавов, были проведены на круглопильном станке модели КС-2 с учетом продольной и поперечной обработки модифицированного древесного материала с плотностью 1200 кг/м³. Для каждого опыта диаметр пилы, равный 400 мм, был переточен на следующие углы:

- 1) $\theta = 15^\circ$, $\alpha = 15^\circ$
- 2) $\theta = 15^\circ$, $\alpha = 10^\circ$
- 3) $\theta = 15^\circ$, $\alpha = 20^\circ$
- 4) $\theta = 15^\circ$, $\alpha = 30^\circ$
- 5) $\theta = 10^\circ$, $\alpha = 15^\circ$

Измерения количества видимых дефектов, таких как сколы и вырванные волокна, производились на прямоугольных заготовках размерами 30x100x400 миллиметров. Последующая обработка полученных данных осуществлялась на

компьютере с учётом статистики и распределения. На рисунке 10 изображена гистограмма зависимости среднего арифметического размера дефектов от их численности для пяти различных вариантов пил.

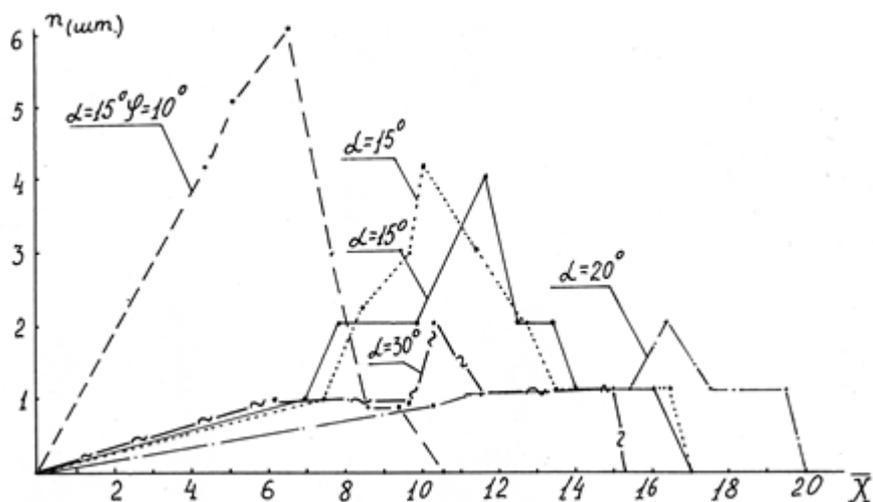


Рисунок 10 – гистограмма зависимости среднего арифметического размера дефектов от их численности

Положено, что увеличение угла φ режущей кромки приводит к снижению силы и энергии, затрачиваемых на процесс резания. Анализ диаграммы показывает, что оптимальными параметрами углов для обеспечения наилучшего качества реза (минимальных дефектов) являются: угол наклона зуба α в пределах $20-30^\circ$ и угол установки пильного диска φ равный 15° (стандартный). Средние показатели качества были замечены у пил с угловыми параметрами: $\alpha=10-15^\circ$ и $\varphi=15^\circ$. Снижение угла заточки φ режущего инструмента до 10° приводит к резкому ухудшению качества реза при одновременном увеличении энергозатрат.

Пилы с пластинками из поликристаллического алмаза обладают повышенной стойкостью к износу при обработке изделий из древесно-материальных композитов (см. рисунок 11 и таблицу 2).

В зависимости от типа конструкции режущего инструмента рекомендуется поддерживать определенные параметры высоты зубьев h . Для пил, предназначенных для продольной распиловки, оптимальная высота зубьев составляет $0,5t$, а для поперечной - в диапазоне от $0,6$ до $4t$. Радиус закругления впадины зуба должен быть приблизительно равен $0,1t$, где t - шаг зубьев. Современные пилы оснащаются пластинками из твердых сплавов и

сверхтвердых материалов, что повышает износостойкость инструмента в сотни раз и более.

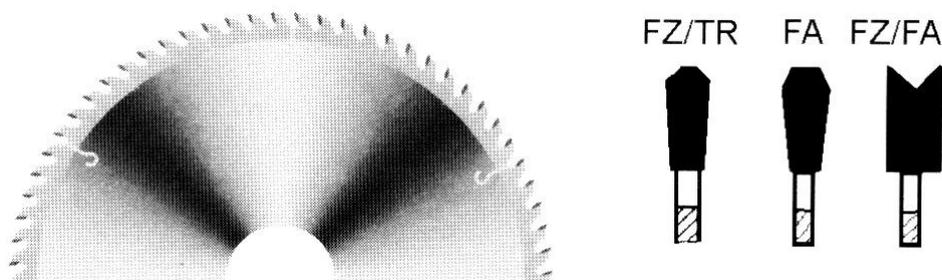


Рисунок 11– Профиль зубьев алмазных дисковых пил

Таблица 2 – Параметры дисковых алмазных пил

D , мм	B/b , мм	Z	n , min^{-1}
250	3,4/2,2	36	6500
250	3,4/2,2	48	6500
250	3,4/2,2	60	6500
350	4,6/3,2	30	5000
350	4,6/3,2	36	5000
350	4,6/3,2	48	5000
350	4,6/3,2	60	5000
350	4,6/3,2	72	5000
400	4,6/3,2	30	4500
400	4,6/3,2	36	4500
400	4,6/3,2	48	4500
400	4,6/3,2	60	4500
400	4,6/3,2	72	4500
430	4,8/3,2	48	4000
430	4,8/3,2	60	4000
430	4,8/3,2	72	4000
450	4,8/3,2	48	3800
450	4,8/3,2	60	3800
450	4,8/3,2	72	3800

Централизованная заточка вставных режущих элементов повышает производительность пиления и качество деления. Использование деревообрабатывающих инструментов с твердосплавными пластинками улучшает стойкость и качество механической обработки. Такие инструменты дороже стальных в 10 раз и требуют дополнительных трудозатрат при подготовке.

Разработка новых дереворежущих пил с использованием синтетических материалов. Исследования для улучшения свойств инструмента. Важность процесса заточки на предприятиях деревообработки.

Известные методы спайки неэффективны для фиксации поликристаллов. Механическое крепление режущих элементов в инструментах сталкивается с техническими проблемами. В России проведен эксперимент с использованием стальных пил для сохранения радиуса резания.

Промышленность зарубежных стран активно исследует применение новых инструментов с композитными сверхтвердыми пластинами для обработки металлов и пластмасс (см. рисунок 12).

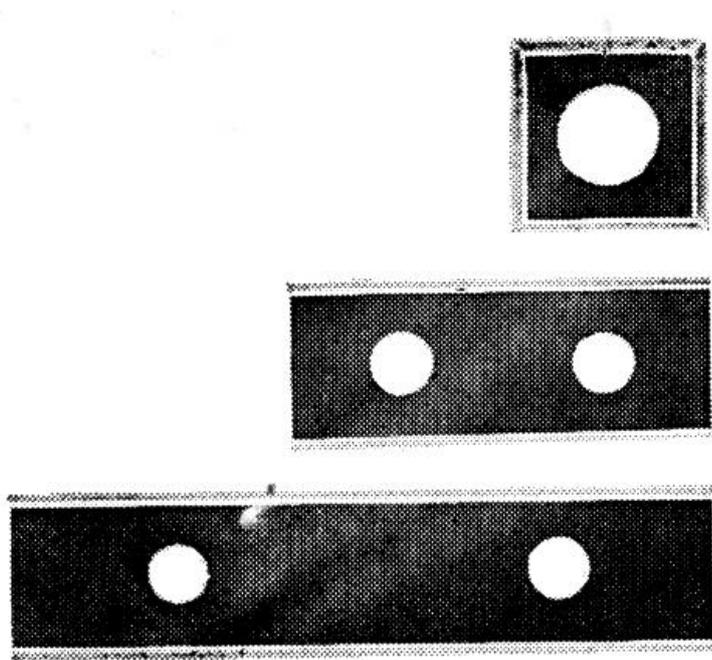


Рисунок 12 – Сплошные поворотные твердосплавные пластинки иностранных фирм.

Применение механического крепления пластин из сверхтвердых материалов, таких как композиты эльбора и гексанида, повышает стойкость инструментов. Однако передовые материалы имеют недостатки - хрупкость, низкий коэффициент расширения, плохая смачиваемость припоями, что создает технологические вызовы.

Эффективность твердосплавных инструментов зависит от технологий и подготовки. Крепление пластин осуществляется методом пайки, что может вызвать негативные эффекты из-за остаточных напряжений.

Основной недостаток режущих инструментов с радиальными пазми - сложность конструкции и ограниченный срок службы из-за изменения радиуса резания. Пила с вставными зубьями через гнезда обеспечивает постоянный радиус резания, снижая трудозатраты и повышая надежность. Круглая пила с резцами для эффективной работы имеет гнезда с уклоном, направленные против часовой стрелки и резец с отверстием и вырезами.

Согласно рисунку 13, проведенные исследования говорят о значимости данного аспекта. В результате анализа данных можно утверждать, что наблюдаемый эффект в значительной степени обусловлен особенностями исследуемого феномена. Рекомендуется уделить внимание дополнительным аспектам данного явления для более глубокого понимания его сути и воздействия на окружающую среду.

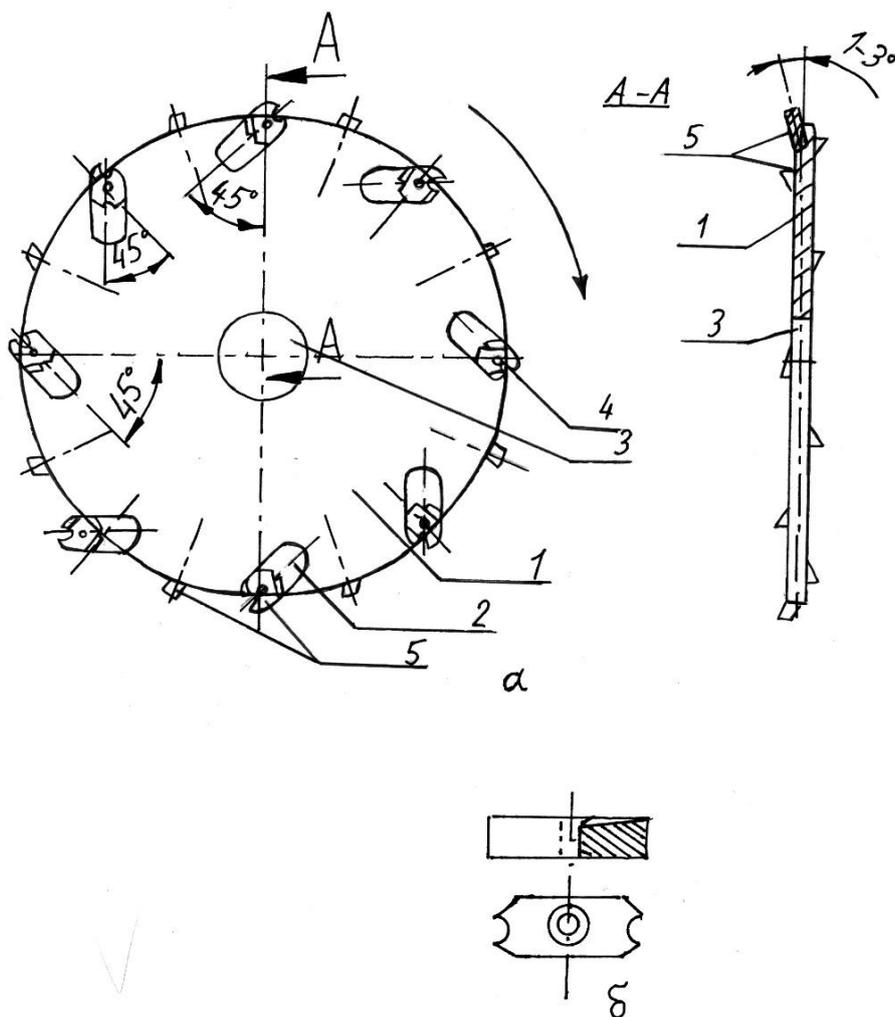


Рисунок 13 - Пила с вставными твердосплавными, поворотными пластинами: а - пила; б – пластина.

Круглая пила представляет собой инструментальное устройство, оснащенное корпусом 1, посадочные гнезда 2 которые имеют уклон на 45° закреплённые винтом 4 и отверстие под вал 3, каждый из резцов 5 изготовлен в виде четырехзубого прямоугольника с центральным отверстием под винт

Принцип работы круглой пилы включает выбор резцов, балансировку, закаливание зубьев и их замену при затуплении. Режущий инструмент должен иметь определенные размеры и форму для эффективной работы пилы. Невыполнение этих условий приводит к ухудшению работы инструмента и усложняет эксплуатацию пилы. Также предусмотрена возможность четырехкратного поворота режущих элементов для обработки материалов с учетом требований стандарта. Режущие элементы можно заточить и использовать как на правосторонней, так и на левосторонней пиле. Устройство может быть реализовано в различных вариантах в зависимости от рабочих условий.

Этот ассортимент возможностей обеспечивает значительное уменьшение сложности эксплуатации в четыре и более раза при относительно невысокой сложности конструкции.

Для обеспечения эффективности и качества работы круглых пил необходимо осуществлять их подготовку в строгом соответствии с установленными режимами и нормами. основополагающими этапами процесса подготовки пил, определяющими качество производимого реза, являются операции вальцевания и разводки. В процессе эксплуатации пилы подвергаются неравномерному нагреву, что приводит к потере поперечной устойчивости.

При резании важна устойчивость полотна пилы, которая достигается жесткостью и натяжением. Поскольку наибольшие изгибающие поперечные силы возникают на кромках пилы в процессе передачи максимальных продольных напряжений в крайние участки полотна для обеспечения максимальной жесткости, необходимо применить специальную методику обработки полотна - вальцевание. Прежде чем начать процесс, необходимо провести предварительный анализ напряженного состояния пильного диска.

Пила устанавливается на три опоры прибора для контроля напряжения ПСП. Прогиб центральной части диска измеряется на окружности с радиусом 50 мм. Для исключения влияния не плоскостности, измеряется среднее значение прогиба в каждой точке путем двух измерений. Критерием напряженного состояния диска является среднее арифметическое значение прогиба в трех равноудаленных точках.

Замеренное значение прогиба сравнивается с установленным нормативом согласно таблице 3.

Таблица 3 - Нормативная и допустимая величина прогиба пил

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Нормативная	Допустимая
1	2	3	4
160	2,0	0,01	0,005-0,015
200	2,0	0,02	0,01-0,03
250	1,8	0,07	0,04-0,10
	2,4	0,04	0,02-0,06
320	2,0	0,16	0,10-0,22
	2,2	0,14	0,08-0,20
	2,4	0,12	0,07-0,17
	2,8	0,08	0,05-0,11
360	2,2	0,20	0,12-0,28
	2,4	0,17	0,10-0,24
	2,6	0,14	0,08-0,20
	3,2	0,09	0,05-0,13
400	2,4	0,22	0,13-0,31
	2,6	0,19	0,11-0,27
	2,8	0,16	0,10-0,20
	3,2	0,12	0,07-0,17
	3,0	0,20	0,12-0,28

При отклонении величины прогиба от установленного стандарта производят вальцевание диска пилы. Применение вальцевания уменьшает риск повреждения твердосплавных пил. Процесс вальцевания осуществляется вдоль окружности. Начальное давление роликов определяется в пределах 3-5 Н.

При излишнем прогибе диска пилы делается вальцовка периферийной зоны с радиусом 3-7 мм от зубьев. Давление роликов выбирается от 1 до 3 Н в зависимости от прогиба. На каждый участок вальцевания приходится 3-4 прохода роликов. В случае если после этого прогиб не соответствует установленным стандартам, вальцовку пилы продолжают по тому же радиусу,

увеличивая количество проходов (для незначительных изменений прогиба) или давление роликов (для существенных коррекций прогиба).

После достижения заданной величины деформации выполняется проверка плоскости диска пилы. В случае превышения допустимого уровня не плоскости производится дополнительная корректировка пилы.

Процесс развода зубчатого венца пил является важным этапом в производстве. Для этого применяются различные методы, такие как использование ручных щелевых разводок, разнообразных приспособлений, станков с ручным или механическим приводом, а также полуавтоматических устройств. Однако, отсутствует систематизация этих методов, и многие предприятия лесопромышленного сектора все еще используют ручные разводки, которые могут привести к отклонениям в развороте зубьев большим, чем допустимая норма в 0,05 мм. Несмотря на потенциальные преимущества, полуавтоматические устройства для разворота зубьев пока не получили широкого распространения в промышленности из-за их отсутствия универсальности и высокой стоимости.

Процесс разведения зубьев выполняется путем последовательного изгиба их в разные стороны относительно плоскости диска пилы. Изгибаемая часть зуба находится на расстоянии 0,5-0,9 от его верхушки при высоте зуба до 15 мм и 0,3-0,5 от его высоты - если высота зуба превышает 15 мм. Линия изгиба должна быть перпендикулярна биссектрисе угла заточки. Существуют два метода разведения, определяемые схемой изгиба зубьев: прямой и со сдвигом. Разведение со сдвигом заключается в изгибе зуба в сторону и одновременном сдвиге его верхней части, что добавляет боковой наклон к зубьям.

Данный метод является трудозатратным и не поддается механизации. В реальной практике выполняются такие операции, как изгиб зуба на заданное значение, переразвод зубьев с последующим возвращением, развод с сдвигом и изгиб с использованием чеканки. Применение переразвода с последующим возвращением обеспечивает наиболее высокую точность развода и его устойчивость в рамках противостояния усадке.

Рекомендуется использовать универсальную систему разводки. Эта система может быть применена в мастерских, фабриках, заводах, лесных хозяйствах, колхозах и других производственных учреждениях. Основные компоненты разводки включают корпус 1, расположенный на основании с крепежными отверстиями 2, а также пластину 3, регулирующую высоту развода, которая монтируется на основании 2 с помощью болтов. Пластина имеет упор, который служит опорой для вершин зубьев пилы во время процесса разводки.

Для процесса развода зубьев и вставки сменных прессформ 5 под пластиной 3 используется толкатель 4 в механизме. Толкатель 4 установлен в направляющих элементах с плавным скольжением. Рычаг 6, который управляет толкателем, соединен с корпусом 1 шарниром и эксцентриком. (рисунки 16 и 17).

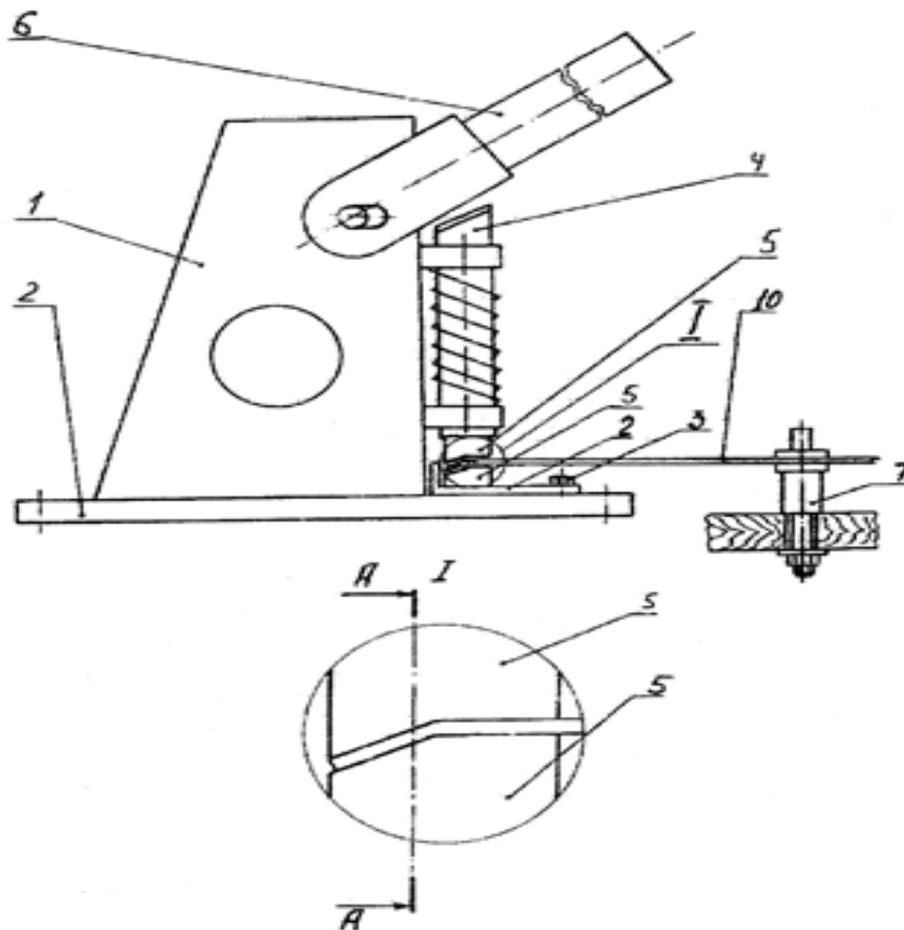


Рисунок 16 – Устройство для развода зубьев различных пил.

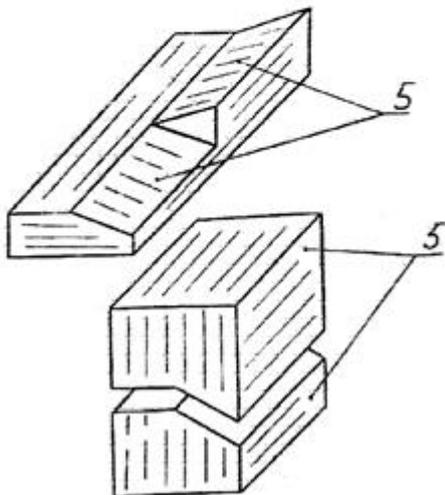
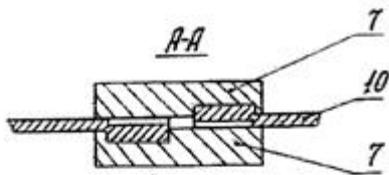


Рисунок 17 – Сменные элементы для развода зубьев пил

Основание для разводки пилы 2 крепится к верстаку или столу с помощью болтов на удобной рабочей высоте в стоячем положении. Для расставке зубьев пилы используется специальная оправка, закрепленная отдельно на столе. Важно отметить, что болт 7, предназначенный для предотвращения искривления пилы в процессе разводки, должен быть ослаблен. После установки пилы его необходимо затянуть до контакта с поверхностью пилы. Путем вращения (для круглых пил) или перемещения пилы вручную, проводится настройка развода одного зуба (для круглых пил) или двух зубов (для рамных и ленточных пил) между верхними и нижними закаленными прессформами 5. Для этого одной рукой нажимают на рычаг 6 до упора, а другой рукой осуществляют поворот или продвижение пилы.

Процесс разводки основан на применении метода поперечного изгиба зубьев, что позволяет снизить остаточные напряжения при разводе до минимума и обеспечить более высокую точность этой операции. Величину развода регулируют путем замены прессформы 5, а высоту - смещением пластины 3.

Применение "фигурного" развода с изгибом способствует улучшению условий работы пилы и повышению чистоты поверхности пропила. Линия изгиба зуба фиксируется прессформой под давлением, что исключает отгибание вершины зуба. Это позволяет сократить количество необходимых разводов пил, избежать дефектов материалов из-за "рисок", существенно уменьшить поломки зубьев пил во время работы и повысить точность развода до $\pm 0,01$ мм.

Компактность (масса 4,5 килограмма) и скромные размеры (210x110x200 миллиметров), высокая эффективность (время разводки рамной пилы составляет 1,5 минуты, круглой - от 3 до 5 минут), универсальность (разводка любых видов пил), простота конструкции и низкая стоимость позволяют говорить о возможности индустриального использования.

Список литературы:

1. Свиридов Л.Т., Резание древесины различной плотности/ В.П. Ивановский, Л.Т. Свиридов – Воронеж: РИО ВГЛТА, 2005. – 204 с.

2. Ивановский В.П., Современные процессы и оборудование в деревообработке/ В.П. Ивановский, Л.Т. Свиридов, А.В. Ивановский – Воронеж: ЦНТИ, 2011. – 363 с.

3. Ивановский, В.П. основы теории резания древесины: тексты лекций / В.П.Ивановский; / ВГЛТА. – Воронеж. 1988.

4. Ивановский, В.П. Дереворежущий диск: информ. листок / В.П. Ивановский; ЦНТИ. – Воронеж, 1995.

List of literature:

1. Sviridov L.T., Cutting wood of various densities/ V.P. Ivanovsky, L.T. Sviridov – Voronezh: RIO VGLTA, 2005. – 204 p.

2. Ivanovsky V.P., Modern processes and equipment in woodworking/ V.P. Ivanovsky, L.T. Sviridov, A.V. Ivanovsky – Voronezh: TsNTI, 2011. – 363 p.

3. Ivanovsky, V.P. fundamentals of the theory of wood cutting: texts of lectures / V.P.Ivanovsky; / VGLTA. – Voronezh. 1988.

4. Ivanovsky, V.P. Woodworking disk: inform. leaflet / V.P. Ivanovsky; Central Research Institute. Voronezh, 1995.