

применение гидрофобных антисептиков ослабляет клеевое соединение на 4–6%, применение гидрофильных антисептиков – на 10–12%. Значительное повышение прочности может быть достигнуто термомодификацией конструкций деревянных клееных. Установлено, что средства, содержащие медь, в контакте с фенолами вызывают коррозию и снижение прочности клеевого шва и не могут быть использованы для защиты КДК. Допустимо применение водорастворимых антисептиков, не содержащих медь. Гидрофобные антисептики практически не влияют на прочность клеевого шва и значительно снижают водопоглощение. При применении термомодифици-

рования конструкция упрочняется и клеевой шов сохраняет прочность.

Для применения деревянных строительных конструкций необходимо соблюдать требования ТКП 45-2.02-142-2011, в котором в зависимости от класса пожарной опасности строительные конструкции должны быть испытаны на горючесть (ГОСТ 30244), воспламеняемость (ГОСТ 30402), токсичность продуктов горения (ГОСТ 12.1.044), дымообразующую способность (ГОСТ 12.1.044). Горючие строительные материалы подразделяются в зависимости от значений параметров горючести, определяемых по ГОСТ 30244, на 4 группы.

### Выводы

1. При проектировании деревянного домостроения предусматривать применение сборных стеновых панелей для домов каркасного типа, позволяющих повысить теплоизоляционные свойства ограждающей конструкции при минимальном использовании древесины.
2. Конструкторская документация при проектировании домов каркасного типа должна предусматривать вентиляционные проемы ограждающих конструкций и обеспечивать надежную изоляцию между конструктивными узлами с различным термическим сопротивлением.
3. Деревянный каркас стеновых ограждающих конструкций должен быть подвергнут биоогнезащитной обработке и гидрофобизации, которые значительно повышают срок эксплуатации конструкции.

УДК 674. 914:674. 338

*В.Т. Лукаш, С.А. Гриневич, А.А. Гришкевич*  
(V.T. Lukash, S.A. Grinevitch, A.A. Grishkevitch)  
БГТУ, Минск

## УДЕЛЬНАЯ РАБОТА РЕЗАНИЯ ПРИ РАСКРОЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ (ЛДС-П) ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ (SPECIFIC WORK OF CUTTING THE LAMINATED WOOD PLATES BY DISK SAWS)

*Приведены результаты расчета по экспериментальным данным удельной работы резания при пилении ламинированных древесностружечных плит твердосплавными дисковыми пилами с плоскотрапецевидным профилем зуба. Удельная работа резания для принятых режимов резания также была рассчитана по устойчивейшей в деревообработке методике. Сравнительный анализ показал, что зависимости имеют идентичный характер, но отличаются в численных значениях.*

*Results of calculation on experimental data of specific work of cutting are given in article at cutting the laminated chipboard plates by hard-alloy saws with a plainly-trapezoid profile of tooth. Specific work of cutting for the same conditions also was calculated by the technique which has settled in a woodworking. The comparative analysis showed that dependences have identical character, but differ in numerical values.*

**Введение.** Деревообрабатывающая промышленность относится к числу непрерывно совершенствующихся отраслей: меняются технологические процессы, модернизируется старое и внедряется новое оборудование, применяется более производительный инструмент. Современный рынок дереворежущего инструмента достаточно насыщен, и зачастую производителю трудно сориентиро-

ваться при его выборе, не имея достаточных аргументированных рекомендаций производителя. Как правило, он руководствуется только своими знаниями и полученным производственным опытом. Старая методическая и нормативная база, к сожалению, сегодня не всегда применима, а новой обучающей литературы и публикаций исследователей недостаточно.

Авторами было принято решение более глубоко изучить процесс обработки ЛДСтП дисковыми пилами с пластинами твердого сплава с целью определения рациональных режимов их обработки и предложить необходимые рекомендации.

Область исследований была выбрана не случайно. В мебельной промышленности сегодня широко используются различные древесные композиционные материалы, такие как ЛДСтП, облицованные пленками на основе термореактивных полимеров.

Некоторые аспекты процесса пиления ЛДСтП поднимались учеными и ранее, но они касались в основном обработки необлицованных плит (Цуканов, Амалицкий, 1966; Ивановский и др., 1971), и, как правило, результаты были получены для пил из инструментальных сталей либо пил с пластинками твердого сплава, изготовленных согласно ГОСТ 9769–79 (Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия, 1979). Полученные данные не в полной мере отражают процесс обработки ЛДСтП, так как последние, кроме повышенной абразивной способности, свойственной всем композиционным материалам, обладают и хрупким облицовочным покрытием, от качества обработки которого в основном и зависит качество выполнения операции пиления.

Кроме того, рекомендуемые ГОСТ 9769–79 пилы для распиловки плитных материалов сегодня используются гораздо меньше да и сам нормативный документ требует доработки в связи с тем, что появились новые конструкции пил, профили зубьев и их комбинации, применяются другие инструментальные материалы и марки твердого сплава.

Авторами ранее поднимался также вопрос о том, что рекомендации производителей и результаты исследований зачастую не совпадают (Лукаш, Гриневич, 2008).

Среди вопросов, требующих детального изучения, главными, на наш взгляд, являются период стойкости инструмента по критерию качества обработки, энергопотребление и режимы пиления, так как эти проблемы до сих пор остаются недостаточно изученными. Их решение может быть получено путем проведения соответствующих экспериментальных исследований.

**Основная часть.** В исследованиях были приняты рекомендуемые производителями профили: попеременно-косой (рис. 1, а), плоско-трапецевидный (рис. 1, б) и «елочно»-плоский с вогнутой передней гранью (рис. 1, в). Каждый профиль имеет свои конструктивные особенности и геометрические характеристики, что, безусловно, будет отражаться на условиях работы зубьев.

При пилении ЛДСтП пилами с попеременно-косым профилем зубьев (см. рис. 1, а) обеспечивается эффект подрезки формируемых поверхностей обрабатываемого материала. В то же время для этой формы зубьев характерен большой линейный износ вершин трехгранного угла зуба, что приводит к достаточно быстрому его округлению и появлению сколов на поверхности резания.

Период стойкости пил с плоско-трапецевидным профилем зубьев (см. рис. 1, б) значительно выше, чем предыдущего, поскольку на зубьях с формой трапеции присутствуют менее острые углы. В данном случае основную нагрузку несет трапецевидный зуб – он формирует поверхность резания, а прямой выравнивает его, выполняя финишную обработку обработанных поверхностей пропила (Мелони, 1982).

Комбинация зубьев, представленная на рис. 1, в, также позволяет последовательно обрабатывать материал. Зуб треугольной формы осуществляет деление поверхностного слоя. Его форма с малым углом заточки способствует удалению материала, позволяет уменьшить деформирование материала и образование сколов. Вогнутая поверхность передней поверхности зуба обеспечивает плавную обработку материала, начиная с боковых поверхностей зуба и продолжая к его центру. При такой форме зуба, по словам производителей инструмента, пропил получается ровным и без сколов, что позволяет обходиться без подрезающей пилы. Однако практика использования на производстве пил с «елочно»-плоским профилем и вогнутой передней поверхностью зуба показала, что полностью исключить сколы при обработке ЛДСтП с двух сторон при пилении такими пилами невозможно, но их размеры и количество можно уменьшить.

Широкое использование последнего профиля, а также ряда других, появившихся относительно

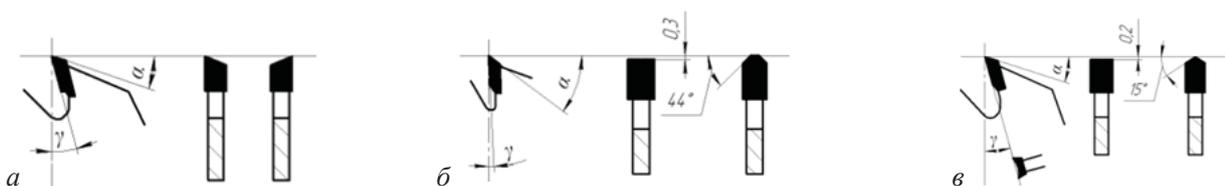


Рис. 1. Профили зубьев дисковых пил с пластинами твердого сплава для распиловки ЛДСтП:  
 а – попеременно-косой, б – плоско-трапецевидный, в – «елочно»-плоский с вогнутой передней гранью

недавно (G5 «Leuco»), ограничено трудностями, связанными с их подготовкой. В связи с этим последние не получили такого распространения, как первые два.

Представленные особенности работы разных профилей зубьев отражаются и на силовых показателях процесса резания ЛДСТП.

В работах (Лукаш, Гриневич, 2009; Лукаш, Гриневич, 2010; Лукаш, Гриневич, 2011) приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных авторами на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов Белорусского государственного технологического университета. В частности, получены уравнения регрессии, отражающие влияние подачи на зуб  $S_z$  (мм), скорости резания  $V$  (м/с), величины выхода пилы из пропила  $a$  (мм) на выходные показатели:

- начальная мощность резания (мощность при остром зубе)  $Y_1$  (Вт):

- попеременно-косой профиль зубьев
$$Y_1(P_0) = -1141,46 + 2491,25S_z + 35,70V - 9,14a - 114218,323S_z^2 - 0,27V^2 + 0,15a^2 + 216,88S_zV; \quad (1)$$

- плоскотрапециевидный профиль зубьев
$$Y_1(P_0) = -1479,211 - 2015,833S_z + 46,205V - 4,994a - 0,323V^2 + 0,081a^2 + 181,25S_zV - 31,667S_z a; \quad (2)$$

- конечная мощность резания (мощность при появлении сколов)  $Y_2$  (Вт):

- попеременно-косой профиль зубьев
$$Y_2(P_{\text{кон}}) = 36,6 + 4228,75S_z - 1,315V - 1,38a - 147625S_z^2 + 246,875S_zV; \quad (3)$$

- плоскотрапециевидный профиль зубьев
$$Y_2(P_{\text{кон}}) = 296,969 + 1688,974S_z - 1,837V - 14,884a - 62403,846S_z^2 + 0,178a^2 + 233,75S_zV - 69,167S_z a + 0,077Va; \quad (4)$$

- период стойкости (путь резания до появления сколов на поверхности облицовочного материала)  $Y_3$  (м):

- попеременно-косой профиль зубьев
$$Y_3(L) = 3945,1 + 56680S_z - 136,24V + 53,59a - 686875S_z^2 + 0,86V^2 - 1,63a^2 + 0,85Va; \quad (5)$$

- плоскотрапециевидный профиль зубьев
$$Y_3(L) = 1854,553 + 725818,333S_z - 598,465V + 1322,588a - 8060312,5S_z^2 + 4,579V^2 - 18,041a^2 - 5133,333S_z a. \quad (6)$$

Исследования проводились на экспериментальной установке, созданной на базе промышленного станка ФСА, позволяющей регистрировать силовые показатели процесса пиления (Кравченко, Лукаш, 2006). Полезная мощность на резание рассчитывалась через крутящий момент на шпинделе станка, который определялся по величине разбалансатензомоста.

Для получения уравнений регрессии, описывающих выходные характеристики процесса пиления, использован В-план второго порядка. Адекватность полученных математических моделей подтверждена проверкой по F-критерию Фишера.

Сравнение периода стойкости дисковых твердосплавных пил убедительно доказывает целесообразность применения плоскотрапециевидного профиля, показатель которого существенно больше, чем показатели других исследуемых профилей (Лукаш, Гриневич, 2011).

Существующие методы расчета мощности процесса пиления древесностружечных плит основаны на определении удельной работы резания (Цуканов, Амалицкий, 1966; Бершадский, Цветкова, 1975; Любченко, 1986):

$$P = \frac{KbhV_S}{60 \cdot 1000}, \quad (7)$$

где  $K$  – удельная работа резания, Дж/см<sup>3</sup>;  $b$  – ширина пропила, мм;  $h$  – высота пропила, мм;  $V_S$  – скорость подачи, м/мин.

В свою очередь, удельная работа резания определяется через табличное значение  $K_T$  с учетом поправочных коэффициентов:

$$K = K_T a_\gamma a_{\text{св}} a_\nu a_\rho, \quad (8)$$

где  $K_T$  – табличное значение удельной работы резания при заданной толщине стружки, Дж/см<sup>3</sup> (Любченко, 1986);  $a_\gamma$  – коэффициент, учитывающий влияние объемного веса плиты;  $a_{\text{св}}$  – коэффициент, учитывающий содержание связующего;  $a_\nu$  – коэффициент, учитывающий влияние скорости резания;  $a_\rho$  – коэффициент, учитывающий износ зуба.

Значение  $K_T$  можно определить также по формуле, полученной на основе обработки экспериментальных данных проф. А.Л. Бершадским (Бершадский, Цветкова, 1975):

$$K_T = \frac{0,85A}{e} + 41, \quad (9)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от группы плит: при распиловке плит I группы (изготовленных из резаной стружки)  $A = 1$ ; II группы (изготовленных из стружки-дробленки) –  $A = 0, 833$ ; III группы (изготовленных из стружки-отходов деревообрабатывающих станков) –  $A = 0, 825$ ;  $e$  – средняя толщина стружки, мм.

Поэтому теоретически важным аспектом являются определение удельной работы резания  $K$  (Дж/см<sup>3</sup>) при обработке ламинированных древесностружечных плит инструментом, оснащенным твердосплавными зубьями именно плоскотрапециевидного профиля, а также сравнение полученных результатов с данными общепринятой методики расчета.

Удельную работу резания при пилении ЛДСтП находили через начальную мощность резания  $P_0$ , определенную с помощью полученной математической модели (формула (2)).

$$K = \frac{P_0 \cdot 60}{bhV_S} \quad (10)$$

Для расчета удельной работы резания приняли начальную мощность процесса, чтобы исключить влияние округления режущей кромки зубьев  $a_p$  ( $a_p = 1$ ).

Графики, построенные по результатам расчетов, представлены на рис. 2.

Для нахождения удельной работы резания  $K$  по методике (Бершадский, Цветкова, 1975) определили значения поправочных коэффициентов для плиты, использованной в эксперименте ( $a_v = 0,89$ ;  $a_{св} = 1$ ;  $a_{v=60} = 1,17$ ;  $a_{v=70} = 1,3$ ;  $a_{v=80} = 1,44$ ).

По формуле (8) с учетом найденных значений поправочных коэффициентов была рассчитана удельная работа резания. Результаты расчетов, проведенных для нижнего, нулевого и верхнего уровней варьирования переменных факторов, представлены в виде графиков (рис. 3).

Очевидно, характер зависимостей удельной работы резания на рис. 2 и 3 одинаков, однако значения различаются. Таким образом, можно утверждать, что методика расчета сил и мощности резания при пилении древесностружечных плит, представленная в литературе (Цуканов, Амалицкий, 1966; Бершадский, Цветкова, 1975; Любченко, 1986), может быть использована при условии доработки с учетом внедрения в производство новых профилей зубьев твердосплавных дисковых пил.

### Заключение

Удельная работа резания при пилении ЛДСтП с плоско-трапециевидным профилем зуба по приведенным данным экспериментальных исследований уменьшается по гиперболической зависимости при увеличении подачи на зуб. Сопоставление полученной авторами зависимости с результатами исследований Ю.А. Цуканова и В.В. Амалицкого подтвердило идентичность характера их изменения. Однако экспериментальные значения удельной работы резания плоско-трапециевидным профилем оказались меньше в 1,2–1,9 раза, что позволяет рекомендовать его использование как менее энергоемкого.

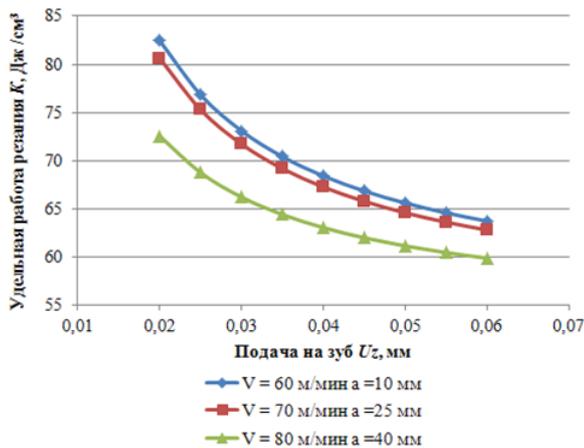


Рис. 2. Зависимость удельной работы резания от подачи на зуб по результатам эксперимента

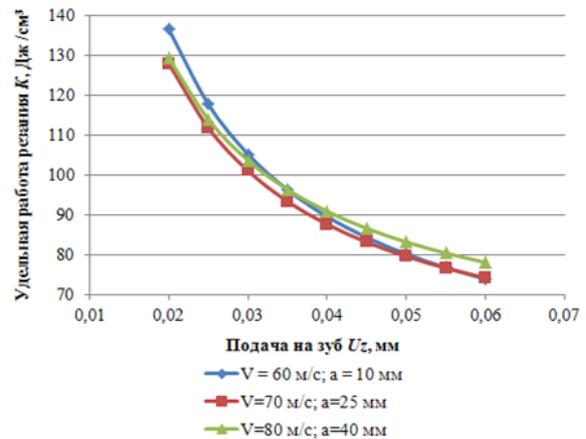


Рис. 3. Зависимость удельной работы резания от подачи на зуб по результатам расчета

### Библиографический список

1. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышэйш. шк., 1975. 303 с.
2. Ивановский Е.Г., Василевская П.В., Лаутнер Э.М. Фрезерование и пиление древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 96 с.
3. Кравченко А.С., Лукаш В.Т. Применение силоизмерительного телеметрического устройства для исследования процессов пиления древесных материалов // Тр. БГТУ. Сер. II.: Лесн. и деревообаб. пром-сть. Минск, 2006. Вып. XIV. С. 172–174.
4. Лукаш В.Т., Гриневиц С.А. Влияние подачи на резец на технологическую стойкость режущего инструмента при пилении ламинированных ДСтП // Тр. БГТУ. Сер. II.: Лесн. и деревообаб. пром-сть. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 230–234.

5. Лукаш В.Т., Гриневич С.А. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с попеременно-косым профилем зубьев // Тр. БГТУ. Сер. II: Лесн. и деревообработ. пром-сть. Минск, 2009. Вып. XVII. С. 317–321.
6. Лукаш В.Т., Гриневич С.А. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с плоскотрапециевидным профилем зубьев // Тр. БГТУ. Сер. II: Лесн. и деревообработ. пром-сть. Минск, 2010. Вып. XVIII. С. 234–239.
7. Лукаш В.Т., Гриневич С.А. Влияние профиля зубьев дисковых пил с пластинами твердого сплава на технологическую стойкость и потребляемую мощность при обработке ламинированных древесностружечных плит (ЛДСтП) // Тр. БГТУ. № 2: Лесн. и деревообработ. пром-сть. Минск, 2011. С. 256–262.
8. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 296 с.
9. Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит: пер. с англ. В.В. Амалицкого и Е.И. Карасева. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 416 с.
10. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия: ГОСТ 9769–79 / Мин-во станкостроит. и инструмент. пром-сти. – Взамен ГОСТ 9769–69; введ. с 01. 01. 1981 г. до 01. 01. 1986 г. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1979. 15 с.
11. Цуканов Ю.А., Амалицкий В.В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 94 с.

---

УДК 674.047.3

*Е.А. Пухтовникова, Е.Е. Шишкина*  
(*E.A. Pikhovnikova, E.E. Shishkina*)  
УГЛТУ, Екатеринбург

## ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ТВЕРДОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД (FEATURES HARDWOOD LUMBER DRYING)

*Обязательное соблюдение технологических требований к процессу сушки пиломатериалов, правильно подобранный режим сушки и его грамотная реализация являются залогом качества и долговечности высушенной древесины.*

*Obligatory observance of production requirements to process of drying of the timber, correctly picked up mode of drying and its competent realization are guarantee of quality and durability of the dried-up wood.*

Древесина твердолиственных пород завоевывает сегодня всё большую популярность среди производителей изделий из массивной древесины. Причина тому – твердая, плотная и прочная древесина хорошо поддаётся механической обработке, как правило, имеет красивую текстуру и различается разнообразием цветовых оттенков. Практически все твердолиственные породы используются в изготовлении ценной мебели, шпона, лестниц и паркетной доски.

В настоящее время модным направлением стало изготовление мебели и других изделий из массивной древесины из экзотических пород, таких как венге, мербау, бамбук и т.п., но в связи с их дороговизной и малодоступностью всё-таки самыми распространёнными остаются такие породы, как дуб, бук и ясень.

Дуб – твёрдая, прочная древесина светло-желтого оттенка с резко выраженной крупной текстурой.

Бук – твёрдая и прочная древесина, хорошо обрабатывается и шлифуется, в свежесрубленном состоянии имеет темно-желтый оттенок, после сушки приобретает розоватый оттенок.

Ясень – твёрдая, эластичная древесина, хорошо поддается гнутью, желто-серого оттенка с матовой поверхностью.

Все эти, на первый взгляд совершенно разные породы древесины, кроме твердости, объединяет ещё и очень непростой характер поведения в процессе сушки. Древесина этих пород обладает высокой плотностью и низкой тепло- и влажностью, поэтому в большей степени подвержена различным дефектам при высушивании.

Дубовые пиломатериалы трудно поддаются процессу сушки: дуб подвержен «засушке» и образованию наружных и внутренних трещин. Особенно