

674
Т. 91

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО, СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. С. М. КИРОВА

674.817.41.05

На правах рукописи

А. Г. ТУФАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Автореферат
диссертации, представленной
на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель —
канд. техн. наук, доцент
П. И. ЛАПИН

БИБЛИОТЕКА БТ
имени С. М. КИРОВА

Работа выполнена в лаборатории резания древесины и инструментов ЦНИИМОД. Диссертация изложена на 153 страницах машинописи и содержит: введение, 5 глав, выводы и рекомендации, список использованной литературы в количестве 82 названий. Текст иллюстрирован 40 таблицами и 62 рисунками, схемами и фотоснимками.

Автореферат разослан . . . 25/VI . . . 1966 г.

Защита состоится . . . 29/VI . . . 1966 г.

Отзывы просим присылать по адресу: г. Минск, ул. Свердлова, 13. Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова.

Ученый секретарь Совета

Смолен

139/2 ф.

В соответствии с контрольными цифрами развития народного хозяйства производство древесно-волоконистых плит в 1980 году по сравнению с настоящим должно возрасти более чем в 9 раз. Такой бурный рост производства плит заставляет обращать особое внимание на совершенствование существующих и изыскание новых рациональных способов их резания.

В настоящее время резание древесно-волоконистых плит в основном осуществляется круглыми пилами, у которых угловые параметры зубьев аналогичны параметрам зубьев пил, применяемым для распиловки древесины. Вследствие различия в строении плит и древесины такие пилы не обеспечивают технологические требования, предъявляемые к плитам при их обработке. Пилы, зубья которых оснащены твердым сплавом, вследствие ряда специфических требований предъявляемых к ним, для резания плит не нашли достаточного распространения.

Пиление древесно-волоконистых плит сопровождается образованием большого количества пыли и утолщением кромки плиты. Для устранения недостатков пиления в промышленности наблюдаются случаи резания древесно-волоконистых плит ножами.

В результате проведенных ранее исследований процесса пиления плит (Рыбалко В. С., Чуприным В. И., Х. Вилбоком) было выявлено влияние скоростных факторов на процессе пиления плит и только частично влияние угловых параметров зубьев пил. Данных по исследованию процесса резания древесно-волоконистых плит ножами и научно-обоснованных рекомендаций по этому вопросу промышленность не имеет.

Все это обусловило проведение специальных исследований по изучению процесса резания древесно-волоконистых плит круглыми пилами и плоскими ножами.

Задачами исследования явились:

а) при пилении плит:

1. Установление закономерности изменения силовых и качественных показателей процесса пиления в зависимости от заднего угла, угла косой заточки по передней грани, угла резания и подачи на один зуб.

2. Выявление оптимальных величин угловых параметров зубьев пил и величины подачи на один зуб.

3. Выявление стойкости пил при оптимальной геометрии зубьев.

б) при резании ножами:

1. Выявление закономерности изменения силовых и качественных показателей процесса резания в зависимости от угла заострения, числа ходов ножа и количества образцов плит в пакете.

2. Выявление оптимальной величины угла заострения и числа ходов ножа.

Диссертационная работа выполнена на 153 листах машинописного текста и 62 рис. и кроме введения состоит из пяти основных разделов, выводов и рекомендаций.

Анализ процесса резания древесно-волоконистых плит плоскими ножами

При резании нож, врезаясь в материал, вызывает в нем напряжения растяжения, величина которых в значительной степени зависит от угла заострения ножа. При величине напряжений растяжения меньше предела прочности материала формирование поверхности резания происходит лезвием ножа. При величине напряжений растяжения больше предела прочности разрезаемого материала разделение материала осуществляется путем разрыва и перед лезвием ножа возникает «опережающая» трещина. При резании древесно-волоконистых плит разделение материала путем разрыва происходит в конце резания и из нижней части плиты наблюдаются вырывы. Поэтому качество обработанной поверхности должно оцениваться высотой неровностей и наличием вырывов из нижней пласти материала.

Силы, действующие при резании, рассчитываются по формулам:

$$T = \frac{P_y \cos \rho}{\sin (\beta + 2\rho)} ; \quad (1)$$

$$S = \frac{P_y \cos(\beta + \rho)}{\sin(\beta + 2\rho)}; \quad (2)$$

$$P_y = \frac{LHK_1K_2\sigma_{k\max}\sigma_{z\max}\sin(\beta + 2\rho)}{K_1\sigma_{z\max}\cos\rho + K_2\sigma_{k\max}\cos\beta [\cos(\beta + \rho) - f\sin(\beta + \rho)]} \times \frac{\cos\beta}{\cos\rho}, \quad (3)$$

- где T — сила, действующая на переднюю грань ножа;
 S — сила, действующая на заднюю грань ножа;
 P_y — вертикальная составляющая давления ножа на материал;
 ρ — угол трения ножа по материалу;
 β — угол заострения ножа;
 L — длина резания;
 H — толщина разрезаемого материала;
 k_1, k_2 — коэффициенты пропорциональности;
 $\sigma_{k\max}$ — наибольшее напряжение материала разрыву;
 $\sigma_{z\max}$ — наибольшее напряжение в материале, направленное по нормали к передней грани ножа;
 f — коэффициент трения разрезаемого материала по столу станка.

Анализ приведенных уравнений показывает, что наибольшей является вертикальная составляющая силы резания, которая возрастает при увеличении: длины резания, толщины разрезаемого материала, предела прочности разрезаемого материала на разрыв, угла трения ножа по разрезаемому материалу.

Методика проведения исследований

Для исследований были взяты твердые древесно-волоконистые плиты следующей характеристики:

Средняя толщина — 3,36 мм; средний объемный вес 1028 кг/м³, предел прочности при изгибе: в продольном направлении — 321 кг/см²; в поперечном — 309 кг/см²; влажность — 7,64%.

Для исследования процесса пиления плит использовались пилы из стали марки 85ХФ. Опыты проводились на экспериментальной установке, выполненной на базе фрезерного станка модели ФА-4 и позволяющей при помощи проволочных датчиков регистрировать составляющие силы резания действующие по направлению и перпендикулярно вектору скорости подачи.

Опыты по износостойкости зубьев пил проводились на прирезном станке с гусеничной подачей фирмы «Вадкин».

В качестве оценочных показателей были приняты удельная работа резания, величина отношения нормальной составляющей * силы резания к касательной и качество поверхности пропила. Дополнительно в опытах по затуплению определялся износ по задней грани зуба и по биссектрисе угла заострения.

Удельная работа резания и величина отношения P_N/P_k определялись расчетом. Качество поверхности пропила характеризовалось высотой неровностей, величиной утолщения кромки плиты и наличием «бахромы» (имеются ввиду неперезрезанные пучки волокон, свисающие с кромок плит).

Высота неровностей измерялась на светотеневом приборе модели ТСП-2, утолщение кромки плиты индикаторным глубиномером, наличие «бахромы» фиксировалось визуально. Износ зубьев определялся по их зарисовкам с увеличением в 50 раз на большом инструментальном микроскопе.

Исследование процесса резания древесно-волоконистых плит плоскими ножами проводилось на экспериментальной установке выполненной на базе бумагорезательной машины модели БРП-РО и позволяющей при помощи проволочных датчиков регистрировать вертикальную составляющую силы резания.

В качестве оценочных показателей процесса были приняты удельная работа и качество поверхности резания.

Удельная работа определялась по удельному сопротивлению резания.

Качество поверхности резания характеризовалось высотой неровностей и величиной вырывов из нижней пласти плиты. Высота неровностей измерялась на микроскопе МИС-11, величина вырывов фиксировалась визуально.

Результаты экспериментов

Влияние угловых параметров зубьев пил на процесс пиления плит

В опытах по исследованию влияния угловых параметров поддерживались постоянными следующие факторы: число оборотов пилы $n = 3050$ об/мин, подача на один зуб $u_z = 0,077$ мм, скорость подачи $u = 16,96$ м/мин; диаметр пилы $D = 375$ мм, число зубьев на пиле $z = 72$, кинематический угол встречи $\theta = 30^\circ$, ширина пропила $b = 2,4 \pm 0,05$ мм, вы-

*) При дальнейшем изложении нормальная составляющая обозначается P_N , касательная — P_k .

сота пропила $h = 13,6$ мм. Все опыты проводились острыми пилами.

Влияние заднего угла. Опыты проводились при следующих угловых параметрах зубьев пил: $\delta = 80^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\alpha = 4^\circ, 8^\circ, 15^\circ, 25^\circ$.

Результаты опытов (рис. 1) показали:

1. Увеличение заднего угла с 4° до 15° ведет к резкому уменьшению удельной работы резания и отношения P_N/P_K . Дальнейшее увеличение заднего угла не оказывает существенного влияния на удельную работу резания и отношения P_N/P_K .

2. В результате математической обработки экспериментальных данных зависимость между удельной работой резания (K), отношением P_N/P_K и задним углом (α) можно выразить в виде уравнения гиперболы

$$K = \frac{16,2\alpha}{\alpha - 1,9}; \quad (4)$$

$$P_N/P_K = \frac{0,218\alpha}{\alpha - 3,03} \quad (5)$$

3. Изменение величины заднего угла практически не оказывает влияния на высоту неровностей поверхности пропила.

4. При пилении пилами с любыми задними углами на кромках плит образуется «бахрома».

Оценивая влияние заднего угла на силовые и качественные показатели процесса пиления и учитывая, что его увеличение снижает прочность кончика зуба, следует считать оптимальной величину заднего угла равной $14^\circ \div 16^\circ$.

Влияние угла косой заточки по передней грани зубьев. Опыты проводились при следующих угловых параметрах зубьев пил: $\delta = 80^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\varphi_2 = 90^\circ$; $\varphi_1 = 90^\circ, 75^\circ, 65^\circ, 55^\circ, 45^\circ$.

Результаты опытов (см. рис. 1) показали:

1. Уменьшение угла косой заточки по передней грани зубьев с 90° до 45° снижает величину удельной работы резания на 56%, величину отношения P_N/P_K на 58%.

2. В результате математической обработки экспериментальных данных зависимость между удельной работой резания (K), отношением P_N/P_K и углом косой заточки по передней грани зубьев (φ_1) можно выразить в виде уравнения прямой

$$K = 0,13 \varphi_1 + 5,25; \quad (6)$$

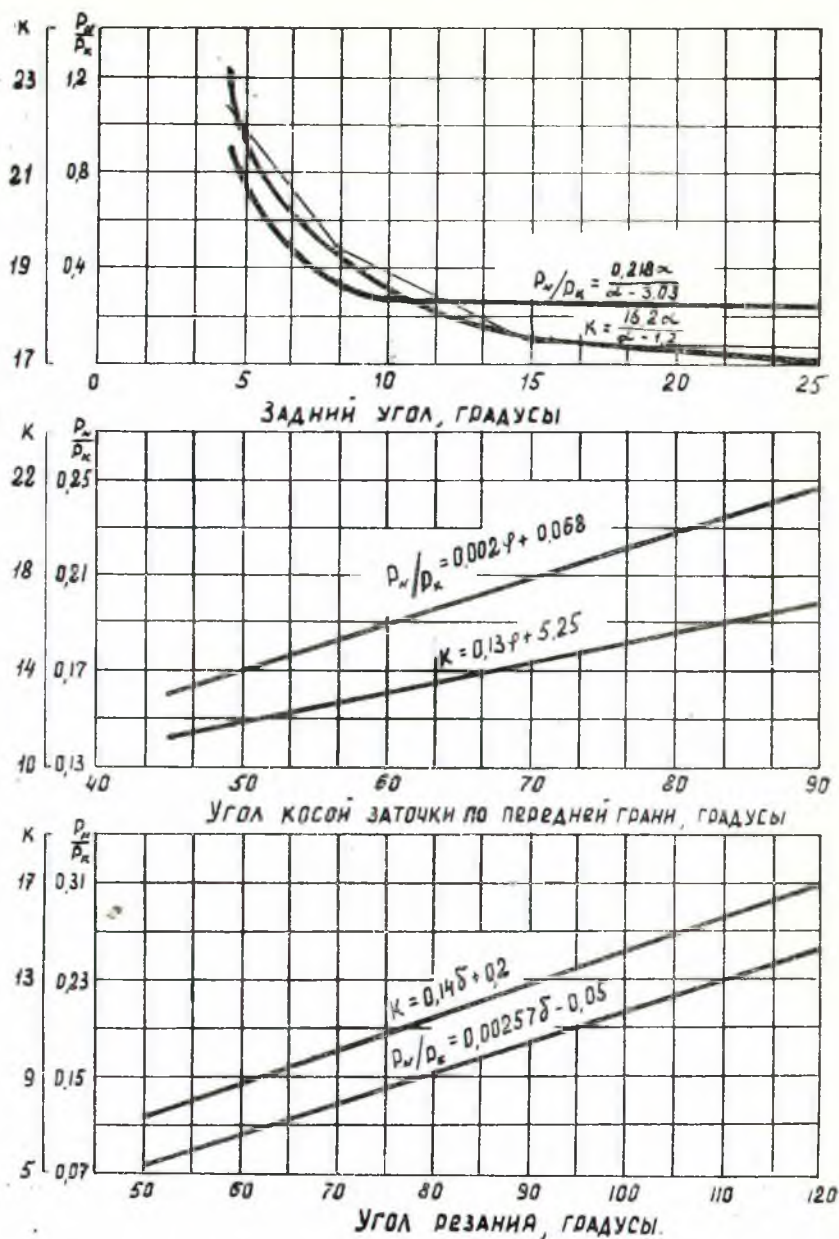


Рис. 1. Влияние угловых параметров зубьев круглых пил на силовые показатели процесса пиления.

$$P_{\text{н}} / P_{\text{к}} = 0,002 \varphi_1 + 0,068. \quad (7)$$

3. Высота неровностей поверхности пропила при уменьшении угла косой заточки по передней грани зубьев с 90° до 75° снижается в два раза. Дальнейшее уменьшение угла косой заточки практически не влияет на высоту неровностей поверхности пропила.

4. При углах косой заточки $\varphi_1 = 45 \div 65^\circ$ «бахрома» практически отсутствует.

На основании анализа полученных результатов оптимальную величину угла косой заточки по передней грани следует признать равной $\varphi = 45^\circ$.

Влияние контурного угла резания. Опыты проводились при следующих угловых параметрах зубьев пил: $\delta = 50^\circ, 60^\circ, 80^\circ, 100^\circ, 110^\circ, 120^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$.

Результаты опытов (см. рис. 1), показали:

1. При изменении контурного угла резания с 120° до 50° удельная работа уменьшилась с 17,8 до 6,94 кгм/см³, отношение $P_{\text{н}}/P_{\text{к}}$ — с 0,274 до 0,0797.

2. В результате математической обработки опытных данных зависимость между удельной работой резания (К), отношением $P_{\text{н}}/P_{\text{к}}$ и контурным углом резания (δ) можно выразить в виде уравнения прямой

$$K = 0,14\delta + 0,2 \quad (8)$$

$$P_{\text{н}}/P_{\text{к}} = 0,00257\delta - 0,05 \quad (9)$$

3. Высота неровностей поверхности пропила с уменьшением контурного угла резания с 120° до 50° снижается, но остается в пределах $\delta_{\text{н}}$ 6 класса чистоты ГОСТу 7016-54.

4. При контурных углах резания $\delta = 50 \div 60^\circ$ «бахрома» наименьшая и ее практически можно не учитывать.

На основании анализа полученных результатов было установлено, что для резания древесно-волоконистых плит оптимальная величина угла резания составляет $\delta = 50^\circ$.

Влияние величины подачи на один зуб на процесс пиления плит

Условия опытов: Величина подачи на один зуб — $U_z = 0,052; 0,077; 0,102; 0,157$; угловые параметры зубьев

*) При угле резания $\delta = 50^\circ$, задний угол $\alpha = 13^\circ$.

$\delta = 50^\circ$; $\alpha = 13^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$. Значения остальных факторов принимались аналогичными при исследовании угловых параметров зубьев пил.

Результаты опытов (рис. 2) показали, что с уменьшением величины подачи на зуб удельная работа резания и отношение P_N/P_k увеличиваются, высота неровностей поверхности пропила снижается.

Таким образом, исходя из условия энергетических факторов желательнее работать с возможно большими подачами на зуб, а из условия чистоты поверхности пропила с меньшими подачами на зуб.

Однако, учитывая, что величина подачи на зуб меньше $0,077$ мм не оказывает существенного влияния на чистоту поверхности пропила и что при малых подачах резко возрастает износ зубьев, т. к. увеличивается путь, проходимый зубом при распиливании одного и того же количества материала, следует признать целесообразной величину подачи на один зуб равной $0,075 \div 0,1$ мм.

Результаты опытов по износостойкости зубьев круглых пил

Условия опытов: $n = 2900$ об/мин; $D = 375$ мм; $U = 15$ м/мин; $z = 72$; $\delta = 50^\circ$; $\alpha = 13^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$; $a = 23$ мм. Плиты распиливались по одному листу.

Зависимости, выявленные в результате данных опытов, построены на рис. 3 и 4, анализ которых показывает, что процесс износа зубьев при пилении твердых древесно-волоконистых плит можно разбить на 3 стадии.

I стадия от 0 до $200 \div 300$ пог. м пропила. В этот период происходит приработка зубьев. Кромка плиты быстро утолщается и через 200 пог. м пропила величина утолщения увеличивается в три раза.

II стадия от 300 до $3000 \div 3200$ пог. м пропила. В этот период происходит медленное и плавное увеличение износа зубьев и утолщения кромки плиты. В конце этой стадии величина износа по биссектрисе угла заострения составляет $1,51$ мм, величина утолщения кромки плиты $0,0782$ мм.

III стадия от 3200 пог. м выше. Износ по задней грани и биссектрисе угла заострения зуба продолжает увеличиваться плавно, но величина утолщения кромки плиты резко возрастает и после распиливания 4000 пог. м. доходит до $0,118$ мм.

Высота неровностей поверхности пропила с увеличением количества распиленного материала изменяется несущественно.

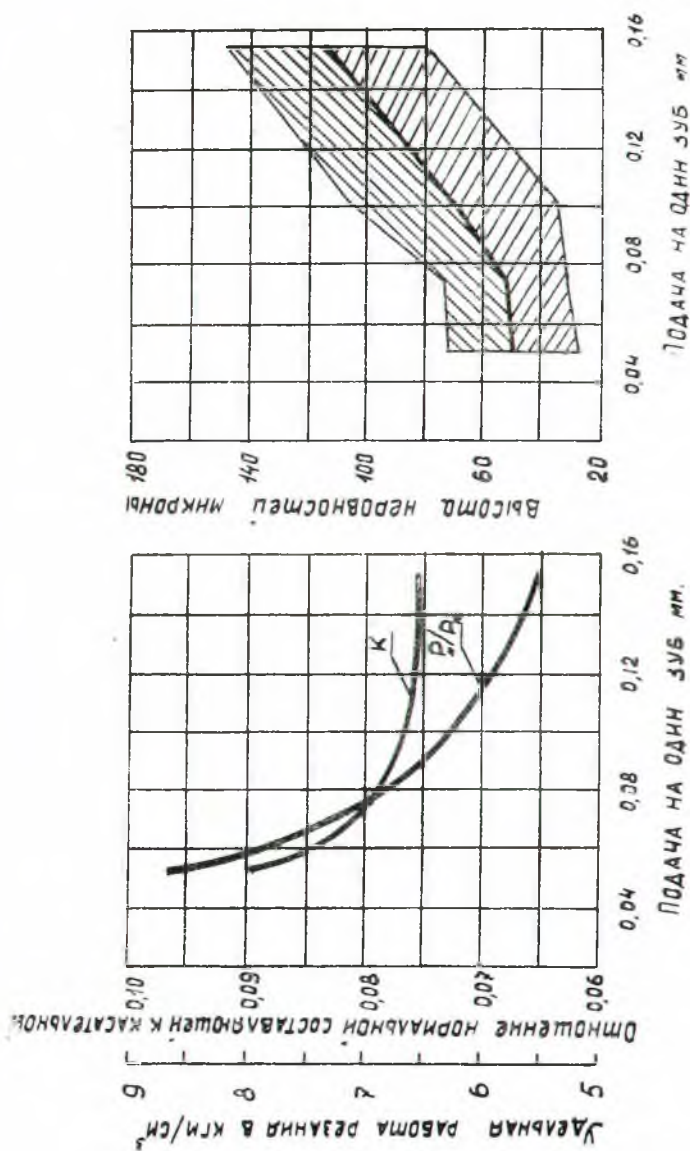


Рис. 2. Влияние величины подачи на один зуб на силовые и качественные показатели процесса пиления.

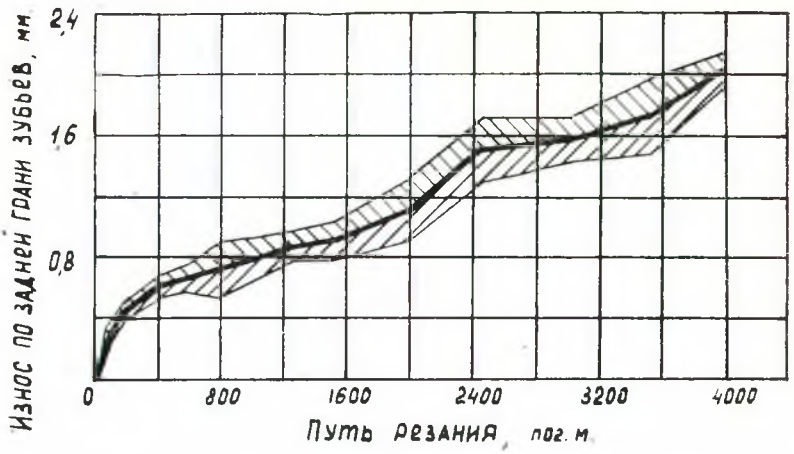


Рис. 3. Влияние пути резания на износ зубьев по задней грани.

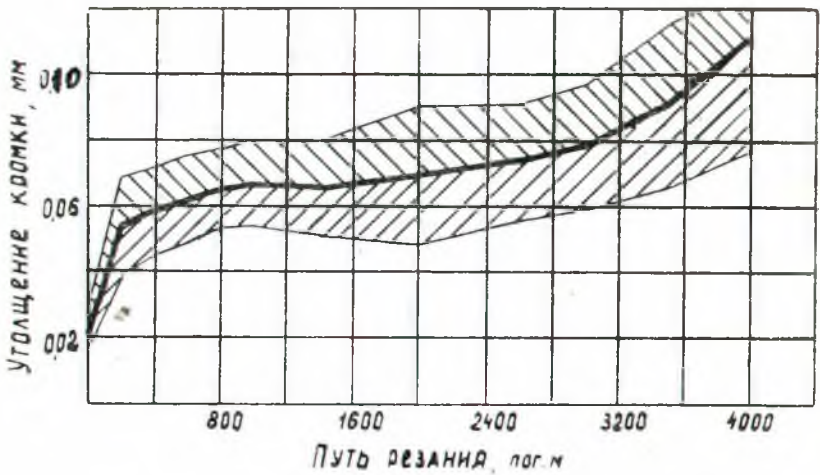


Рис. 4. Влияние пути резания на утолщение кромки плиты.

но и находится в пределах δ_V 4-го класса чистоты по ГОСТу 7016-54.

Количество распиленного материала:

0 1000 2000 3000 4000 пог. м.

Высота неровностей поверхности пропила, микроны

53,2 129 132 144 144

После распиливания 3200 пог. м на кромках плит появляется «бахрома».

Из анализа результатов по износостойкости зубьев пил следует, что при пилении плит качество поверхности пропила следует оценивать по трем показателям: высоте неровностей, по величине утолщения кромки плиты и по наличию «бахромы».

Влияние основных факторов на процесс резания плит плоскими ножами

Влияние усилия прижима материала. Условия опытов: число ходов ножа в минуту — 36; угол заострения ножа — 20°, профиль ножа — с односторонней и двухсторонней заточкой; усилие прижима — 0 и 700 кг; размеры образцов: длина 150 мм, толщина 3,36 мм.

Результаты опытов показаны в табл. I.

Таблица 1

Наименование величин	Профиль ножа			
	с односторонней заточкой		с двухсторонней заточкой	
	усилие прижима, кг			
	0	700	0	700
Удельная работа резания, кгм/см ³	0,748	0,786	1,025	1,05
Высота неровностей поверхности резания, микроны	23,0	22,7	26,1	25,5

Анализ результатов позволяет установить, что изменение усилия прижима материала не оказывает существенного влияния на удельную работу резания и величину вырывов из нижней пласти материала.

Проведенные опыты также подтвердили наше положение, что при двухсторонней заточке ножа удельная работа выше, чем при резании ножом с односторонней заточкой.

Влияние угла заострения ножа. Условия опытов: число ходов ножа в минуту — 36, угол заострения ножа — 10°, 20°, 30°, 40°, величина усилия прижима — 700 кг,

размеры образцов: длина 150 мм; толщина 3,36 мм; количество одновременно разрезаемых образцов — 1 шт.

Полученные по результатам опытов величины оценочных показателей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Угол заострения ножа, градусы	Удельная работа резания, кгм/см ³	Высота неровностей поверхности резания, микроны
10	0,412	21,7
20	0,786	22,7
30	1,300	24,8
40	1,560	25,0

Анализ результатов показывает:

1. Удельная работа резания с увеличением угла заострения ножа возрастает. Зависимость удельной работы (K) от угла заострения ножа (β) можно выразить в виде уравнения прямой

$$K = 0,41\beta \quad (10)$$

2. Высота неровностей поверхности резания практически не зависит от величины угла заострения и находится в пределах $15 \div 30$ микрон, что соответствует $d\sqrt{9}$ классу чистоты по ГОСТу 7016-54.

3. Вырывы из нижней пласти образца плиты при углах заострения ножа $10 \div 20^\circ$ практически отсутствуют. При дальнейшем увеличении угла заострения величина вырывов резко возрастает.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что при резании твердых древесно-волоконистых плит ножами желательнее работать с возможно меньшими углами заострения. Однако, слишком малые величины угла заострения ножа не позволяют иметь достаточно прочное и жесткое лезвие. Поэтому при резании твердых древесно-волоконистых плит рациональным следует признать угол заострения ножа равным 20° .

Влияние числа ходов ножа. Условия опытов: угол заострения ножа — 20° , профиль ножа — с односторонней заточкой, величина усилия прижима материала — 700 кг, количество образцов в пакете — 1, 4, 8 штук, число ходов ножа в минуту 10, 25, 36, 47. Размеры образцов: длина 150 мм, толщина 3,36 мм.

Результаты опытов показаны в табл. 3.

Таблица 3

Количество образцов в пакете, шт.	Удельная работа резания в $кгм/см^3$				Высота неровностей поверхности резания, микроны			
	число ходов ножа в минуту							
	10	25	36	47	10	25	36	47
Один	0,894	0,780	0,786	0,78	22,6	24,8	22,7	24,8
Четыре	0,912	0,802	0,802	0,773	23,8	24,5	24,5	25,2
Восемь	0,918	0,802	0,804	0,785	25,1	24,5	25,0	26,2

Из анализа результатов видно:

1. Удельная работа с увеличением числа ходов ножа уменьшается очень незначительно. При увеличении числа ходов ножа с 10 до 47 удельная работа резания уменьшилась при резании плит поштучно на 11,4%, при резании плит пакетом из четырех образцов на 11,8%, при резании плит пакетом из 8 образцов на 11,7%.

2. Количество плит в пакете не оказывает существенного влияния на удельную работу резания. Это объясняется тем, что пакет из плит не представляет собой единого целого и его резание осуществляется как бы поштучно.

3. Величина неровностей поверхности резания практически не зависит от числа ходов ножа и количества образцов в пакете.

Из анализа результатов следует, что для получения высокой производительности оборудования раскрой плит целесообразно производить пакетами при большом числе ходов ножа. Однако, учитывая, что инерционные нагрузки в машинах возникают пропорционально квадрату числа ходов ножа, а последние не оказывают существенного влияния на чистоту поверхности резания, следует признать рациональным при резании плит число ходов ножа в минуту равным 40—60.

Основные технико-экономические показатели процессов резания плит круглыми пилами и ножами показаны в табл. 4.

№ п/п.	Показатели	Единица измере- ния	Способ резания плит		
			круглыми пилами		плос- кими ножа- ми
			обыч- ными	рекомен- дуемыми	
1	Экономия материала на 1000 пог. м длины резания . . .	м ²	—	—	3,0
2	Общие годовые затраты . . .	руб.	3748,15	3748,15	2703,13
3	Удельная работа резания . . .	кгм/см ³	4,4	1,76	0,800
4	Высота неровностей поверхно- сти резания	мк	156	53,2	24,5
5	Утолщение кромки плиты . . .	мм	0,03	0,03	отсутств.
6	Стойкость инструмента . . .	час.	1÷1,2	2,5÷3	5÷8
7	Товарный вид продукции . . .		неудовлетв.	удовлетв.	хороший
8	Санитарно-гигиенические условия		неудовлетв.	неудовлетв.	хоро- шие
9	Условия техники безопасности		неудовлетв.	неудовлетв.	хорошие
10	Противопожарные условия . .		неудовлетв.	неудовлетв.	удовлетв.
11	Наличие эксгаустерной уста- новки		имеется	имеется	отсутств.

Анализируя результаты проведенных исследований и сравнивая данные табл. 4 можно отметить, что процесс резания плит круглыми пилами практически по всем показателям уступает процессу резания плит ножами. Следовательно, раскрой плит ножами является более рациональным.

Рекомендации и предложения

1. Для пиления плит.

Оптимальные угловые параметры зубьев круглых пил из стали марки 85ХФ:

передний угол	$\gamma = 40^\circ$;
угол заострения	$\beta = 37^\circ$;
задний угол	$\alpha = 13^\circ$;
угол косой заточки по перед- ней грани зуба	$\varphi_1 = 45^\circ$.

При раскросе и форматной обрезке плит пакетом, передний угол следует уменьшить до 30—35°.

Величина развода зубьев на сторону $S = 0,3 \div 0,4$ мм,

Величина подачи на один зуб $U_z = 0,08 \div 0,11$ мм,

Скорость резания $v = 40 \div 60$ м/сек,

Выступ пилы над поверхностью плит $a = 10 \div 15$ мм.

II. Для резания плит плоскими ножами.

Оптимальный угол заострения ножа $\beta = 20^\circ$.

Профиль ножа с односторонней заточкой.

Раскрой плит целесообразно производить с прижимом и пакетами.

Число ходов ножа в минуту рационально иметь в пределах 40—60.

Раскрой плит осуществлять наклонными ножами или при сложном способе движения ножа.

III. Оценка качества обработанной поверхности. Оценку качества обработанной поверхности необходимо производить по трем показателям: высоте неровностей, по величине утолщения кромки плиты, по наличию «бахромы» или вырывов из нижней пласти плиты.

IV. Резание плит ножами перспективно и имеет целый ряд существенных технических, санитарно-гигиенических и противопожарных преимуществ перед пилением.

По материалам диссертации автором опубликованы следующие статьи:

1. Угловые параметры зубьев круглых пил для распиливания твердых древесно-волоконистых плит, научные труды ЦНИИМОД, № 17, 1964.

2. О пилении твердых древесно-волоконистых плит, «Деревообрабатывающая промышленность», 1964, № 5.

3. О резании твердых древесно-волоконистых плит плоскими ножами.

...Сб. Производство древесно-волоконистых плит, ЦНИИТЭН леспрома, 1965.

4. К вопросу о резании древесно-волоконистых плит плоскими ножами, научные труды ЦНИИМОД, (в печати).

5. Резание древесно-волоконистых плит, «Мастер леса», 1965, № 12.