

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ КРУГЛЫХ ПИЛ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ДЛЯ ПОПЕРЕЧНОЙ РАСПИЛОВКИ ЛЕСА

Н. В. ЛИВШИЦ

Ассистент

(Уральский лесотехнический институт)

Пиление, как резание последовательно движущимися сложными резцами, с теоретической стороны изучено мало. Имеющиеся в литературе рекомендации по выбору профиля зубьев поперечных круглых пил почти не подтверждаются ни опытными данными, ни теоретическими исследованиями. Действующий в настоящее время стандарт на круглые пилы (ГОСТ 980-53) не отражает возросших требований лесозаготовительной промышленности к пилам большого диаметра, которые широко применяются при разделке хлыстов, дровяного леса и других лесоматериалов.

Целью исследования, проведенного автором, явилось определение оптимальных геометрических параметров зубьев и режима работы круглых пил большого диаметра, предназначенных для поперечной распиловки леса. В качестве критерия оптимальности этих параметров было принято требование наименьшего значения силовых показателей пиления (усилие резания — P , усилие надвигания — P_n и удельная работа резания — K), а также наибольшей производительности пиления при прочих равных условиях. На рис. 1 схематично представлена вершина несимметричного зуба пилы; за ось kx принято направление по радиусу пилы, направление оси ky перпендикулярно направлению надвигания древесины на пилу, а плоскость xy параллельна стенкам пропила. На схеме обозначены контурные углы α , β и δ , характеризующие контур зуба в плоскости xy ; β_1 и β_2 — углы боковой заточки передней и задней граней; шаг и высота зубьев соответственно t и h , а также углы встречи короткой режущей кромки ab с направлением волокон: тангентальный — ε' и радиальный — ε'' .

В соответствии с задачей исследования, эксперименты проводились на 12 пилах диаметром 1200 мм и толщиной 4,6 мм с различными геометрическими параметрами зубьев (табл. 1). Из них четыре пилы (№ 1, 2, 3, 6) имели зубья с параметрами, принятыми согласно ГОСТ 980-53, у остальных пил форма и размеры зубьев отличались от стандартных. Это было вызвано необходимостью исследовать зависимость силовых показателей пиления от величины шага зубьев (t), и величины

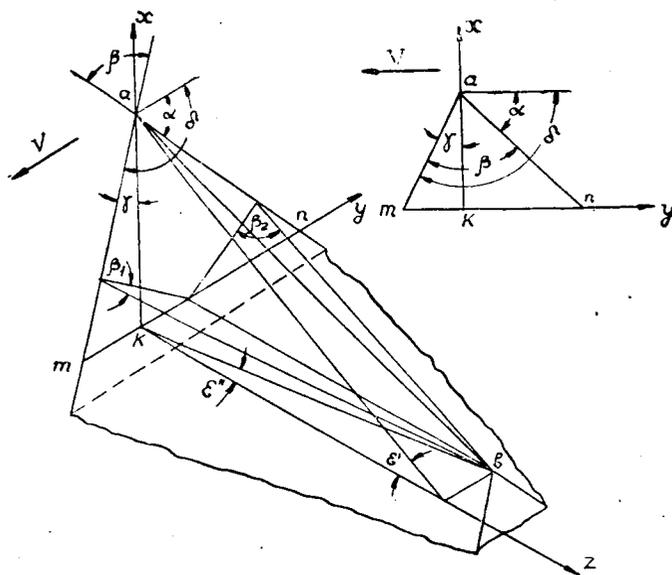


Рис. 1. Основные угловые параметры зубьев пил для поперечной распиловки леса.

контурного угла резания (δ). Подготовка пил к работе проводилась в соответствии с существующими требованиями по методам, предложенным А. Э. Грубе. Качество подготовки считалось удовлетворительным при вогнутости средней части пилы в пределах 1,1—1,3 мм, местное вспучивание и коробление допускалось не более 0,3 мм. Отклонение величины шага и высоты зубьев от номинального их значения допускалось в пределах $\pm 0,2 - 0,3$ мм, а для радиуса пилы $\pm 0,8$ мм. Развод зубьев был принят 1,2 мм на сторону, с допустимым отклонением $\pm 0,05$ мм. Проверка величины углов боковой заточки и контурных углов зуба производилась угломером с ценой деления 2'.

Таблица 1

№ п/п.	Шаг зубьев в мм t	Число зубьев в шт.	Высота зубьев в мм h	Контурные углы в градусах				Угол заточки боковой грани		Примечание
				δ	β	γ	α	передней β_1	задней β_2	
1	39,3	96	33,0	115	50	25	65	65, 55, 45	90	ГОСТ 980-53
2	"	"	31,0	105	45	15	60	" " "	"	"
3	"	"	25,5	90	40	0	50	" " "	"	Не стандарт.
4	"	"	22,0	85	45	-5	40	" " "	"	"
5	52,4	72	41,0	80	40	-10	40	" " "	"	"
6	62,8	60	54,0	115	50	25	65	" " "	"	ГОСТ 980-53
7	"	"	50,0	105	45	15	60	" " "	90, 65	Не стандарт.
8	"	"	90	90	40	0	50	" " "	"	"
9	"	"	45,0	85	45	-5	40	" " "	"	"
10	"	"	42,5	80	40	-10	40	" " "	90	"
11	"	"	38,0	90	40	0	50	" " "	"	"
12	"	"	"	"	"	"	"	" " "	"	Зубчатый венец со скальвующими зубьями

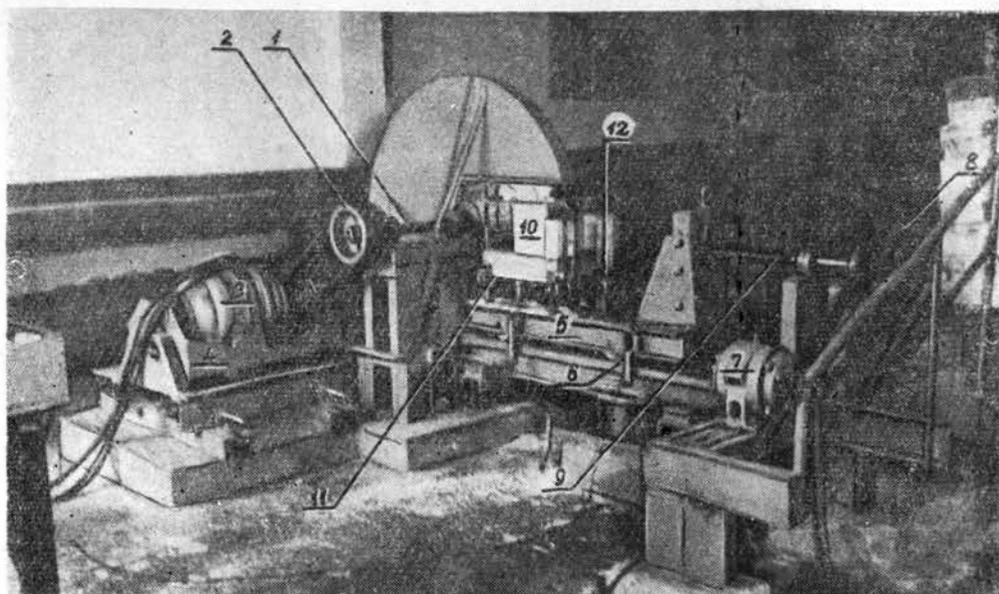


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки.

Опыты проводились на сосновых образцах, пропилы делались в них на расстоянии 80 мм один от другого. Форма поперечного сечения образцов — прямоугольная 200×200 мм и 100×200 мм, влажность образцов — 27 — 34%, а объемный вес 0,471 — 0,562 г/см³.

Для проведения экспериментов автором была сконструирована специальная установка, которая давала возможность с помощью электроизмерительной аппаратуры и осциллографа МПО-2 измерять величину усилий резания — P и надвигания — P_n .

Установка (рис. 2) представляет собой круглопильный станок, состоящий из механизма резания и механизма надвигания на пилу распиливаемого материала. Пильный вал 1 механизма резания приводится в движение клиноременной передачей. Сменные шкивы 2 передачи позволяют осуществить три скорости резания — 50, 60 и 75 м/сек. Электродвигатель 3 механизма резания мощностью 20 квт установлен на «качалке» 4; поворот двигателя вокруг оси ротора под действием реакции статора использован для замера усилия резания P . Для этого к «качалке» прикреплен рычаг, выступающее плечо которого через шаровую головку опирается на консольный упор. По величине деформации этого упора определяется усилие резания P . Основной частью механизма надвигания является тележка 5, передвигающаяся по специальному рельсовому пути 6. Тележка приводится в движение электродвигателем 7, имеющим мощность 1,7 квт, посредством клиноременной передачи 8 и ходового винта 9.

В результате применения сменных ходовых винтов с различным шагом и сменных шкивов был получен большой диапазон скоростей надвигания: 0,080 — 0,096 — 0,114 — 0,120 — 0,128 — 0,144 — 0,154 — 0,160 — 0,171 — 0,177 — 0,192 — 0,213 — 0,228 — 0,231 — 0,236 — 0,256 — 0,284 — 0,286 — 0,308 — 0,330 м/сек. Это дает возможность сохранять постоянство величины надвигания при изменении скорости резания и шага зубьев. Исследования проводились при трех значениях величины надвигания

на разведенный зуб (на двойной шаг зубьев пилы) — 0,2—0,3—0,4 мм. Распиливаемый образец укрепляется на специальном приспособлении 11, которое установлено на тележке и удерживается от сдвига в осевом горизонтальном направлении упором 12. Усилие надвигания передается на упор, по деформации которого определяется величина этого усилия.

Измерение величины усилия резания P и усилия надвигания P_n осуществлялось тензометрическими проволочными датчиками сопротивления, наклеенными на упоры, один из которых воспринимает усилие реакции статора, пропорциональное усилию резания P , а другой — реакцию усилия надвигания P_n . До начала экспериментов и периодически, в процессе проведения их, измерительные цепи установки подвергались тарировке. Сравнительно небольшая скорость изменения исследуемых величин позволила применить статическую тарировку цепей, что не сказалось на точности экспериментов (ошибка, примерно, 1—2%).

Были проведены две группы экспериментов. В первой из них определялись оптимальные параметры зубьев, во второй — оптимальный режим работы пилы.

УСТАНОВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЬЕВ

Цель исследования заключалась в выявлении зависимости силовых показателей пиления от величин контурного угла резания (δ), углов боковой заточки передней и задней граней (β_1 и β_2), шага зубьев (t), а также в выявлении влияния на силовые показатели специальных скальвающих зубьев, то есть зависимостей, позволяющих обосновать выбор оптимального профиля зубьев. Эти эксперименты проводились на образцах с высотой поперечного сечения 200 мм при скорости резания $V = m/сек$, при величине надвигания на разведенный зуб $c = 0,2$ мм и ширине пропила $b = 8$ мм. Среднее значение измеряемых величин получили на основе 13—16 замеров.

а) Зависимость силовых показателей пиления от величины контурного угла резания (δ)

Эксперименты проводились на десяти пилах № 1—5 и 7—11 (см. табл. 1) при углах боковой заточки $\beta_1 = 65^\circ$ и $\beta_2 = 90^\circ$. Данные опытов представлены графически на рис. 3. Уменьшение контурного угла с 115° до 80° , то есть, примерно, на 30%, при $t = 39,3$ мм ($z = 96$ зубьев) вызвало снижение усилия P и удельной работы K на 38%, усилия P_n на 49%, а отношения $\frac{P_n}{P}$ на 16%. Уменьшение силовых по-

казателей пиления при уменьшении контурного угла δ объясняется различием в стружкообразовании и транспортировке опилок из пропила при разных углах δ . При поперечном пиении каждый разведенный зуб пилы осуществляет резание в двух плоскостях: боковая режущая кромка перерезает волокна по стенке пропила, короткая кромка скальвает волокна, формируя дно пропила. Наклон передней грани зуба в направлении движения пилы, имеющий место при контурных углах резания $\delta > 90^\circ$, вызывает подпор волокон при перерезании их боковой режущей кромкой. Это приводит к увеличению усилия резания, что и доказываются нашими опытами. Сравнение размеров опилок, полученных при различных контурных углах резания, показывает, что наиболее мелкие опилки получают при наибольшем угле $\delta = 115^\circ$; по мере уменьшения этого угла размер опилок увеличивается, но остается, примерно, одина-

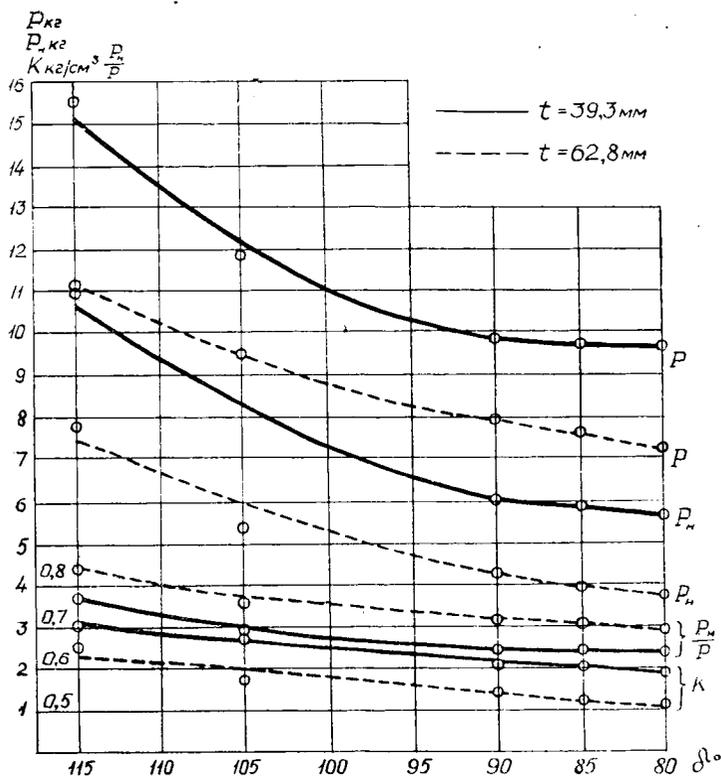


Рис. 3. Зависимость силовых показателей пиления от контурного угла резания δ при $V = 50$ м/сек, $c = 0,2$ мм, $\beta = 55^\circ$.

ковым при $\delta = 85^\circ$ и $\delta = 80^\circ$. Это дает основание утверждать, что чрезмерное дробление древесины, имеющее место при больших углах резания, требует увеличения расхода энергии на пиление.

Наибольшее падение значений силовых показателей наблюдается при уменьшении угла δ от 115° до 105° ; уменьшение контурного угла от 90° до 80° мало влияет на изменение величины силовых показателей пиления. Если принять во внимание, что при значительном уменьшении контурного угла резания возможно снижение стойкости зубьев против затупления и происходит некоторое уменьшение объема пазухи, то для практики следует считать приемлемыми зубья с контурными углами $\delta < 90^\circ$ лишь при большом шаге зубьев (60–70 мм), тогда как при малом шаге целесообразнее иметь этот угол в пределах от 90° до 95° .

б) Зависимость силовых показателей пиления от величины угла боковой заточки передней грани (β_1)

Эксперименты проводились также на десяти пилах № 1–5 и 7–11 (табл. 1) при $\delta = 115^\circ - 105^\circ - 90^\circ - 85^\circ - 80^\circ$, $\beta_1 = 65^\circ - 55^\circ - 45^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$. Опытами установлено, что в большинстве случаев между силовыми показателями пиления и величиной угла боковой заточки передней грани β_1 (в пределах $65^\circ - 45^\circ$) существует зависимость, близкая к линейной.

Результаты опытов представлены в следующей таблице:

Таблица 2

δ	β_1	Шаг зубьев $t = 39,3$ мм				Шаг зубьев $t = 62,8$ мм			
		усилие P кг	усилие P_{II} кг	$\frac{P_{II}}{P}$	удельная работа K в кг·м/с·м ³	усилие P в кг	усилие P_{II} в кг	$\frac{P_{II}}{P}$	удельная работа K в кг·м/с·м ³
115	65	16,45	12,38	0,752	4,02	11,49	8,00	0,695	4,48
	55	15,45	10,95	0,709	3,78	11,18	7,75	0,656	4,36
	45	12,93	9,01	0,696	3,16	10,71	6,96	0,651	4,19
105	65	13,29	9,31	0,700	3,24	9,79	6,11	0,625	3,82
	55	11,84	7,98	0,674	2,90	9,42	5,47	0,580	3,68
	45	11,19	7,23	0,646	2,73	9,12	5,25	0,576	3,56
90	65	10,23	6,99	0,675	2,52	8,26	4,60	0,556	3,23
	55	9,85	5,98	0,607	2,42	7,87	4,23	0,537	3,07
	45	9,41	5,60	0,595	2,30	7,61	4,00	0,525	2,97
85	65	10,20	6,35	0,620	2,50	7,99	4,12	0,512	3,12
	55	9,70	5,85	0,603	2,38	7,61	3,88	0,511	2,97
	45	9,32	5,47	0,586	2,21	7,40	3,56	0,482	2,89
80	65	9,85	6,45	0,655	2,40	7,44	3,82	0,514	2,90
	55	9,60	5,59	0,582	2,35	7,18	3,61	0,501	2,81
	45	9,18	5,24	0,570	2,24	6,80	3,24	0,476	2,65

Как видно из приведенных данных, наибольшая зависимость силовых показателей от угла β_1 имеет место при контурном угле резания $\delta = 115^\circ$ и меньше при $\delta = 80^\circ$. Эта зависимость больше сказывается у пил с шагом зубьев 39,3 мм, и значительно меньше при шаге зубьев 62,8 мм.

В рамках короткой статьи невозможно осветить физическую сущность указанного явления; следует, однако, заметить, что при пилениях с подпором волокон ($\delta > 90^\circ$) наибольшее влияние на силовые показатели пиления имеет глубина торцовой деформации в подрезанных волокнах. Протяженность торцового смятия волокон находится в зависимости от угла боковой заточки передней грани β_1 и с уменьшением его деформация также уменьшается. При $\delta < 90^\circ$, когда подпор волокон отсутствует и передняя грань зуба стремится отделить опилки от дна пропила, величина угла β_1 передней грани не оказывает на торцовую деформацию большого влияния. Поэтому при $\delta < 90^\circ$ нецелесообразно затачивать переднюю грань под углами меньшими 60° — 50° , так как в противном случае, при незначительном выигрыше в силовых показателях, это повлечет уменьшение стойкости зубьев против затупления. Для пил с $\delta > 90^\circ$ оптимальными углами боковой заточки передней грани следует считать $\beta_1 = 40^\circ$ — 45° .

в) Зависимость силовых показателей пиления от величины шага зубьев t (табл. 1)

Подвергались испытанию пилы № 1, 6, 7, шаг которых соответственно 39,3—52,4—62,8 мм, а угол $\delta = 115^\circ$; пилы № 5 и № 11 с шагом 39,3 и 62,8 мм, $\delta = 80^\circ$.

Из результатов исследования, представленных в табл. 3, следует, что усилия резания и надвигания уменьшаются по мере увеличения шага зубьев.

Наиболее резкое уменьшение наблюдается при изменении шага зубьев с 39,3 до 52,4 мм. Известно, что возрастание шага зубьев ведет к уменьшению числа зубьев, одновременно находящихся в пропилах. При $\delta = 115^\circ$ и $\beta = 65^\circ$ относительное изменение усилий резания

Таблица 3

Угол боковой заточки β_1	Шаг зубьев в мм t	Угол резания $\delta=115^\circ$				Угол резания $\delta=80^\circ$			
		усилие P в кг	усилие P_n в кг	$\frac{P_n}{P}$	удельная работа K в кгм/см ²	усилие P в кг	усилие P_n в кг	$\frac{P_n}{P}$	удельная работа K в кгм/см ²
65	39,3	16,45	12,38	0,752	4,02	9,85	6,45	0,655	2,40
	52,4	12,51	8,84	0,705	4,08	—	—	—	—
	62,8	11,49	8,00	0,695	4,48	7,44	3,82	0,514	2,90
55	39,3	15,45	10,95	0,709	3,78	9,60	5,59	0,582	2,35
	52,4	11,83	8,12	0,686	3,85	—	—	—	—
	62,8	11,18	7,75	0,656	4,36	7,18	3,61	0,501	2,81
45	39,3	12,93	9,01	0,696	3,16	9,18	5,24	0,570	2,24
	52,4	11,21	7,31	0,652	3,59	—	—	—	—
	62,8	10,71	6,96	0,651	4,27	6,80	3,24	0,476	2,65

и надвигания, в основном, соответствует относительному изменению числа зубьев, одновременно находящихся в пропилах. Вместе с тем замечается, что по мере уменьшения β_1 , усилия резания и надвигания изменяются значительно меньше. Это явление объясняется тем, что при $\beta > 90^\circ$ опилки, прижимаясь к дну пропила, благодаря наличию угла боковой заточки β_1 попадают в пространство между стенками пропила и пилой, вызывая увеличение трения пилы об опилки. Уменьшение угла β_1 при увеличении шага зубьев ведет, следовательно, к увеличению сил трения и падению величины относительного уменьшения P и P_n .

При контурных углах $\beta < 90^\circ$ величина относительного изменения усилия P и усилия P_n с увеличением шага зубьев, остается постоянной при всех углах боковой заточки β_1 , так как в этих условиях опилки к дну пропила не прижимаются и, в связи с этим, уменьшение угла β_1 не оказывает существенного влияния на количество опилок, попадающих между пилой и стенками пропила.

Эксперименты показали также, что с увеличением шага зубьев, несмотря на снижение усилия резания, наблюдается некоторое возрастание удельной работы резания. Такой характер изменения удельной работы является результатом того, что снижение усилия P отстает по отношению к росту шага зубьев. Это объясняется прежде всего устойчивостью зубьев в работе. Увеличение высоты зубьев, имеющее место при возрастании шага зубьев, приводит к уменьшению жесткости их в поперечном направлении и вызывает большую вибрацию зубьев в работе. Кроме того, рост вибрации зубьев наблюдается при уменьшении угла β_1 в связи с тем, что при этом имеет место возрастание поперечной силы, действующей на переднюю грань зубьев. Все сказанное ведет к увеличению сил трения между зубьями пилы и стенками пропила и является причиной малого снижения усилия P и некоторого роста удельной работы резания. Однако, следует считать целесообразным применение пил диаметром 1200 мм с шагом зубьев 62,8 мм (60 зубьев), так как при этом имеет место уменьшение усилий резания и надвигания.

г) Зависимость силовых показателей пиления от величины угла боковой заточки задней грани (β_2)

Эксперименты имели целью выяснить целесообразность заточки задней грани под косым углом. Они проводились на пилах несимметричного профиля зубьев (№ 8, 9, 10), при которых боковая заточка задней

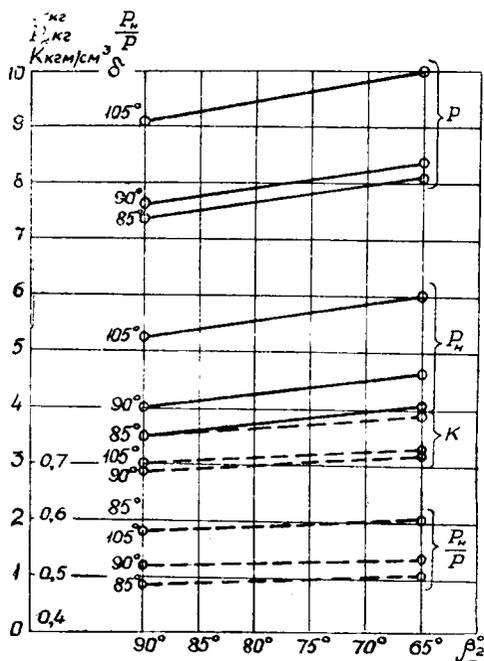


Рис. 4. Зависимость силовых показателей пиления от угла боковой заточки передней грани — β_1 при $V = 50$ м/сек и $c = 0,2$ мм.

грани не может быть оправдана перестановкой пилы обратной стороной для работы без перезаточки передней грани.

Данные экспериментов, приведенные на рис. 4, подтвердили теоретические предположения о влиянии боковой заточки задней грани на силовые показатели пиления. Уменьшение угла β_2 с 90° до 65° увеличивает усилие P и удельную работу K на 9,2–9,8%, а усилие P_n — на 13,2–14,1%, причем большие значения относительного изменения силовых параметров относятся к пилам с контурным углом $\delta = 85^\circ$. Уменьшение β_2 вызывает изменение углов встречи короткой кромки ε' и ε'' , величины которых имеют существенное значение для работы этой кромки и характера стружкообразования. Короткая кромка расположена под углом к направлению волокон и производит сложное резание в трех направлениях (поперечном, продольном и торцовом).

В связи с этим, большое значение имеет величина тангентального угла встречи ε_1 , характеризующего резание короткой кромкой в торец. Увеличение угла ε_2 , вызванное уменьшением угла боковой заточки β_2 приводит к возрастанию сопротивления резания в торцовом направлении. Рост сопротивления резания в торец не компенсируется некоторым уменьшением его в продольном направлении (в связи с уменьшением радиального угла встречи ε' , что ведет к общему росту силовых показателей пиления. Следовательно, опыты показали нецелесообразность боковой заточки задней грани на пилах с несимметричным профилем зубьев.

д) Зависимость силовых показателей пиления от конструкции зубчатого венца пилы

Опыты указанной группы дали возможность сравнить силовые показатели пиления круглых пил с зубьями, одинакового назначения с круглыми пилами, на зубчатом венце которых имеются специальные скалывающие зубья, очищающие дно пропила.

Таблица 4

Зубья	Форма зубьев	Шаг зубьев t в мм	Число зубьев z	Условные параметры в градусах				
				δ	α	β	β_1	β_2
Режущие	Треугольная	62,8	40	90	50	40	65	90
							55	
							45	
Скалывающие	С ломаной спинкой	188,4	20	70	30	40	90	90

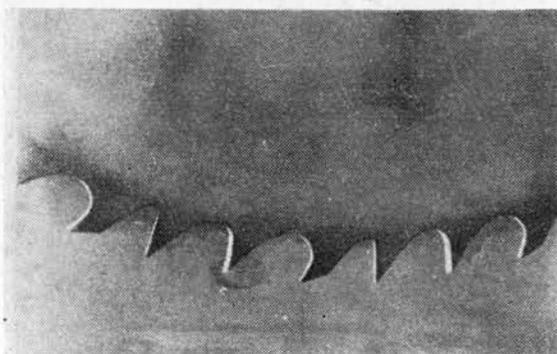


Рис. 5. Зубчатый венец пилы со скалывающими зубьями.

В опытной конструкции геометрические параметры комбинированных зубьев выбраны с учетом характера их работы и результатов предыдущих опытов (табл. 4).

Конструкция и чередование зубьев представлены на рис. 5. Результаты экспериментов (рис. 6) подтвердили целесообразность применения круглой пилы со скалывающими зубьями, так как силовые показатели пиления этой пилы ниже по сравнению с круглой пилой обычной конструкции.

Уменьшение силовых показателей пиления объясняется более благоприятными условиями стружкообразования при наличии скалывающих зубьев. Опилки, полученные при распиловке образцов пилой со скалывающими зубьями, значительно крупнее обычных; длина отдельных частиц достигает 8—9 см при толщине 0,25—0,55 мм.

Относительное уменьшение силовых показателей при наличии скалывающих зубьев увеличивается с уменьшением угла боковой заточки β_1 режущих зубьев. В связи с этим, при наличии скалывающих зубьев, оптимальным углом боковой заточки передней грани режущих зубьев следует считать $\beta_1 = 45^\circ - 40^\circ$.

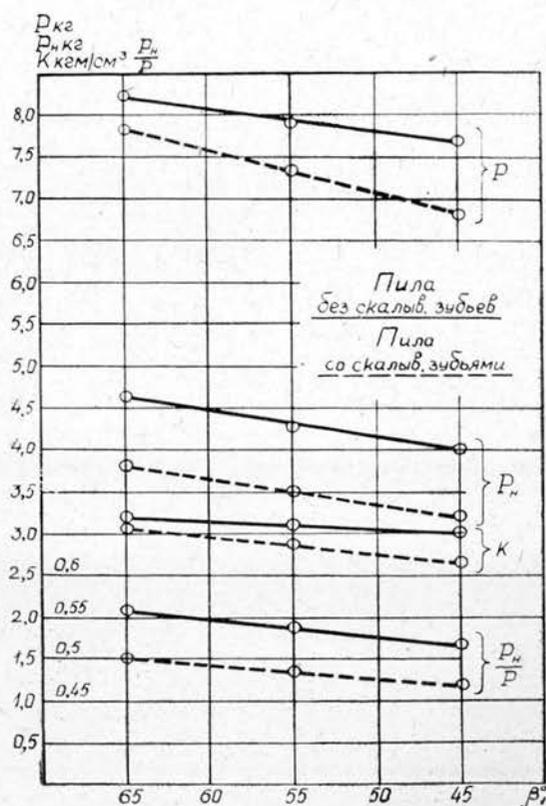


Рис. 6. Зависимость силовых показателей пиления от конструкции зубчатого венца пилы при $\delta = 90^\circ$, $t = 62,8$ мм, $V = 50$ м/сек. и $s = 0,2$ мм.

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИЛЕНИЯ ОТ ВЕЛИЧИНЫ НАДВИГАНИЯ НА ЗУБ, ВЫСОТЫ ПРОПИЛА И СТЕПЕНИ ЗАТУПЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ

Вторая группа экспериментов проведена с целью исследования режимов работы пилы, имеющей скалывающие зубья, с общим числом зубьев $z = 60$.

а) Зависимость силовых показателей пиления от величины надвигания (с) на скалывающий зуб

Вследствие того, что шаг скалывающих зубьев в 1,5 раза больше шага разведенных режущих, величина надвигания на скалывающий зуб в 1,5 раза выше надвигания на односторонний режущий.

Силовые показатели пиления рассматривались в зависимости от способа изменения величины надвигания на скалывающий зуб:

1) изменение скорости резания при постоянной скорости надвигания — 0,08 м/сек. составило три градации надвигания на скалывающий зуб — 0,3—0,25—0,2 мм;

2) изменение скорости надвигания при постоянной скорости резания — 50 м/сек. составило также три градации надвигания 0,3—0,45—0,6 мм;

3) пропорциональное изменение скоростей резания и надвигания сохранило постоянную величину надвигания на зуб — 0,3 мм.

Приводим результаты экспериментов:

Таблица 5.

Скорость резания в м/сек.	Скорость надвигания в м/сек.	Надвигание на скалывающий зуб в мм	Силовые показатели пиления				Примечание
			P в кг	P_n в кг	$\frac{P_n}{P}$	K в кгм/см ³	
50	0,08	0,3	7,28	3,48	0,478	2,84	Изменялась скорость резания
60	"	0,25	6,11	3,10	0,523	3,02	
75	"	0,2	4,93	2,96	0,601	3,13	
50	0,12	0,45	10,38	4,51	0,435	2,70	Изменялась скорость надвигания
"	0,16	0,6	12,87	5,12	0,398	2,51	
60	0,096	0,3	7,12	3,30	0,463	2,94	Скорость резания и надвигания изменялись пропорционально
75	0,12	0,3	7,03	3,34	0,475	2,96	

Опыты, проведенные на образцах высотой 200 мм и пиле № 12 (табл. 1) при $\beta_1 = 55^\circ$, показали, что вне зависимости от способа изменения величины надвигания на зуб, с возрастанием ее, усилие резания и усилие надвигания возрастают, причем рост усилия P значительно опережает рост усилия P_n . С увеличением надвигания на зуб — с отношение $\frac{P_n}{P}$ и удельная работа — K имеют общую тенденцию к уменьшению, что является результатом уменьшения дробления опилок и сил трения.

Результаты опытов показали также, что силовые показатели пиления независимы от скоростей резания и надвигания, при пропорциональном изменении их.

б) Зависимость силовых показателей пиления от высоты пропила

Эксперименты проводились только при радиальной распиловке образцов высотой поперечного сечения 100—200—300 мм.

Таблица 6

Высота пропила в мм	Силовые показатели пиления			
	P в кг	P_n в кг	$\frac{P_n}{P}$	K в кгм/см ³
100	3,73	1,81	0,485	2,97
200	7,28	3,48	0,478	2,84
300	11,05	5,39	0,487	2,88

Применение пил со специальными скалывающими зубьями, как показывают результаты опытов, приведенные в табл. 6, не нарушают пропорциональной зависимости между высотой пропила и силовыми показателями пиления, которая имеет место и при обычной конструкции зубчатого венца.

в) Зависимость силовых показателей пиления от степени затупления зубьев пилы

Затупление проводилось в естественных условиях в процессе распиловки сосновых образцов. Замеры силовых показателей пиления производились после каждых 100 резов, что составляло суммарную площадь пропила в 8 м² за час работы пилы.

Опыт проводился на пиле № 12 (табл. 1) со следующими геометрическими параметрами: $\delta = 90^\circ$, $\beta_1 = 55^\circ$, $\beta_2 = 90^\circ$, $\delta_{ск} = 70^\circ$, при скорости резания 50 м/сек и величине надвигания на скалывающий зуб — 0,3 мм.

Результаты экспериментов, определенные на рис. 7, показывают, что по мере увеличения степени затупления зубьев все силовые показатели пиления растут непропорционально времени работы. В течение первого часа работы усилие резания и удельная работа K возросли на 8,7%, а усилие надвигания на 15%; за четвертый час увеличение произошло, соответственно, на 30,7% и 93,9%. Опережающий рост усилия надвигания приводит к увеличению отношения $\frac{P_n}{P}$, достигающего к концу четвертого часа работы 0,805. Увеличение силовых показателей пиления по мере затупления зубьев пилы объясняется возрастающим давлением смя-

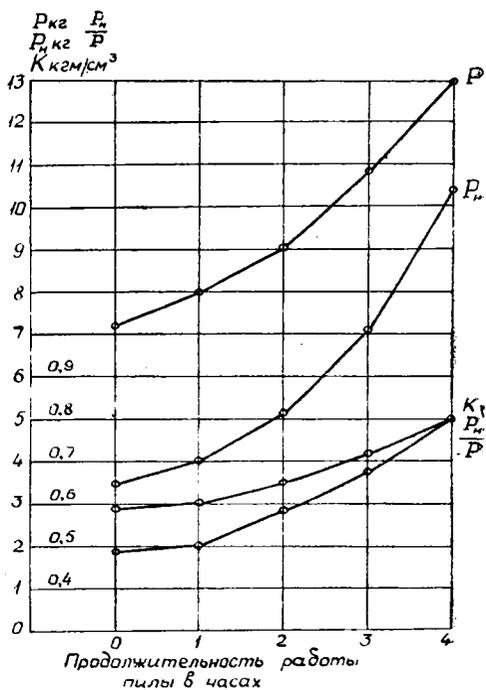


Рис. 7. Зависимость силовых показателей пиления от степени затупления пил.

тых волокон на заднюю и боковые грани зубьев, ростом коэффициента трения, вследствие получающихся неровностей на поверхности обработки, захватом скалывающимися зубьями части неподрезанных волокон из-за недостаточной глубины подрезания их закругленными боковыми режущими кромками и т. д.

Эксперименты этой группы опытов подтвердили целесообразность применения пил со скалывающимися зубьями в производственных условиях, так как они отвечают требованиям производительной работы в течение продолжительного времени без перезаточки зубьев.

Результаты исследования процесса поперечного пиления круглыми пилами большого диаметра дают возможность сделать рекомендацию по выбору геометрических параметров зубьев. Считая, что оптимальные геометрические параметры зубьев и режим пиления будут при наименьшем усилии надвигания, уменьшении мощности, затрачиваемой на пиление, наибольшей производительности пилы и стойкости зубьев против затупления, при малых затратах на подготовку пил к работе для поперечной распиловки хвойных пород, можно рекомендовать следующие параметры зубьев при скорости резания $V = 65-75$ м/сек и скорости надвигания $V_n = 0,1-0,15$ м/сек.

Таблица 7

Параметры зубьев	Тип пилы	
	без скалывающихся зубьев	со скалывающимися зубьями
Контурный угол резания:		
а) режущих зубьев δ	90°—85	95°—90°
б) скалывающихся зубьев $\delta_{ск}$	—	70°
Угол боковой заточки передней грани:		
а) режущих зубьев β_1	60°—50°	55°—45°
б) скалывающихся зубьев $\beta_{1ск}$	—	90°
Угол боковой заточки задней грани:		
а) режущих зубьев β_2	90°	90°
б) скалывающихся зубьев $\beta_{2ск}$	—	90°
Шаг зубьев в мм t	60—70	60—70
Отношение высоты зубьев к шагу их:		
а) режущих зубьев	0,7—0,75	0,55—0,6
б) скалывающихся зубьев	—	0,8

Поступила в редакцию
9 декабря 1957 г.