

## ВЛИЯНИЕ ПОДАЧИ НА РЕЗЕЦ И КИНЕМАТИЧЕСКОГО УГЛА ВХОДА НА КАЧЕСТВО И ПУТЬ РЕЗАНИЯ ПРИ ПИЛЕНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП

Sawing by circular saws concerns to one of the most wide-spread and highly productive processes of machining of the laminated chipboards. The relevant problem at a processing such materials is reaching of high quality receivable commodity. The main defect at sawing of the laminated chipboards is occurrence of chips on a laminate surface. A time before occurrence of chips and their frequency depend on many factors: a tooth profile of a saw, quality of resharpening, cutting speed, feed on a tooth etc.

In the article outcomes of investigate of technology factors influence on quality of machining and a cutting duration are set up at a cutting of the laminated chipboards. Graphics of influence of feed on a tooth and the kinematic angle on a duration of cutting and a of chips occurrence frequency are resulted.

**Введение.** Пиление является основным видом механической обработки ламинированных плит: плиты раскраивают на заготовки необходимого размера, а также обрезают по формату.

На сегодняшний день на рынке дереворежущего инструмента многие отечественные и зарубежные производители [1–7] предлагают твердосплавные дисковые пилы для раскроя ДСтП. Их рекомендации относительно угловых параметров инструмента при пилении ламинированных ДСтП во многом схожи (табл. 1).

Как показано в табл. 1, наиболее применяемые профили зубьев дисковых пил для раскроя ламинированных ДСтП – это попеременно-косой WZ (рис. 1, а) и плоско-трапецидальный FZ/TR (рис. 1, б). Однако такие авторитетные производители, как фирма «Leitz» [1], рекомендуют применять пилы с попеременно-косым профилем для обработки необлицованных или облицованных шпоном стружечных плит, плит из массива и слоистой

кленовой древесины, а пилы с плоско-трапецидальным профилем – для обработки ламинированных ДСтП при высоких требованиях к качеству раскроя.

Согласно исследованиям В. И. Кравчука и В. К. Дьяконова [8], наиболее рациональной геометрией зубьев пил для раскроя плит следует считать: передний угол  $\gamma = 10^\circ$ , задний угол  $\alpha = 15^\circ$ , угол косой заточки по передней грани  $\varphi_1 = 70^\circ$ , угол косой заточки по задней грани  $\varphi_2 = 90^\circ$ . Рекомендации Ю. А. Цуканова [9]:  $\gamma = 15^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\varphi_1 = 75^\circ$ ,  $\varphi_2 = 75-90^\circ$  и В. А. Зашмарина [10]:  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\varphi_2 = 75^\circ$  также схожи. Как видим, значения угловых параметров инструмента отечественного и зарубежного производства и рекомендации исследователей по геометрии зуба в целом совпадают. Однако если в отношении величины заднего угла существует единое мнение, то о переднем угле этого сказать нельзя: расхождение в некоторых случаях составляет от  $5^\circ$  до  $10^\circ$ .

Таблица 1

Угловые параметры и профиль зубьев дисковых пил для раскроя ламинированных ДСтП

Производители	Контурные углы, град				Профиль зубьев
	$\gamma$	$\alpha$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	
Faba (Польша)	$10^\circ$	$15^\circ$	–	–	плоско-трапецидальный и попеременно косой
Pilana (Чехия)	$5^\circ$	$18^\circ$	–	–	плоско-трапецидальный попеременно косой
	$5^\circ$	$15^\circ$	–	$10^\circ$	
Freud (Италия)	$5-10^\circ$	$15-18^\circ$	–	–	плоско-трапецидальный (без подрезной пилы)
	$(-6^\circ)$	$(15^\circ)$	–	–	
Leuco (Германия)	$5-10^\circ$	$15-18^\circ$	–	$15^\circ$	попеременно косой (без подрезной пилы)
	$(-5^\circ)$	$(25^\circ)$	–	$(38^\circ)$	
Leuco (Германия)	$10^\circ$	$15^\circ$	–	$15^\circ$	плоско-трапецидальный и попеременно косой
Leitz (Германия)	–	–	–	–	плоско-трапецидальный и попеременно косой
Patriot (Россия)	$10^\circ$	$15^\circ$	–	$10^\circ$	плоско-трапецидальный и попеременно косой
Механик (Украина)	$5-15^\circ$	$15-18^\circ$	–	–	плоско-трапецидальный (без подрезной пилы)
	$(-5^\circ)$	$(25^\circ)$	–	$(38^\circ)$	
ГМЗ-Гедумекс (Россия)	–	$15^\circ$	–	$10-15^\circ$	попеременно косой

Примечание.  $\varphi_1$  – угол скоса передней грани резца;  $\varphi_2$  – угол скоса задней грани резца (для WZ зуба).

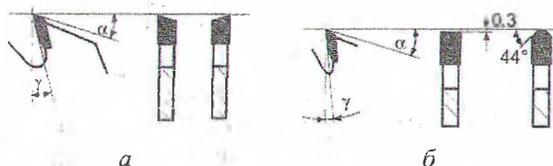


Рис. 1. Рекомендуемые профили зубьев твердосплавных дисковых пил для распиловки ламинированных ДСтП: а – попеременно косой; б – плоско-трапецидальный

Поскольку ламинированные ДСтП используются в основном в мебельной промышленности, то к качеству их распиловки предъявляются высокие требования: не допускаются сколы, риски и т. д. На вид и частоту появления дефекта влияют не только профиль зуба и его затупление, но и технологические режимы процесса пиления. Из технологических параметров производители, как правило, рекомендуют скорости резания и подачи на резец.

Так, большинство фирм рекомендуют принимать скорости резания при пилении древесностружечных плит в пределах от 50 до 80 м/с (табл. 2).

Таблица 2  
Рекомендуемые скорости резания

Производители	Скорости резания, м/с	
	Необлицованные ДСтП	Ламинированные ДСтП
Faba (Польша)	60–80	
Freud (Италия)	60–80	
Leuco (Германия)	50–80	60–80
Leitz (Германия)	60–80	
Patriot (Россия)	60–80	

Рекомендуемые значения скоростей резания при раскрое облицованных и необлицованных плит (табл. 2) достаточно близки, однако, по исследованиям [11], с увеличением скорости резания может быть обеспечено более высокое качество обработки.

В работе [12] скорость резания твердосплавными пилами необлицованных древесностружечных плит рекомендуют принимать 50–80 м/с, облицованных пленкой ПВХ – 60–90 м/с. Согласно [9] и [13], рекомендуемые скорости резания лежат в пределах 50–70 и 60–90 м/с соответственно.

Подача на резец – основной параметр при пилении ДСтП. По рекомендациям отечественных и зарубежных фирм-производителей (табл. 3), подачи на зуб лежат в диапазоне 0,02–

0,06 мм, в то время как для необлицованных плит подача на зуб может быть увеличена до 0,05–25 мм.

Таблица 3  
Поддачи на зуб согласно рекомендациям производителей пил

Производители	Рекомендуемые подачи на зуб $U_z$ , мм	
	Необлицованные ДСтП	Ламинированные ДСтП
Faba (Польша)	–	–
Freud (Италия)	0,10–0,25	0,02–0,05
Leuco (Германия)	0,05–0,25	0,03–0,06
Leitz (Германия)	0,03–0,06	
Patriot (Россия)	0,10–0,25	0,02–0,05

Согласно исследованиям [8], подача на зуб не должна превышать 0,05 мм, если обе пласти щита облицованы. Если облицована одна пласти, она должна находиться со стороны входа зуба в пропила, при этом подача на зуб может достигать 0,15 мм. По данным Ю. А. Цуканова и В. В. Амалицкого [9], величины  $U_z$  при пилении ДСтП образуют диапазон от 0,03 до 0,25 мм: 0,03–0,05 – для ламинированных и 0,03–0,25 – для необлицованных. В. А. Зашмарин в работе [13] рекомендует при чистовых операциях раскроя облицованных и отделанных щитов (когда к качеству пропила предъявляются высокие требования) использовать подачи на зуб  $U_z = 0,05–0,1$  мм. Н. К. Якунин приводит следующие цифры: обработка необлицованных плит – подача на зуб 0,03–0,25 мм, облицованных – 0,03–0,07 мм [14].

Представленной выше информации в ряде случаев недостаточно. Так, например, нельзя рассчитать время работы пил и их количество для выполнения заданного объема работ. Это приводит к тому, что большинство предприятий-потребителей планируют объемы закупок круглых пил и работу заточных участков исходя только из накопленного производственного опыта, в то время как интересной теоретической задачей и актуальной в производственном плане является исследование технологической стойкости режущего инструмента при пилении ламинированных ДСтП в зависимости от режима обработки. Под технологической стойкостью понимается способность режущего инструмента обрабатывать материал с заданным уровнем качества. Величина технологической стойкости, как правило, выражается в часах работы инструмента либо метрах пути резания.

**Основная часть.** Для проведения исследований влияния подачи на зуб, как основного режимного фактора при пилении ламинированной ДСтП, и кинематического угла входа на технологическую стойкость дисковой пилы была использована экспериментальная установка на базе промышленного фрезерного станка с нижним расположением шпинделя ФСА (рис. 2).

Экспериментальная установка оснащена частотными преобразователями для плавного регулирования скорости резания и скорости подачи.

Техническая характеристика установки приведена в табл. 4.

Таблица 4

Техническая характеристика установки

Наименование параметра	Значение
Мощность на резание, кВт	3,0
Мощность на подачу, кВт	0,55
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	0÷6000
Скорость подачи, м/мин	0÷25
Максимальный диаметр режущего инструмента, мм	350
Максимальный выход пилы из пропила, мм	70

В качестве обрабатываемого материала использованы ламинированные трехслойные ДСтП по ГОСТ 10632-89 и ТУ 13-0260215-02-87,

а в качестве режущего инструмента – дисковая твердосплавная пила производства Горьковского металлургического завода (ГОСТ 9769–79). Согласно проведенному анализу, принят плоско-трапецидальный профиль зубьев пилы со следующими угловыми параметрами: передний угол  $\gamma = 10^\circ$ , задний угол  $\alpha = 15^\circ$ .

Условия проведения опытов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Условия проведения опытов

Наименование параметра	Значение
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	3820
Скорость резания, м/с	60
Подача на зуб, мм	0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06
Выход пилы из пропила, мм	15
Режущий инструмент:	дисковая твердосплавная пила
производитель	ГМЗ
диаметр, мм	300
толщина полотна, мм	2,4
ширина пропила, мм.	3,4
число зубьев	36
профиль зубьев	FZ/TR
Обрабатываемый материал:	лам. ДСтП
толщина заготовки, мм	25
плотность, кг/м <sup>3</sup>	760
длина заготовки, мм	1700



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

Полученные в результате проведенных опытов данные представлены в виде графика на рис. 3.

По оси абсцисс на графике отложен путь резания одного зуба пилы, а по оси ординат – количество сколов на одной заготовке.

На графике показано, что с уменьшением подачи на резец от 0,04 до 0,02 мм путь резания уменьшается. Наиболее вероятно, это связано с ухудшением условий работы зуба пилы. Так, при подаче на резец  $U_z = 0,02$  мм средняя толщина стружки  $a$  составит

$$a = U_z \cdot \sin \Theta = 0,02 \cdot \sin 35 = 0,011 \text{ мм}, \quad (1)$$

или 11 мкм, что сопоставимо с величиной радиуса округления режущей кромки зуба пилы. По мере затупления инструмента и роста радиуса округления режущих кромок не все зубья будут участвовать в резании. Так, согласно [15], если величина радиуса округления вершины большая, то обработанная поверхность может не восстанавливаться до уровня границы раздела режущей кромки – вследствие образования остаточных деформаций. В результате часть зубьев подминает под себя материал, что, с одной стороны, приводит к повышенному износу зубьев по задней поверхности, а с другой стороны – к уплотнению смятого слоя, который будет срезан последующими зубьями. Срезаемый слой будет обладать более высокими физико-механическими характеристиками, чем исходный материал заготовки, что также способствует повышенному износу зубьев пилы.

С ростом подачи на резец от 0,04 до 0,06 мм путь резания, соответствующий одному уровню качества, уменьшается. Это связано с ростом сил резания при увеличении толщины стружки. По мере затупления инструмента зуб пилы не дорезает материал, а скалывает его из-за больших усилий резания.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что при принятых условиях постановки опытов в рассматриваемом диапазоне подач на резец от 0,02 до 0,06 мм оптимальной следует считать подачу на резец 0,04 мм.

Кроме подачи на резец, на качество обработки оказывает существенное влияние угол входа. Однако влияние этого параметра на пройденный путь резания до появления сколов изучено недостаточно. Так, в работе [8] приводятся результаты исследования влияния кинематического угла входа на величину сколов. Авторы отмечают, что с увеличением кинематического угла встречи от  $15^\circ$  до  $35^\circ$  сколы со стороны входа уменьшаются (в 15 раз), а со стороны выхода пилы из пропила увеличиваются (в 7 раз). Рекомендуют принимать кинематический угол входа в пределах  $35-45^\circ$ .

Угол входа зуба пилы определяет величину и направление сил резания и отжима, действующих в процессе пиления. С его увеличением растет вертикальная составляющая сил резания, которая поджимает ламинат к основе, а при малых углах встречи возникает большая сила отжима, которая направлена вверх и способствует возникновению сколов на входе пилы в пропил.

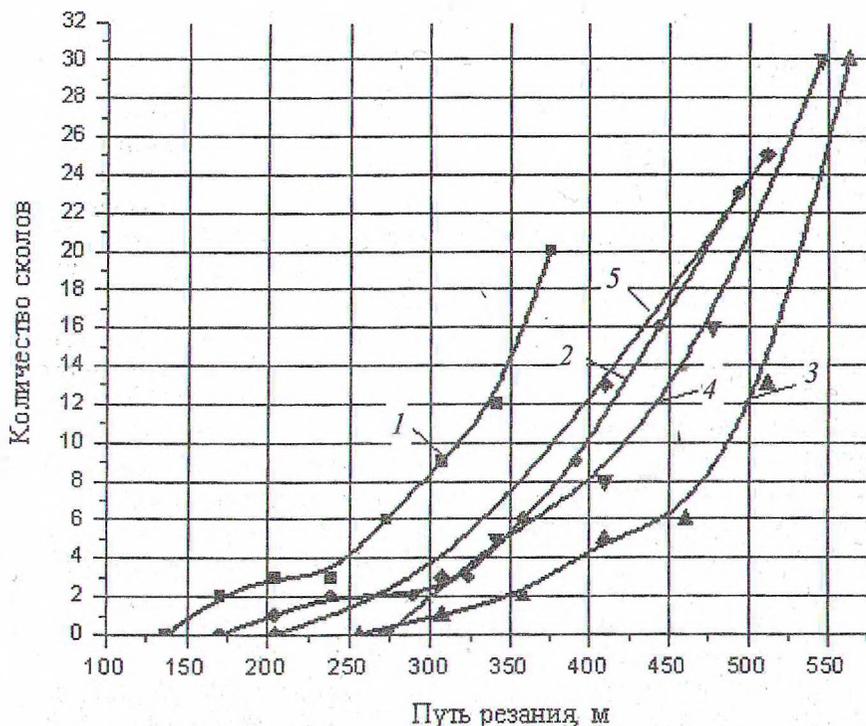


Рис. 3. Зависимости количества сколов ламината на поверхности плиты от пути резания: 1 –  $U_z = 0,06$  мм; 2 –  $U_z = 0,05$  мм; 3 –  $U_z = 0,04$  мм; 4 –  $U_z = 0,03$  мм; 5 –  $U_z = 0,02$  мм

Согласно рекомендациям Н. К. Якунина [16], угол входа, при котором сколы на входе пилы в пропила будут исключены, может быть определен по формуле

$$\theta_{\text{вх}} \geq (90 - \gamma) / 2.$$

Для выпускаемых пил (табл. 1) это значение составляет около 37,5–42,5° (что для пилы  $D = 300$  мм соответствует выходу пилы из пропила  $a = 30$ –40 мм). В то же время производители пил рекомендуют выход пилы из пропила 10–20 мм [1].



Рис. 4. Зависимость пути резания от выхода пилы из пропила при  $U_z = 0,04$  мм

Проведенные исследования показали, что с увеличением выхода пилы из пропила и, соответственно, угла входа путь резания до появления сколов на поверхности ламинированной плиты увеличивается (рис. 4). Эксперимент проводился при следующих условиях: скорость резания – 60 м/с; подача на зуб – 0,04 мм; выход пилы из пропила – 15, 25, 35 мм. Остальные параметры идентичны приведенным в табл. 5.

При этом путь резания до появления сколов на поверхности плиты увеличился с 307 м при величине выхода пилы из пропила 15 мм до 688 м при 35 мм, т. е. в 2,25 раза. Полученные результаты позволяют рекомендовать для повышения пути резания при раскрое ламинированных ДСтП с получением высокого качества на лицевой поверхности заготовки, по возможности, увеличивать выход пилы из пропила.

**Заключение.** 1. Согласно анализу литературных источников и рекомендаций зарубежных фирм, для обработки ламинированных древесностружечных плит рекомендуется применять скорости резания 60–80 м/с, подачу на резец 0,02–0,06 мм, профиль зубьев – плоско-трапецеидальный с передним углом 10° и задним углом 15°.

2. Проведенные исследования показали, что при скорости резания 60 м/с оптимальная подача на резец составляет 0,04 мм.

3. С увеличением выхода пилы из пропила и, соответственно, угла входа путь резания до появления сколов на поверхности ламинированной плиты увеличивается в 2,25 раза – для принятых условий проведения исследований.

## Литература

1. The Leitz Lexicon / Handbook for Woodworking machine tools. Edition 4. Leitz GmbH & Co/ KG, Bundesrepublik Deutschland. – 2007.
2. Leuco-Handbuch: каталог инструмента для обработки древесины и пластмасс. – 2007.
3. Faba: каталог инструмента для обработки древесины. – 2007.
4. Freud: каталог инструмента для обработки древесины. – 2007.
5. Механик: каталог инструмента для обработки древесины. – 2006.
6. Patriot: каталог дисковых пил. – 2005.
7. Kami-станкоагрегат. Дереворежущий инструмент отечественного и импортного производства. – 2007.
8. Кравчук, В. И. Пиление ламинированных древесностружечных плит / В. И. Кравчук, В. К. Дьяконов // Деревообработ. пром-сть. – 1976. – № 12. – С. 4–5.
9. Цуканов, Ю. А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю. А. Цуканов, В. В. Амалицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 94 с.
10. Зашмарин, В. А. Повышение работоспособности дисковых пил с пластинами твердого сплава при раскрое плитных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Зашмарин; Моск. лесотехн. ин-т. – 1990. – 21 с.
11. Ивановский, Е. Г. Фрезерование и пиление древесины и древесных материалов / Е. Г. Ивановский, П. В. Васильевская, Э. М. Лаутнер. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 96 с.
12. Агапов, А. И. Дереворежущий инструмент иностранных фирм / А. И. Агапов // Деревообработ. пром-сть. – 1975. – № 8. – С. 26–28.
13. Рыбалко, В. С. Высокопроизводительный дереворежущий инструмент с пластинками твердого сплава / В. С. Рыбалко // Деревообработ. пром-сть. – 1965. – № 7. – С. 4–8.
14. Якунин, Н. К. Подготовка к работе и эксплуатация круглых пил / Н. К. Якунин. – М.: МГУЛ, 2000. – 496 с.
15. Амалицкий, Вит. В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка / Вит. В. Амалицкий // Деревообработ. пром-сть. – 2005. – № 5. – С. 6–10.
16. Якунин, Н. К. Устранение сколов при входе пилы в пропила и выходе из него / Н. К. Якунин // Деревообработ. пром-сть. – 1987. – № 12. – С. 8–12.