А. Н. ЧЕМОДАНОВ, Е. М. ЦАРЕВ,
С. Е. АНИСИМОВ

ДЕРЕВОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



«Инфра-Инженерия»

А. Н. ЧЕМОДАНОВ, Е. М. ЦАРЕВ, С. Е. АНИСИМОВ

ДЕРЕВОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Рекомендовано научно-методическим советом
Учебно-методического объединения по образованию
в области лесного дела в качестве учебного пособия
по специальности «Лесоинженерное дело»

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2023

УДК 674:630*
ББК 37.13+43.90
Ч-42

Рецензенты:
кафедра ТОЛП Уральской государственной лесотехнической академии (зав. кафедрой профессор, доктор технических наук *Н. В. Лифшиц*);
начальник отдела лесозаготовок Департамента промышленного и топливно-энергетического комплекса республики Марий Эл *А. Н. Лебедев*;
кафедра ДОП Марийского государственного технического университета (кандидат технических наук, доцент *С. В. Иванов*)

Чемоданов, А. Н.

Ч-42 Дереворежущий инструмент. Справочные материалы : учебное пособие / А. Н. Чемоданов, Е. М. Царев, С. Е. Анисимов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 660 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1081-6

Представлены сведения о видах дереворежущего инструмента, используемого для обработки лесоматериалов на всех фазах технологического процесса лесозаготовительного производства, при переработке древесины в деревообрабатывающем производстве. Рассмотрена классификация дереворежущего инструмента, вопросы его качественной подготовки к работе, условия эффективной эксплуатации режущего инструмента, повышения долговечности работы.

Для студентов лесотехнических специальностей, инженерно-технических работников лесопромышленного и деревообрабатывающего производств.

УДК 674:630*
ББК 37.13+43.90

ISBN 978-5-9729-1081-6

© Чемоданов А. Н., Царев Е. М., Анисимов С. Е., 2023
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2023
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

На лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятиях большой объем работ выполняется при первичной обработке и переработке лесоматериалов: поперечное и продольное пиление, строгание, фрезерование, раскалывание, сверление, точение. Качество выпускаемой продукции, производительность труда, эффективность использования дереворежущего оборудования в значительной степени зависят от свойств режущего инструмента, подготовки его к работе и правильной эксплуатации.

Оптимальная конструкция дереворежущего инструмента должна обеспечивать высокое качество и точность обработки, значительную производительность оборудования, износостойкость инструмента и безопасность в работе, простоту и удобство в изготовлении и использовании. Выполнение отмеченных условий главным образом зависит от свойств выбранного материала инструмента и правильной его подготовки, угловых и линейных параметров инструмента, его конструктивной формы.

В процессе использования дереворежущего инструмента решающее значение имеют операции по его подготовке: заточка, развод и плющение зубьев, проковка и вальцовка пил, балансировка и монтаж инструмента, его пайка и термическая обработка. Для этого необходимо хорошо знать сущность этих операций и оборудование для подготовки дереворежущего инструмента, его конструкцию и кинематические схемы, оптимальные режимы работы.

Представленное пособие рассматривает основные виды дереворежущего инструмента, его назначение и геометрические параметры, перечень необходимых операций по подготовке инструмента к работе, применяемое для этих целей оборудование и контрольно-измерительные приборы, наиболее значимые вопросы по организации на предприятии инструментального хозяйства. В учебных целях предлагаемое пособие может быть использовано студентами лесных специальностей при проведении практических занятий, учебных и производственных практик, курсовом и дипломном проектировании. На производстве данное пособие окажет значительную помощь при квалифицированной подготовке и эксплуатации современных дереворежущих инструментов.

1. ПОНЯТИЕ О МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Для получения различных по назначению, форме и размерам лесоматериалов их подвергают механической обработке. Теоретические основы механической обработки древесины называют теорией резания. Задачами теории резания древесины являются определение усилий, возникающих при резании и потребной мощности на резание, а также нахождение оптимальных параметров режущих инструментов и режимов резания, дающих наибольшую производительность при наименьших затратах энергии и требуемом качестве обрабатываемой поверхности.

Различают следующие основные способы механической обработки древесины: резание, пиление, рубку, раскалывание, фрезерование и др. В основе большинства способов механической обработки лежит процесс резания древесины, т. е. отделение одной части дерева от другой с помощью резца.

Для деления древесины с образованием стружки применяют разнообразные режущие инструменты, основным элементом которых является простой (элементарный резец) резец, представляющий собой клин. Внедряясь в древесину, резец отделяет тонкую стружку постоянной толщины. Резание таким резцом называется элементарным.

Простой резец (рис. 1.1) представляет собой клин, у которого различают переднюю грань $AOO'A'$, заднюю грань $BOO'B'$, переднюю (главную) режущую кромку (лезвие) OO', образованную пересечением передней и задней грани, и боковые грани AOB и $A'O'B'$. Пересечение передней грани с боковыми дает боковые режущие кромки AO и $A'O'$. Только условно можно принять, что режущие кромки представляют собой прямые линии, в действительности переход от одной плоскости к другой происходит по криволинейной поверхности с некоторым радиусом ρ. Чем меньше ρ, тем острее резец.

Угол β, составленный передней и задней гранями называется углом заточки или углом заострения резца. Если передняя режущая кромка

составляет прямой угол с боковыми гранями и перпендикулярна направлению движения резания, заточка резца называется прямой, в ином случае она будет косой.

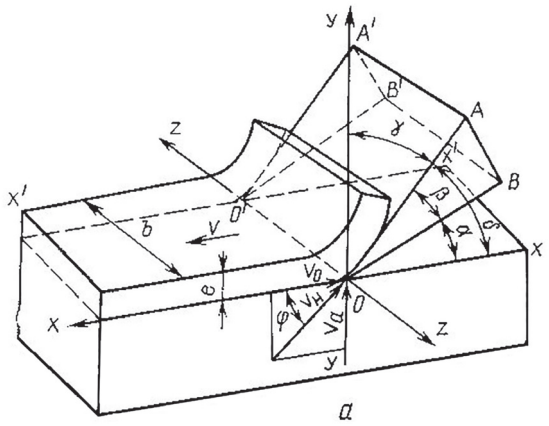


Рис. 1.1. Элементарный резец

Плоскость $xxx'x'$, получаемая в результате движения резца в направлении x–x, представляет собой плоскость обработки. Угол между передней гранью резца и плоскостью обработки называется углом резания δ, а угол между передней гранью и перпендикуляром к плоскости обработки называется передним углом γ. Как правило, задняя грань не совпадает с плоскостью обработки и составляет с ней угол, называемый задним углом α. Соотношение между углами выражается уравнением:

$$\delta = (\alpha + \beta) \text{ и } \gamma = 90^\circ - (\alpha + \beta) = 90^\circ - \delta. \qquad (1.1)$$

В зависимости от положения плоскости резания по отношению к волокнам различают три вида простого резания: в торец, вдоль и поперек волокон.

При резании в торец (рис. 1.2, а) плоскость обработки и направление движения резца перпендикулярны направлению волокон, которые

расположены по оси $y - y$, а движение резца по оси $x - x$. В этом случае волокна разрушаются по их длине.

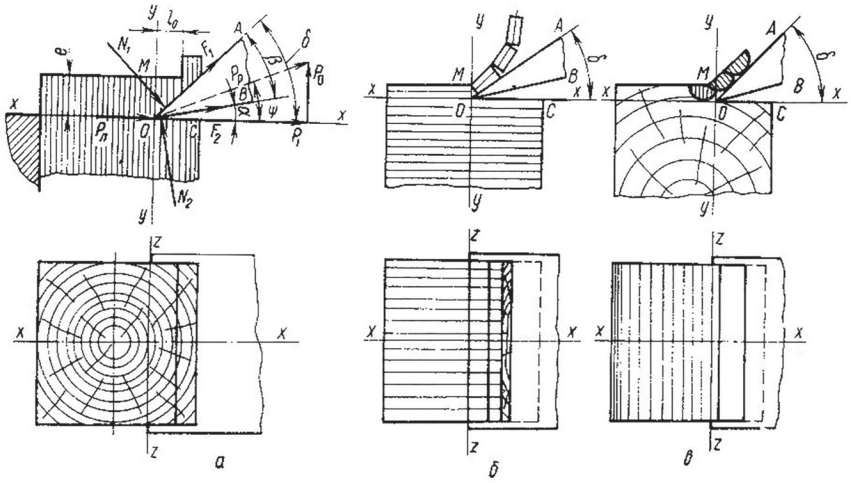


Рис. 1.2. Виды резания по ориентации волокон древесины: а – в торец; б – вдоль волокон; в – поперек волокон

При резании вдоль волокон (рис. 1.2, б) плоскость резания xOz и направление движения резца совпадают с направлением волокон, идущих по оси $x–x$. Стружка отделяется по плоскости Ox вследствие разрыва связей между волокнами и излома по плоскости OM, проходящей поперек волокон.

При резании поперек волокон (рис. 1.2, в) происходит движение резца поперек волокон в их плоскости. В этом случае волокна древесины лежат в плоскости резания xOz и их направление совпадает с осью $z–z$. Отделение стружки происходит по плоскости Ox и поверхности OM вследствие нарушения связи между волокнами.

Нарушение любого из условий простого резания вызывает появление сложного резания, которое характеризуется одновременной обработкой двух-трех поверхностей, переменной скоростью резца, криволинейной траекторией его движения, переменной толщиной стружки, расположением плоскости резания под разными углами к направлению волокон и т. д.

Скорость движения резца называется скоростью резания v. Для внедрения резца в древесину и отделения от нее стружки к нему должно быть приложено усилие P_p, называемое силой резания. Оно складывается из усилий: на перерезание древесины, деформацию стружки, преодоление трения элементов стружки о резец, резца о древесину и т. д.

При срезе стружки резец контактирует с заготовкой по контуру *akcd* (рис. 1.3), который называют активным контуром режущего элемента. Активный контур включает в себя часть передней грани (участок *ak*), контактирующую со срезаемой стружкой, округленную режущую кромку (лезвие *kc*) и часть задней поверхности (участок *cd*). Лезвие *kc* поднимает материал, расположенный ниже плоскости резания kk', на величину радиуса округления ρ. После прохода лезвия подмятый материал упруго восстанавливается и воздействует на заднюю грань *cd*.

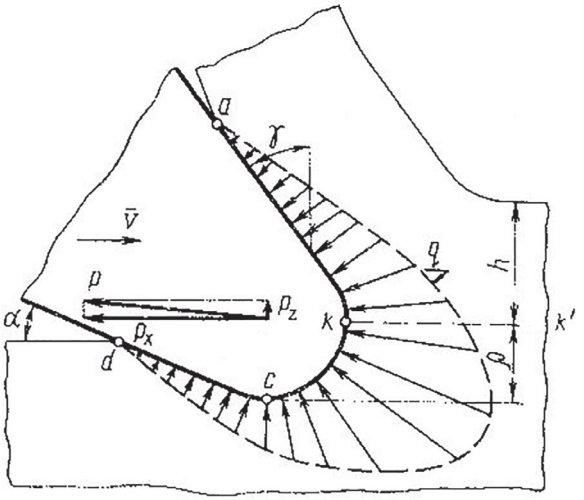


Рис. 1.3. Силы, действующие на резец

На всем активном контуре возникают нормальные и касательные нагрузки. Типичное распределение нормальных нагрузок q, действующих на активный контур со стороны обрабатываемого материала, показано на рис. 1.3. Обычно действие распределенных по активному конту-

ру нагрузок заменяют одной сосредоточенной силой P. Это сила взаимодействия резца с материалом, ее часто раскладывают на составляющие P_x и P_z. Касательная сила P_x – это составляющая силы P, направленная вдоль вектора скорости резания $\bar{v}$. Нормальная сила P_z – это составляющая силы P, направленная перпендикулярно вектору скорости резания $\bar{v}$. Касательная сила P_x всегда направлена против вектора скорости резания и препятствует движению резания. По этой силе ведут расчет необходимой мощности привода механизма главного движения.

Если нормальная сила P_z направлена от поверхности резания в сторону стружки (рис. 1.3), то ее называют силой отжима. Сила отжима, которой условно присвоен знак плюс (+), стремится отжать резец от поверхности резания. Если нормальная сила P_z направлена от поверхности резания в глубь заготовки, то ее называют силой затягивания. Силе затягивания присвоен знак минус (–). По величине нормальной силы определяют необходимую жесткость режущего инструмента и шпинделя станка.

Прочность режущего инструмента рассчитывают по суммарной силе P, поэтому для обоснования параметров режущего инструмента необходимо знать влияние условий резания на величину сил резания. Все условия резания принято разделять на три группы: определяемые обрабатываемым материалом (прочность, структура, влажность и температура материала); определяемые режущим инструментом (угловые параметры, острота резца); определяемые режимами резания (скорость резания, скорость подачи, ширина стружки).

Чем больше прочность материала, тем больше при прочих равных условиях касательная и нормальная силы. Зная это, можно по известной плотности ориентировочно определить возможные силы резания какого-либо нового материала. При резании всех древесных пород в торец возникают наибольшие, а при резании поперек волокон наименьшие силы.

Влияние влажности древесины на силу резания связано с уменьшением прочности при увеличении содержания влаги. При наличии в древесине свободной влаги (при влажности более 30 %) она выступает в качестве смазки и уменьшает коэффициент трения древесины по резцу, поэтому с ростом влажности сила резания несколько уменьшается.

С ростом температуры древесины сила резания также уменьшается. Уменьшение идет плавно как при отрицательных, так и при положи-

тельных температурах. При 0 °С сила меняется скачкообразно, что связано с изменением агрегатного состояния влаги. Увеличение переднего и заднего углов резца приводит к уменьшению сил резания.

Острота режущего инструмента, оцениваемая радиусом затупления лезвия ρ, оказывает большое влияние на силу резания. Чем больше радиус ρ, тем больше касательная сила P_x и сила отжима P_z. Касательная сила P_x уменьшается при возрастании скорости резания от малых значений до 40–50 м/с, а при дальнейшем возрастании скорости до 100–120 м/с сила P_x возрастает.

В оборудовании, применяемом на лесозаготовках, в основном используется метод резания со снятием стружки – пиление.

Пилением называют процесс разделения обрабатываемого образца на две или несколько частей при помощи повторного движения резцов в данном сечении. Для этой цели применяют инструменты, имеющие несколько резцов и называемые пилами. Процесс пиления значительно более сложен, чем процесс резания элементарным резцом. Каждый зуб пилы имеет несколько режущих кромок (по существу несколько резцов), производящих резание в разных направлениях по отношению к волокнам древесины. Кроме того, при резании зубья пилы работают в закрытом пространстве, называемом пропилом, что создает специфические условия по сравнению с работой элементарного резца.

Используют следующие виды пиления, отличающиеся направлением пропила по отношению к волокнам древесины: поперечное пиление – плоскость пропила перпендикулярна направлению волокон; продольное пиление – плоскость пропила параллельна направлению волокон.

Если траектории движения резцов пересекают направление волокон древесины, то процесс резания происходит с образованием опилок. Когда направление волокон и траектории движения резцов совпадают, процесс резания происходит с образованием стружки.

Пилы имеют полотно и зубчатый венец. Их различают по форме и роду движения. По форме пилы разделяют на следующие виды: круглые, ленточные, прямые (рамные) и цепные.

2. КРУГЛЫЕ ПИЛЫ

Круглые пилы – это многорезцовый инструмент, имеющий форму диска, сферы, цилиндра или квадрата. Пиление осуществляется вращательным движением инструмента при поступательном движении обрабатываемого материала или пилы вместе с ее приводом. Вращательное движение характеризуется окружной скоростью, которую условно называют скоростью резания, а поступательное движение – скоростью подачи. Осуществление процесса пиления возможно только в том случае, если имеются оба движения.

По виду пиления круглые пилы разделяются на пилы для продольной, поперечной и смешанной распиловки древесины и древесных материалов [42, 43, 5, 6, 8, 9, 12, 13]. Они отличаются друг от друга профилем зубьев, углами резания и способом заточки. Классификация круглых пил дана на схеме (рис. 2.1).

Промышленностью выпускаются несколько типов круглых пил, отличающихся различным технологическим назначением. Наиболее распространены пилы с плоским диском (рис. 2.2, а). Они бывают стальными и оснащенными пластинками твердого сплава. В зависимости от профиля зубьев пилы с плоским диском используют для продольной и поперечной распиловки древесины, фанеры, стружечных и волокнистых пил, облицовочных щитов и др.

Пилы с коническим диском бывают лево-, право-, и двусторонние (рис. 2.1, б, в, г). Они применяются для продольной распиловки пиломатериалов на тонкие (до 15…20 мм) дощечки. Левосторонние (конус слева относительно движения подачи) предназначены для отпиливания дощечки с левой стороны доски (рис. 2.1, б), а правосторонние – с правой (рис. 2.1, в).

Двусторонние конические пилы применяют для ребровой распиловки широких досок толщиной до 40 мм (рис. 2.2, г). Ограничения по толщине связаны с тем, что коническая часть пилы должна отогнуть отпиливаемую дощечку. Конические пилы более устойчивы в работе и уменьшают потери древесины в опилки примерно в 2 раза по сравнению с плоскими пилами за счет меньшей толщины периферийной части пилы.

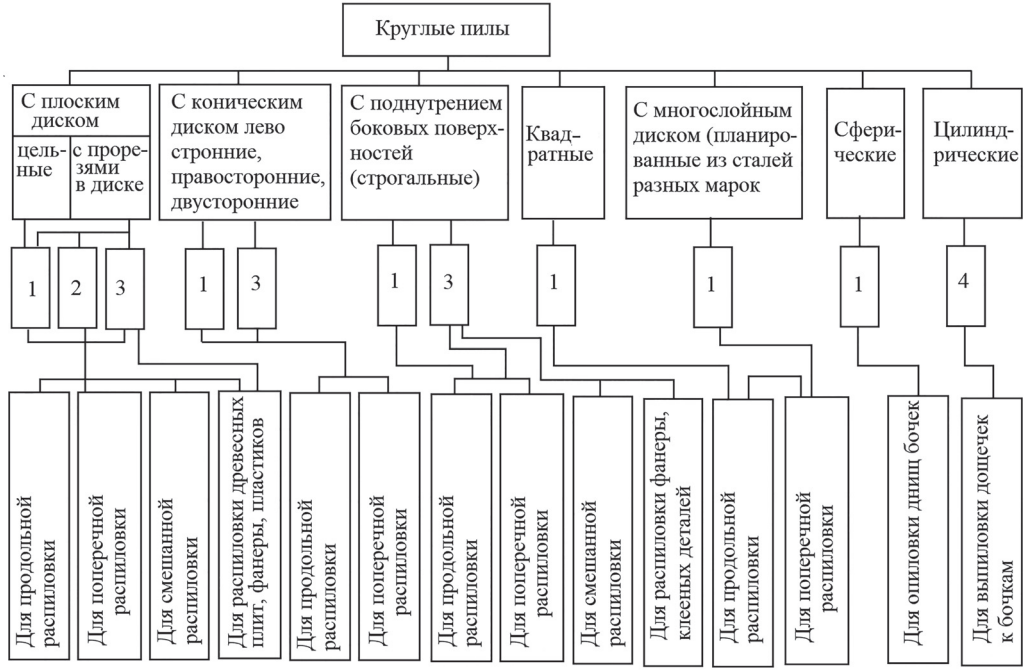


Рис. 2.1. Классификация круглых пил по конструкции пильного диска, режущих зубьев и по назначению:
1 – из цельного пильного диска; 2 – со вставленными зубьями; 3 – с пластинками из твердого сплава; 4 – из стального листа, согнутого в цилиндр

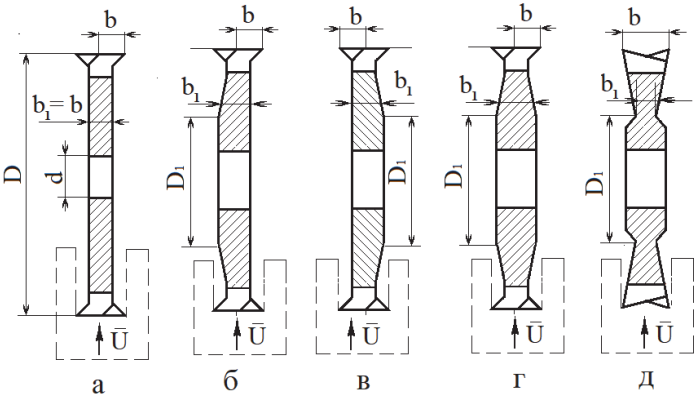


Рис. 2.2. Форма поперечного сечения дисков пилы: а – плоская; б – коническая левосторонняя; в – коническая правосторонняя; г – коническая двусторонняя; д – строгальная

Строгальные пилы (рис. 2.2, д) применяют для чистовой продольной и поперечной распиловки древесины. Свое название они получили в связи с тем, что обеспечивают шероховатость поверхности, как и процесс продольного фрезерования. Высокое качество поверхности объясняется тем, что зубья строгальных пил не разводят и не плющат. Для уменьшения трения пилы о стенки пропила диск пилы имеет боковое поднутрение под малым углом (около половины градуса). Это пилы с обратным конусом (сужающиеся к центру пилы). Строгальные пилы имеют большую ширину пропила, чем плоские и, тем более, конические пилы. Однако этот недостаток компенсируется тем, что в ряде случаев отпадает необходимость в дальнейшей чистовой обработке поверхностей, полученных пилением.

Круглая пила состоит из корпуса (диска) и режущей части (зубчатого венца). Диск круглой пилы характеризует наружным диаметром D, диаметром посадочного отверстия d, толщиной периферийной части b. Кроме того, конические и строгальные пилы характеризуют диаметром D_1 и толщиной b_1 опорной центральной части. Основные параметры круглых пил приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные параметры круглых пил

Тип и назначение пил	Размеры диска, мм					Число зубьев z
	D	*d*	*b*	D_1	b_1	
Круглые плоские для продольной распиловки древесины	125–1600	32–80	1–5,5	–	–	24; 36; 48; 60; 72
Круглые плоские для поперечной распиловки древесины	125–1600	32–50	1–5,5	–	–	36; 60; 72; 96; 120
Дисковые дереворежущие с пластинками из твердого сплава для распиловки плит, фанеры, щитов и т. п.	160–450	32–80	1,8–3,2	–	–	24–96
Строгальные для продольной и поперечной распиловки древесины	160–400	32–50	2,8–3,6	253–300	1,4–1,7	48; 60; 72; 96
Конические для продольной распиловки древесины	500–800	50	1–1,4	160	3,4–4,4	60; 100

Диаметр пилы в процессе ее эксплуатации уменьшается в результате переточек. Начальный диаметр *D* определяют по формуле:

$$D = D_{\min} + 2\Delta, \qquad (2.1)$$

где $D_{\min}$ – минимально допустимый диаметр пилы, мм для распиловки материала данной толщины *H*; запас на износ пилы по радиусу (обычно $\Delta = 35 \div 50$ мм).

Минимальный диаметр зависит от толщины распиливаемого материала H. Рационально использовать пилы меньшего диаметра, так как они более устойчивы, имеют меньшую толщину, менее энергоемки и дают меньше отходов древесины в опилки. Можно рекомендовать следующие начальный D и минимальный $D_{\min}$ диаметры круглых пил для распиловки заготовок различной толщины, представленные в таблице.

Таблица 2.2

Рекомендуемые значения начальных D и минимальных $D_{\min}$ диаметров круглых пил, мм

Параметр	Значения, мм						
Толщина заготовки H, мм	20	40	60	80	100	120	150
Начальный диаметр D, мм	200	250	315	360	400	450	500
Минимальный диаметр $D_{\min}$, мм	125	160	200	250	315	360	400

После достижения пилой минимального диаметра можно ее использовать на других станках или операциях при распиловке более тонких заготовок. Диаметр посадочного отверстия d выбирают в зависимости от диаметра шпинделя станка.

Толщина диска зависит от его диаметра. Промышленность выпускает пилы, соотношение между толщиной и диаметром которых может быть выражено зависимостью $b = (0{,}08 \div 0{,}12) \cdot \sqrt{D}$.

Зубчатый венец круглых пил характеризуют линейные и угловые параметры зуба (рис. 2.3). К линейным параметрам зуба относят шаг зубьев t, длину задней грани l, радиус окружности впадин r, высоту зубьев h_3. Шаг зубьев круглых пил определяется диаметром пилы D и числом зубьев z:

$$t = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right) \approx \frac{\pi \cdot D}{z}. \qquad (2.2)$$

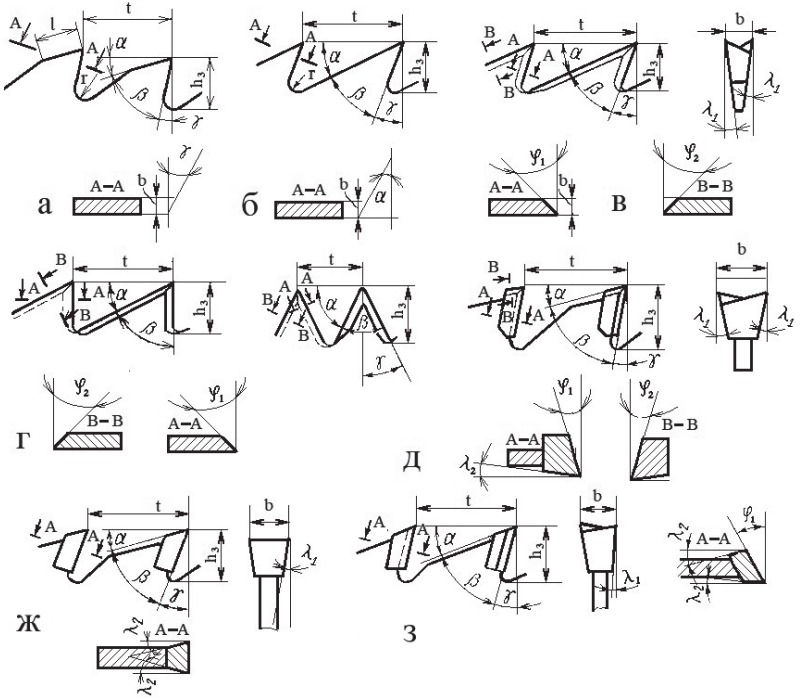


Рис. 2.3. Профили зубьев круглых пил:
а, б, в – стальных для продольной распиловки древесины; г, д – стальных для поперечной распиловки древесины; е, ж, з – с пластинками из твердого сплава для распиловки древесных материалов

Остальные линейные параметры определяют через шаг зубьев:

– $l = (0{,}3–0{,}5) \cdot t$ – у всех типов пил;

– $h_3 = (0{,}45–0{,}5) \cdot t$ – у стальных пил для продольной распиловки;

– $h_3 = (0{,}6–0{,}9) \cdot t$ – у стальных пил для поперечной распиловки;

– $h_3 = (0{,}35–0{,}95) \cdot t$ – у пил с пластинками твердого сплава;

– $r = (0{,}1 \div 0{,}2) \cdot t$ – у стальных пил;

– $r = (0{,}15 \div 0{,}3) \cdot t$ – у пил с пластинками твердого сплава.

Угловые параметры зуба характеризуют взаимное положение его поверхностей. Кроме известных уже контурных углов (α, β, γ), зубья круглой пилы характеризуют углами косой заточки (φ_1, φ_2) и углами поднутрения (λ_1, λ_2).

Угол косой заточки по передней грани φ_1 – это угол между передней гранью и нормалью к боковой поверхности пилы. Угол косой заточки по задней грани φ_2 – это угол между задней гранью зуба и нормалью к боковой поверхности пилы. Углы косой заточки образуются в результате заточки пилы. Углы радиального (λ_1) и тангенциального (λ_2) поднутрения образуются в результате уширения пропила с целью уменьшения трения пилы о стенки пропила. Профиль зубьев пил определяется в основном тем, для какого вида пиления (продольного или поперечного0 они предназначены.

При продольном пилении волокна перерезает короткая режущая кромка (рис. 2.4).

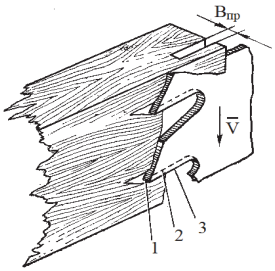


Рис. 2.4. Взаимодействие зуба пилы с древесиной:
1 – главная режущая кромка; 2 и 3 – боковые режущие кромки

Она же формирует дно пропила. Стенки пропила формируют боковые режущие кромки. Это определяет следующие требования к профилю зубьев. Короткая режущая кромка должна перерезать волокна прежде, чем они начнут отделяться передней гранью (иначе передняя грань будет вырывать еще неперерезанные волокна). Поэтому короткую режущую кромку выдвигают вперед по ходу вращения относительно передней грани за счет положительного контурного угла ($\gamma > 0$). При повышенных требованиях к качеству поверхности пропила (например, у строгальных пил) боковые режущие кромки должны иметь положительный передний угол за счет косой заточки по передней грани ($\varphi_1 > 0$). Так как пила формирует две стенки пропила, то косую заточку выполняют через зуб (рис. 2.5, а).

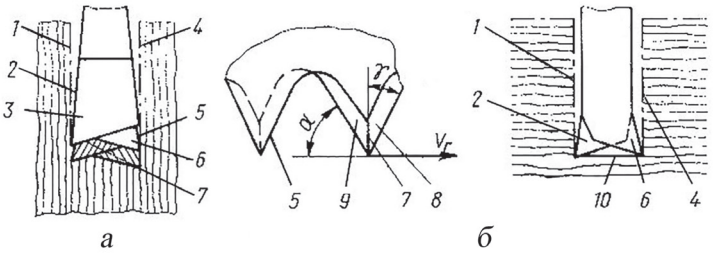


Рис. 2.5. Стружкообразование при пилении:
а – вдоль волокон; б – поперек волокон; 1, 4 – стенки пропила; 2, 5 – боковые режущие кромки; 3, 6 – зубья пилы; 7 – короткая режущая кромка; 8 – передняя грань зуба; 9 – задняя грань зуба; 10 – дно пропила

При поперечном пилении перерезают волокна и формируют стенки пропила боковые режущие кромки (рис. 2.5, б). Передняя поверхность скалывает перерезанные волокна и формирует дно пропила. Это определяет следующие требования к профилю зубьев. Боковая режущая кромка должна перерезать волокна прежде, чем в контакт с ними вступит передняя поверхность. Для этого боковую режущую кромку выдвигают вперед относительно короткой режущей кромки за счет ну-

левого или отрицательного контурного переднего угла ($\gamma \le 0$), боковые режущие кромки должны иметь положительный передний угол за счет косой заточки зубьев по передней и задней граням ($\varphi_1 > 0$, $\varphi_2 > 0$).

При смешанной распиловке (например, древесностружечных плит, фанеры и других искусственных древесных материалов) пилами, оснащенными пластинками твердого сплава, зуб пилы в пределах одного пропила осуществляет как продольную, так и поперечную распиловку. Поэтому зубья пил для распиловки этих материалов имеют малый передний угол ($\gamma = 0° \div 20°$) и косую заточку по передней или по передней и задней гранями. Стандартные профили зубьев круглых пил приведены на рис. 2.3 и в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Характеристика стандартных профилей зубьев круглых пил

Назначение пилы (при профиле по рис. 2.3)	Угловые параметры, град					
	γ	α	φ_1	φ_2	λ_1	λ_2
Профильная распиловка древесины твердых пород пилами с плоским диском и коническими пилами (рис. 2.3, а)	35	15	0	0	3–5	3–5
Продольная распиловка древесины мягких пород пилами с плоским диском (рис. 2.3, б)	20	30	0	0	3–5	3–5
Продольная распиловка древесины строгальными пилами (рис. 2.3, в)	20	25	15	15	0,5	0
Поперечная распиловка древесины мягких пород с плоским диском (рис. 2.3, г)	0	50	40	40	3–5	3–5

Окончание таблицы 2.3

Назначение пилы (при профиле по рис. 2.3)	Угловые параметры, град					
	γ	α	φ_1	φ_2	λ_1	λ_2
Поперечная распиловка древесины твердых пород пилами с плоским диском (рис. 2.3, д)	–25	65	40	40	3–5	3–5
Чистовая распиловка древесины поперек волокон строгальными пилами (рис. 2.3, д)	–15	40	20	20	0,5	0
Распиловка древесностружечных и столярных плит, фанеры, облицованных щитов, поперечная распиловка цельной и клееной древесины пилами с пластинками из твердого сплава (рис. 2.3, е)	0–10	15	15–25	15	1	2,5
Продольная распиловка цельной и клееной древесины, распиловка древесноволокнистых плит пилами с пластинками из твердого сплава (рис. 2.3, ж)	10–20	15	0	0	1	2,5
Продольная распиловка цельной и клееной древесины, распиловка древесноволокнистых плит пилами с пластинками из твердого сплава (рис. 2.3, ж)	10–20	15	0	0	1	2,5
Распиловка облицованных щитов поперек волокон при высоких требованиях к качеству обработки пилами с пластинками из твердого сплава (рис. 2.3, з)	10–20	15	30	0	1	2,5

Пользуясь данными табл. 2.3 следует выбирать профиль и угловые параметры зубьев круглых пил в зависимости от их назначения.

2.1. Пилы круглые плоские

2.1.1. Назначение и типы

Круглые плоские пилы – один из наиболее массовых видов дереворежущего инструмента. Предназначены для продольного и поперечного пиления древесины на одно- и многопильных станках различного назначения и конструкций. Действующий ГОСТ регламентирует свыше 230 типоразмеров пил и технические требования к качеству их изготовления. Стандартом предусмотрено два типа пил: 1 и 2.

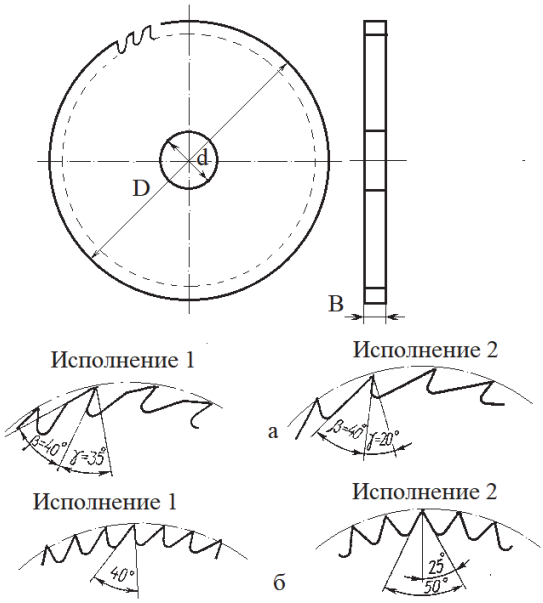


Рис. 2.6. Основные параметры и профиль зубьев круглых плоских пил: а – тип 1; б – тип 2

Пилы типа 1 (рис. 2.6) предназначены для продольной распиловки древесины и имеют два исполнения: исполнение 1 – с ломанолинейной задней поверхностью зубьев, исполнение 2 – с прямолинейной задней поверхностью зубьев. Пилы типа 1 исполнение 2 диаметром 125…250 мм с увеличенным числом зубьев применяют в основном в деревообрабатывающих бытовых станках, электрифицированном ручном инструменте, а также на фрезерных станках. Пилы типа 2 (рис. 2.6) предназначены для поперечной распиловки и также имеют два исполнения: исполнение 1 – с передним углом, равным нулю, и исполнение 2 – с отрицательным передним углом. Пилы исполнения 1 применяются в круглопильных станках с нижним расположением шпинделя, исполнение 2 – в круглопильных станках с верхним расположением шпинделя относительно распиливаемого материала.

2.1.2. Выбор основных параметров пил

Диаметр пил определяется конструкцией станка, толщиной распиливаемого материала, диаметром зажимных фланцев и другими факторами. Желательно применять пилы наименьшего диаметра, так как при этом снижается расход мощности на резание, повышается качество распиловки и устойчивость пил. Минимально допустимый диаметр пил в зависимости от конструктивного исполнения станков может быть определен по следующим формулам.

Дисковые пилы для продольной распиловки с нижним расположением шпинделя станка (рис. 2.7, а):

$$D_{\min} = 2 \cdot (H + c + 10). \tag{2.3}$$

Дисковые пилы для продольной распиловки с верхним расположением шпинделя станка (рис. 2.7, б):

$$D_{\min} = 2 \cdot (H + r + 10). \tag{2.4}$$

Дисковые пилы маятниковых торцовых пил (рис. 2.7, в):

$$D_{\min} = 2 \cdot \left[\sqrt{(B-b)^2 + (L+c)^2} - (L-10) \right]. \tag{2.5}$$

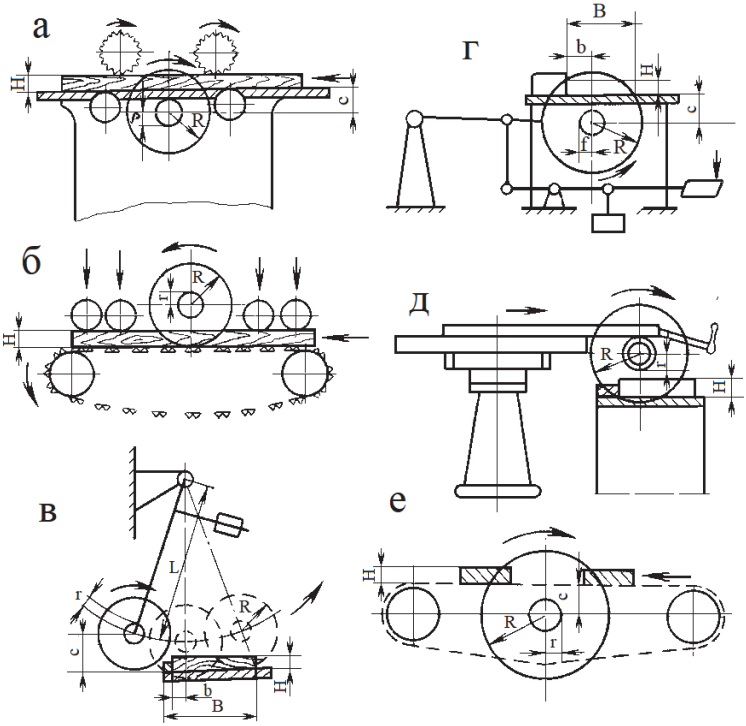


Рис. 2.7. Зависимость диаметра круглых пил от размеров распиливаемого материала и конструкции станка: а – для продольной распиловки с нижним расположением шпинделя станка; б – для продольной распиловки с верхним расположением шпинделя станка; в – дисковые пилы маятниковых торцовых пил; г – дисковые пилы балансирных торцовых пил; д – дисковые пилы торцовых станков с прямолинейным перемещением суппорта; е – дисковые пилы концеравнителей

Дисковые пилы балансирных торцовых пил (рис. 2.7, г):

$$D_{\min} = 2 \cdot \sqrt{(B-b)^2 + (c+H)^2} \ . \qquad (2.6)$$

Дисковые пилы торцовых станков с прямолинейным перемещением суппорота (рис. 2.7, д):

$$D_{\min} = 2 \cdot (H + r + 10). \qquad (2.7)$$

Дисковые пилы торцовых концеравнителей (рис. 2.7, е):

$$D_{\min} = 2 \cdot (H + c + 10), \qquad (2.8)$$

где H – толщина распиливаемого материала, мм; c – высота подъема станка над осью вращения пильного шпинделя, мм; r – радиус зажимных фланцев, мм; B – ширина распиливаемого материала, мм; b – расстояние от опорного бруса до центра пильного шпинделя (для маятниковых станков при вертикальном положении маятника), мм; L – длина маятника, мм.

Рекомендуются следующие значения диаметров пил и зажимных фланцев, представленных в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Значение диаметров пил и фланцев

Наименование параметра	Значения, мм				
Диаметр пилы	160…360	400…500	560…800	900…1000	1250…1500
Диаметр фланца	100	125	160	200	240…300

Основные размеры круглых плоских пил представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Основные размеры круглых пил

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
Тип 1 для продольной распиловки, исполнение 1									
3420-0158	250	32	1,4	48	3420-0246	560	80	2,8	60
3420-0159			1,6		3420-0249	630	50	2,5	48
3420-0160			1,8		3420-0250			2,8	
3420-0164			1,6	60	3420-0251			3,0	
3420-0365			1,8		3420-0252			2,5	60
3420-0170	315	50	2,0	48	3420-0253			2,8	
3420-0171			2,2		3420-0254			3,0	
3420-0174			2,0	60	3420-0264	710		2,8	48
3420-0175			2,2		3420-0265			3,2	60
3420-0179	360		2,0	48	3420-0267			2,8	
3420-0180			2,2		3420-0270	800		3,2	48
3420-0181			2,5		3420-0271			3,6	

Продолжение таблицы 2.5

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
3420-0183	360	50	2,0	60	3420-0273	800	50	3,2	60
3420-0184			2,2		3420-0274			3,6	
3420-0185			2,5		3420-0275	900		3,2	48
3420-0190	400		2,2	48	3420-0276			3,6	
3420-0191			2,5		3420-0277			4,0	
3420-0193			2,0	60	3420-0278			3,2	72
3420-0194			2,2		3420-0279			3,6	
3420-0195			2,5		3420-0280	900	50	4,0	72
3420-0209	450		2,5	48	3420-0281	1000		3,6	48
3420-0210			2,8		3420-0282			4,0	
3420-0213			2,5	60	3420-0283			4,5	
3420-0214			2,8		3420-0284			3,6	72
3420-3167	500		2,2	48	3420-0285			4,0	
3420-0226			2,5		3420-0286			4,5	
3420-0227			2,8		3420-0287	1250		4,5	48

Продолжение таблицы 2.5

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
3420-0228	500	50	2,2	60	3420-0288	1250	50	5,0	48
3420-0229			2,5		3420-0289			4,5	72
3420-0230			2,8		3420-0290			5,0	
3420-0242	560	80	2,5	48	3420-0291			5,0	
3420-0243			2,8		3420-0292			5,5	
3420-0245			2,5						
Тип 1 для продольной распиловки, исполнение 2									
3420-0354	125	32	1,2	36	3420-0362	160	32	1,4	60
3420-0356				48	3420-0366	200			48
3420-0357	160				3420-0367			1,6	
3420-0358			1,4		3420-0371			1,4	60
3420-0361			1,2	60	3420-0372			1,6	
Тип 2 для поперечной распиловки, исполнение 1									
3421-0151	360	50	2,0	72	3421-0198	710	50	2,8	120
3421-0152			2,2		3421-0200	800		3,2	72

Продолжение таблицы 2.5

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
3421-0153	360	50	2,5	72	3421-0201	900	50	3,6	72
3421-0160	400		2,0	120	3421-0203			3,2	120
3421-0161			2,2	72	3421-0205			3,6	
3421-0162			2,5		3421-3173			4,0	
3421-0167			2,2	120	3421-0207			3,6	120
3421-0168			2,5	72	3421-0210	1000		4,0	72
3421-0170	450				3421-3175			4,5	
3421-0171			2,8		3421-0212			4,0	120
3421-0176	500		2,5		3421-0213			4,5	
3421-0177	500	50	2,8	72	3421-0214	1250	50	5,0	72
3421-0182	560		2,5		3421-0215				
3421-0183			2,8		3421-0217			4,5	120
3421-0188	630				3421-0218			5,0	
3421-0189			3,0		3421-0220	1500			72
3421-0190			2,5	120	3421-0221			5,5	

Продолжение таблицы 2.5

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
3421-0191	630	50	2,8	120	3421-0223	1500	50	5,0	120
3421-0194	710			72	3421-0224			5,5	
3421-0195			3,0						
Тип 2 для поперечной распиловки, исполнение 2									
3421-0288	125	32	1,2	60	3421-0322	400	50	2,5	72
3421-0290	160				3421-0325			2,2	96
3421-0291			1,4		3421-0330	450		2,5	72
3421-0292			1,6		3421-0331			2,8	
3421-0295	200		1,4	72	3421-0333			2,2	96
3421-0296			1,6		3421-0334			2,5	
3421-0297			1,4	96	3421-0339	500			72
3421-0298			1,6		3421-0340			2,8	
3421-0300	250			72	3421-0345			2,5	120
3421-0301			1,8		3421-0348	560		2,5	72
3421-0306	315	50	2,0		3421-0349			2,8	

Окончание таблицы 2.5

Обозначение	D	d	B	z	Обозначение	D	d	B	z
3421-0307	315	50	2,2	72	3421-0353	560	50	2,2	120
3421-0312	360				3421-0354			2,5	
3421-0313			2,5		3421-0357	630		2,8	72
3421-0321	400		2,2		3421-0358			3,0	

При окончательном выборе диаметра пил необходимо учитывать запас на переточку, т. е.

$$D = D_{\min} + 2\Delta,$$

где Δ – запас на переточку по радиусу пилы. Ориентировочно можно принять:

Δ = 25 мм для пил диаметром до 500 мм;

Δ = 50 мм для пил диаметром 500…1000 мм;

Δ = 100 мм для пил диаметром 1250 и 1500 мм.

Толщина пилы, мм, в общем случае определяет устойчивость полотна и связана с диаметром соотношением $B = (0,08...0,12)\sqrt{D}$.

Действующий ГОСТ для каждого диаметра предусмотрено несколько толщин пил. Меньшие значения пил по толщине следует принимать при квалифицированной подготовке пил к работе, применении направляющих, охлаждении и т. п.

Шаг зубьев пил, радиус окружности впадин и высоту зубьев, серийно выпускаемых пил определяются по следующим формулам:

$$t = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right); \tag{2.9}$$

$$r = (0,15...0,20) \cdot t; \tag{2.10}$$

$$h = (0,45...0,50) \cdot t, \tag{2.11}$$

где z – число зубьев.

Число зубьев пилы круглопильных станков определяется по формуле:

$$z = \frac{U \cdot 1000}{3600 \cdot S_z \cdot n}, \tag{2.12}$$

где U – скорость подачи, м/с; S_z – подача на зуб, мм; n – частота вращения пилы, $с^{-1}$.

Допустимая скорость подачи заготовки, м/с:

$$U = \frac{3600 \cdot S_z \cdot n \cdot z}{1000}. \qquad (2.13)$$

2.1.3. Технические требования

1. Материал пил – инструментальная легированная сталь марки 9ХФ.

2. На пилах не должно быть трещин, волосовин, расслоений, плен, забоин, выкрошенных мест, поджогов и коррозии. Кромки посадочного отверстия должны быть притуплены. Допускается наличие на пилах диаметром до 500 мм окисной пленки. Допускаются заусенцы высотой не более 0,2 мм по контуру незаточенных зубьев, образующиеся при их штамповке.

3. У пил, имеющих окисную пленку, допускается обезуглероженный слой, глубина которого не должна превышать, мм:

– для пил толщиной до 2 мм – 0,06,

– для пил толщиной св 2 мм – 0,08.

Пилы без окисной пленки не должны иметь обезуглероженного слоя.

4. Твердость пил должна быть $HRC_э$ = 40…45, 370…430 НВ, (см. приложение 1.1).

Для пил диаметром до 500 мм, изготовленных из холоднокатонного проката и имеющих окисную пленку, допускается повышенная твердость $HRC_э$ = 42…47. Разница в твердости в разных точках одной пилы не должна превышать 4 единиц $HRC_э$ или 40 единиц НВ.

5. Параметры шероховатости поверхностей пил должны быть, мкм:

– торцовых поверхностей $Ra \le 2{,}5$ (см. приложение 1.2);

– поверхностей посадочных отверстий $Rz \le 10$ (см. приложение 1.2);

– передних и задних поверхностей заточенных зубьев $Rz \le 20$ (см. приложение 1.2).

6. На торцовых поверхностях пил не допускаются следы от ударов молотком глубиной более, мм:

– для пил диаметром до 900 мм – 0,06;

– для пил диаметром св. 900 мм – 0,08.

7. Пилы должны быть выправлены. Допуск прямолинейности торцовых поверхностей пил должен быть не более, мм:

– для пил диаметром до 800 мм – 0,2;

– для пил диаметром св. 800 до 1000 мм – 0,3;

– для пил диаметром 1250 мм – 0,4;

– для пил диаметром 1500 мм – 0,5.

8. Пилы диаметром от 250 до 1500 мм должны иметь нормированное напряженное состояние, характеризуемое величиной вогнутости, представленной в табл.

Таблица 2.6

Вогнутость круглых плоских пил, мм

Диаметр пилы, мм	Диаметр окружности опор, мм	Вогнутость пил толщиной, мм							
		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5
250	224	0,3	0,25	0,2	0,15	–	–	–	–
315	277	–	–	–	–	0,25	0,2	0,15	–
360	318	–	–	–	–	–	0,3	0,2	0,15
400	354	–	–	–	–	–	0,35	0,3	0,2
450	410	–	–	–	–	–	–	0,4	0,3
500	456	–	–	–	–	–	–	0,5	0,4
560	512	–	–	–	–	–	–	0,55	0,45
630	578	–	–	–	–	–	–	0,75	0,65
710	654	–	–	–	–	–	–	–	0,9
800	738	–	–	–	–	–	–	–	–
900	830	–	–	–	–	–	–	–	–
1000	924	–	–	–	–	–	–	–	–
1250	1148	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание таблицы 2.6

Диаметр пилы, мм	Диаметр окружности опор, мм	Вогнутость пил толщиной, мм							
		2,8	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,55
1500	1402	–	–	–	–	–	–	–	–
250	224	–	–	–	–	–	–	–	–
315	277	–	–	–	–	–	–	–	–
360	318	–	–	–	–	–	–	–	–
400	354	0,15	–	–	–	–	–	–	–
450	410	0,2	–	–	–	–	–	–	–
500	456	0,3	–	–	–	–	–	–	–
560	512	0,35	–	–	–	–	–	–	–
630	578	0,55	0,5	–	–	–	–	–	–
710	654	0,8	0,7	0,6	–	–	–	–	–
800	738	1,1	1,0	0,9	0,7	–	–	–	–
900	830	–	–	1,5	1,25	1,0	–	–	–
1000	924	–	–	–	1,8	1,5	1,2	–	–
1250	1148	–	–	–	–	–	2,5	2,1	–
1500	1402	–	–	–	–	–	–	4,5	3,7

Величину вогнутости определяют при горизонтальном расположении пилы на трех равномерно расположенных точечных опорах, находящихся на окружности, диаметр которых указан в табл. 2.6. Измерения производят с обеих сторон на расстоянии 50 мм от ее центра. Данные в таблице установлены для пил, предназначенных для пиления со скоростями 40…60 м/с. При скоростях резания свыше 60 м/с и менее 40 м/с величины вогнутости должны быть соответственно увеличены или уменьшены в 1,5 раза.

Предельные отклонения величин вогнутости пил не должны превышать, мм:

– для пил диаметром до 450 мм – ± 0,08;

– для пил диаметром св. 450 до 710 мм – +0,2; –0,05;

– для пил диаметром св. 710 до 1000 мм – +0,35; –0,05;

– для пил диаметром св. 1000 мм – +0,55; –0,05.

9. Предельные отклонения размеров пил должны соответствовать полям допусков:

– диаметра пил – *Js*16 (см. приложение 1.2);

– толщины пил – *Js*14 ;

– диаметра посадочного отверстия – *H*9 (см. приложение 1.2).

10. Неравномерность толщины в пределах одной пилы не должна превышать, мм:

– для пил диаметром до 450 мм – 0,05;

– для пил диаметром св. 450 до 800 мм – 0,08;

– для пил диаметром св. 800 до 1000 мм – 0,1;

– для пил диаметром 1250 мм – 0,15;

– для пил диаметром 1500 мм – 0,2.

11. Разность двух любых шагов зубьев пилы не должна превышать, мм:

– для шагов зубьев до 10 мм – 0,4;

– для шагов зубьев св. 10 до 20 мм – 0,6;

– для шагов зубьев св. 20 до 40 мм – 1,0;

– для шагов зубьев св. 40 до 60 мм – 1,5;

– для шагов зубьев св. 60 мм – 2,0.

12. Допуск радиального биения вершин зубьев пил относительно оси посадочного отверстия должен быть, мм:

для незаточенных пил:

– для пил диаметром до 360 мм – 0,5;

– для пил диаметром св. 360 до 630 мм – 0,8;

– для пил диаметром св. 630 до 1000 мм – 1,2;

для заточенных пил:

– для пил диаметром до 360 мм – 0,3;

– для пил диаметром 1250 и 1500 мм – 0,8.

13. Зубья пил должны обладать способностью к разводу или плющению (на сторону) на величину, мм:

– для пил толщиной до 1,4 мм – 0,6;

– для пил толщиной св. 1,4 до 2,5 мм – 1;

– для пил толщиной св. 2,5 до 3,6 мм – 1,3;

– для пил толщиной св. 3,6 мм – 1,5.

14. Зубья пил, изготовленных для ручного механизированного инструмента, пил диаметром до 360 мм, поступающих в розничную торговую сеть и пил диаметром 1250 и 1500 мм должны быть заточены и разведены предприятием-изготовителем.

Развод зубьев пил должен быть в соответствии с табл. 2.7.

Таблица 2.7

Развод зубьев пил

Диаметр пилы, мм	Развод зубьев, мм при		Высота пропила, мм не менее продольной распиловке	Подача на зуб, мм не менее, при	
	продольной распиловке	поперечной распиловке		поперечной распиловке	поперечной распиловке
125–315	0,45	0,3	15–20	0,07	0,03
360–500	0,7	0,4	40	0,2	0,05
560–630	0,8	0,5	70	0,4	0,08
710–900	0,9	0,6	180	0,7	0,1
1000–1250	1,1	0,8	250	1,2	0,12
1500	1,3	0,9	300	–	0,25

При разводе отгибают часть зуба на расстоянии 0,5…0,9 его высоты от вершины при высоте зуба до 15 мм и 0,3…0,5 его высоты при высоте зуба более 15 мм.

Допуск развода зубьев пил диаметром 1250 и 1500 мм должен быть ± 0,2 мм, пил остальных диаметров ± 0,15 мм.

15. Средний $\overline{T}$ и установленный T_y периоды стойкости при условных испытаниях, должны быть: $\overline{T}$ – не менее 90 мин, T_y – не менее 45 мин при распиловке древесины хвойных и мягких лиственных пород и $\overline{T}$ – не менее 60 мин, T_y – не менее 30 мин – при распиловке древесины твердых лиственных пород.

16. Критерием затупления пил является качество распиловки. Шероховатость поверхности должна быть не более:

– при продольной распиловке

$$R_{z\max} \le 800 \text{ мкм};$$

– при поперечной распиловке

$$R_{z\max} \le 1200 \text{ мкм}.$$

2.2. Пилы круглые строгальные

2.2.1. Назначение и типы

Конструкция и основные требования к пилам регламентированы действующим ГОСТом. Пилы предназначены для распиловки сухой древесины влажностью 20 % при высоких требованиях к качеству поверхности. Конструктивная особенность пил – наличие вспомогательных углов в плане φ (углов поднутрения), в результате чего зубья пил не разводятся и не плющатся.

Производится четыре типа строгальных пил:

– тип 1-одноконусные для продольной распиловки;

– тип 2-одноконусные для поперечной распиловки;

– тип 3-двухконусные для продольной распиловки;

– тип 4-двухконусные для поперечной распиловки (рис. 2.8).

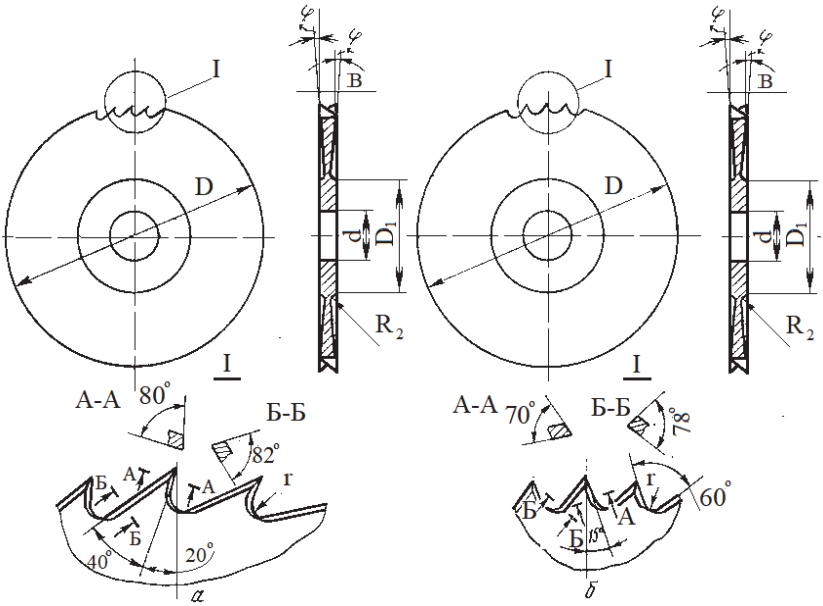


Рис. 2.8. Основные параметры и профиль зубьев круглых строгальных пил: а – для продольной распиловки; б – для поперечной распиловки

2.2.2. Выбор основных параметров пил

Параметры зубьев пил определяются по следующим формулам:

– шаг зубьев: $t = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)$;

– высота зуба: $h = (0,3...0,7) \cdot t$;

– радиус закругления впадин: $r = (0,15...0,3) \cdot t$, но не менее 2 мм.

Основные параметры круглых строгальных пил показаны (рис. 2.8) и представлены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Основные параметры круглых строгальных пил

Обозначение пил	D, мм	D_1, мм	d, мм	B, мм	φ, мин	z
Тип 1						
3420-0451	160	60	32	1,2	15	60
3420-0452				1,6	15	48
3420-0453	200	80		1,6	15	60
3420-0454				2,0	20	48
3420-0455	250	100		2,0	20	60
3240-0456				2,4	25	48
3420-0457	315	125	50	2,4	20	72
3420-0458			50	3,0	25	60
3420-0459	360	160		2,8	20	72
3420-0461				3,0	25	60
3420-0462	400			3,0	20	96
3420-0463				3,6	25	60
Тип 2						
3421-0531	200	80	32	1,6	15	60
3421-0532				2,0	20	
3421-0533	250	100		2,0	20	72
3421-0534				2,4	25	
3421-0535	315	125	50	2,4	20	96
3421-0536				3,0	25	72
3421-0537	400	160		3,0	20	96
3421-0538				3,6	25	
Тип 3						
3420-0464	360	253		2,8	1,4	72
3420-0465		238		3,0	1,4	60
3420-0466	400	300		3,0	1,7	96
3420-0467		255		3,6	1,7	60

Окончание таблицы 2.8

Обозначение пил	D, мм	D_1^*, мм	B, мм	B_1, мм	z
Тип 4					
3421-0539	360	253	2,8	1,4	96
3421-0541		238	3,0	1,4	72
3421-0542	400	300	3,0	1,7	96
3421-0543		255	3,6	1,7	

2.2.3. Технические требования

1. Пилы должны изготавливаться из стали марки 9ХФ или 9Х5ВФ.

2. Микроструктура стали должна представлять собой троостомартенсит и мелкие равномерно распределенные карбиды.

3. Пилы не должны иметь обезуглероженного слоя.

4. Твердость пил – $HRC_э = 50…54$.

5. На пилах не допускаются трещины, волосовины, расслоения, плены, забоины, черновины, выкрошенные места, поджоги и коррозия.

Острые нерабочие кромки должны быть притуплены.

6. Параметры шероховатости поверхностей пил должны быть:

– торцовых конических поверхностей $Ra \leq 1{,}25$ мкм;

– поверхностей дна впадин и поверхности перехода торцовой конической поверхности в плоскую $Rz \leq 20$ мкм;

– остальные поверхности $Ra \leq 2{,}5$ мкм.

7. В месте сопряжения двух конических поверхностей у пил типов 3 и 4 не допускается уступ высотой более 0,2 мм.

8. Пилы должны быть выправлены. Отклонения от прямолинейности по образующим конических поверхностей на каждой стороне пилы, находящейся в вертикальном положении, не должны превышать 0,1 мм для поверхностей плоской части – 0,07 мм.

При правке молотком на торцовых поверхностях пил не допускаются следы от ударов глубиной более 0,05 мм.

9. Пилы должны быть заточены. Завалы, выкрошенные места на режущих кромках не допускаются.