

В. В. Раповец, инженер

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДВУХЛЕЗВИЙНЫМИ РЕЗЦАМИ НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ

In this article practical results of experimental researches of process of cutting of wood double-blade cutters on chipper canter machine tools are submitted. The description of experimental installation, a principle and the circuit of connections modern force measuring tenzometric systems, its characteristics is resulted. The technique of carrying out of experiments is submitted, constants and the variable factors influencing process of cutting are determined. For the first time the settlement circuit of distribution of forces of cutting on compound double-blade a cutter is submitted at formation technological chips. It allows to calculate components of forces of cutting both on lobbies, and on back sides double-blade a cutter, influencing on power and quality indicators of process of cutting of wood. New designs of cutters which enable to change independently conditions of cutting short and long cutters are submitted, to carry out linear displacement of a short cutting edge concerning long on size of an allowance sharp, and also to apply various strengthening technologies separately to each of cutting edges. Results of researches allow to develop recommendations for milling woodworking enterprises.

**Введение.** В деревообрабатывающей промышленности переработка тонкомерных бревен на пилопродукцию и технологическую щепу на фрезерно-брусующих станках получила в последние годы значительное распространение. Это расширяет сырьевую базу деревообработки и повышает экономическую эффективность производства. Режущий инструмент, применяемый на таких станках, весьма разнообразен и требует технического совершенствования.

Для улучшения качества пилопродукции, вырабатываемой на существующем фрезерно-пильном и фрезерно-брусующем оборудовании, необходимо дальнейшее его совершенствование. Процесс обработки бревен сложный и требует исследований по установлению рациональных параметров фрез, резцов, режимов обработки, энергозатрат.

Кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) Белорусского государственного технологического университета разработано несколько вариантов фрезерно-брусующих станков (ФБС) типа БРМ для переработки тонкомерной древесины на двухкантный (четырёхкантный) брус и технологическую щепу. Станки изготавливались серийно, прошли производственную проверку и показали практическую работоспособность с положительным экономическим эффектом.

**Основная часть.** На процесс резания древесины оказывает очень много взаимовлияющих факторов, среди которых выделяются три основные группы: 1) факторы, относящиеся к перерабатываемому материалу (физико-механические свойства различных пород древесины, влажность, анизотропия и др.); 2) факторы, относящиеся к режущему инструменту (геометрические и угловые параметры, углы резания, марка стали); 3) режимы резания (скорости резания и подачи). Учесть все эти факторы при описании модели (математической, фи-

зической, механической и т. д.), применительно к конкретному процессу, крайне сложно. Поэтому исследователи, как правило, ограничиваются наиболее значимыми из них.

Для моделирования процесса резания древесины на ФБС на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов создана экспериментальная установка, оснащенная новейшей компьютерной силоизмерительной системой, позволяющей с высокой точностью производить регистрацию, оцифровку, обработку, сохранение данных и последующее их представление в удобном для пользователя виде (табличном, графическом) в трех плоскостях и крутящий момент в плоскости ХУ (рис. 1).

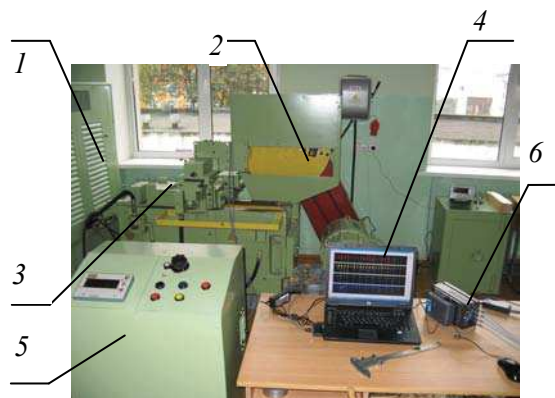


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процессов резания древесины:

- 1 – гидростанция механизма подачи;
- 2 – фрезерный диск; 3 – механизм подачи;
- 4 – персональный компьютер;
- 5 – пульт управления; 6 – тензометрическая измерительная система EX-UT10

В комплект набора современной силоизмерительной системы входят динамометр-датчик УДМ-1200 (на нем крепится при помощи винтов обрабатываемый материал), тензометриче-

ская измерительная система EX-UT10 (позволяет регистрировать аналоговые данные с УДМ-1200, обрабатывать, сохранять), персональный компьютер и соединительные провода.

Схема соединений устройств измерительной системы представлена на рис. 2.

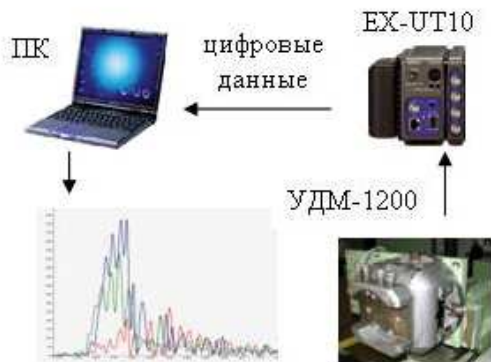


Рис. 2. Схема соединений устройств измерительной системы

Работа схемы осуществляется следующим образом. При действии сил резания на образец древесины, закрепленный в динамометре-датчике УДМ-1200, деформируются чувствительные элементы динамометра (опоры) с наклеенными на них проволочными датчиками (тензотрами), сопротивление которых изменяется пропорционально прилагаемым усилиям и изгибающему моменту, чем и определяется пропорциональное изменение сигнала схемы. Аналоговый сигнал от динамометра-датчика по четырем каналам поступает далее на входы измерительной системы EX-UT10, где регистрируется, обрабатывается и затем уже оцифрованный передается с высочайшей точностью на персональный компьютер (ПК). На компьютере при помощи установленного базового программного обеспечения сигнал сохраняется и представляется для пользователя в удобном виде (табличном, графическом).

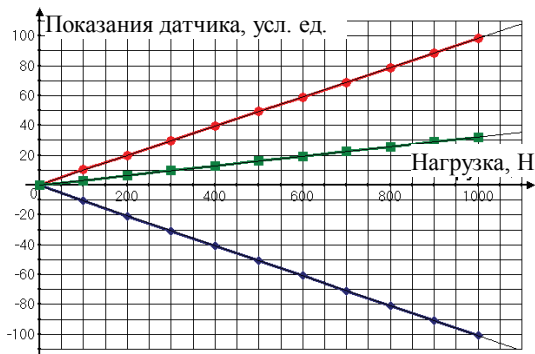


Рис. 3. Тарировочные прямые осей X, Y, Z динамометра УДМ-1200

Для проведения экспериментальных исследований универсальный динамометр УДМ-1200

был оттарирован в диапазоне нагрузок от 0–1000 Н при помощи поверенного динамометра, воспринимающего нагрузки до 1 кН. Построены тарировочные прямые и получены поправочные коэффициенты (рис. 3).

На основании разработанной методики проведения экспериментальных работ были определены следующие переменные факторы X1, X2 и X3 (рис. 4).

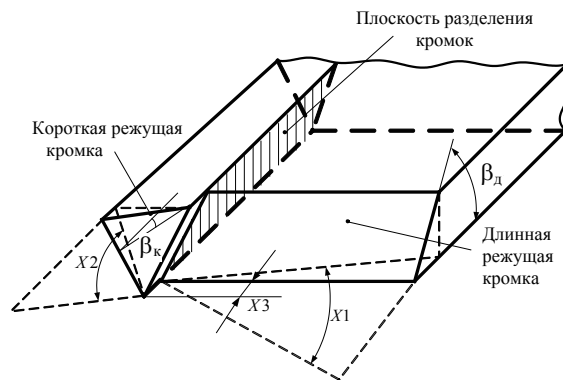


Рис. 4. Составной двухлезвийный резец:

- X1 – угол скоса при длинной режущей кромке;
- X2 – угол скоса при короткой режущей кромке;
- X3 – смещение резцов относительно нейтрального положения

В соответствии с проведенными ранее аналитическими исследованиями [1], [2] на основе анализа схем формообразования элементов технологической щепы установлены следующие пределы варьирования переменных факторов, представленные в таблице.

Таблица

**Значения переменных факторов**

Переменная величина	Уровни варьирования				
	-30	-15	0	15	30
X1, град	-30	-15	0	15	30
X2, град	-20	-10	0	10	20
X3, мм	-10	-2,5	0	2,5	5

Были изготовлены из легированной термообработанной стали марки 65Г экспериментальные образцы составных двухлезвийных резцов с различными угловыми параметрами (рис. 5).



Рис. 5. Составные двухлезвийные резцы

Конструкции резцов предусматривают возможность крепления на колонке-резцедержателе с установкой требуемых угловых параметров и линейного смещения резцов относительно нейтрального положения.

Постоянными факторами приняты следующие: исследуемый материал – древесина сосны, ели; скорость резания  $V = 12,3$  м/с; направление резания – поперечное, поперечно-торцовое; толщина снимаемого слоя  $t = 5$  мм; диаметр резания  $D = 470$  мм; подача на резец  $U_z = 25$  мм; задний угол  $\alpha = 3^\circ$ ; начальный радиус закругления режущей кромки  $\rho_0 = 8$  мкм.

На данном этапе продолжается эксперимент классическим методом и уже получены некоторые данные силового взаимодействия резца и древесины. Полученные данные являются предварительными и подлежат дальнейшему уточнению.

Например:

- при нулевых значениях смещения резцов относительно нейтральной линии и углах скоса при длинной и короткой режущих кромках суммарная сила резания составляет 983,38 Н (рис. 6);
- при нулевом значении смещения резцов относительно нейтральной линии и углах скоса при режущих кромках  $+30^\circ$  и  $+20^\circ$  суммарная сила резания 971,95Н (рис. 7);
- при смещении короткого резца относительно нейтральной линии на  $-2,5$ мм и углах скоса при длинной режущей кромке  $+15^\circ$  и короткой  $+20^\circ$  суммарная сила резания 911,47 Н (рис. 8).

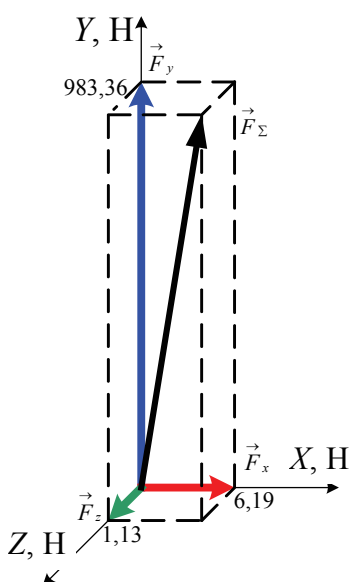


Рис. 6. Схема распределения составляющих сил резания при нулевых значениях смещения резцов относительно нейтральной линии и углах скоса при длинной и короткой режущих кромках

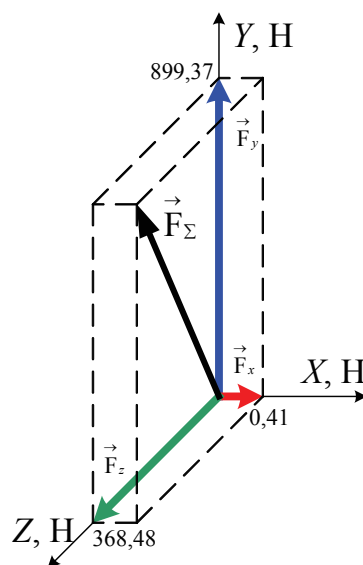


Рис. 7. Схема распределения составляющих сил резания при нулевом значении смещения резцов относительно нейтральной линии и углах скоса при длинной и короткой режущих кромках соответственно  $+30^\circ$  и  $+20^\circ$

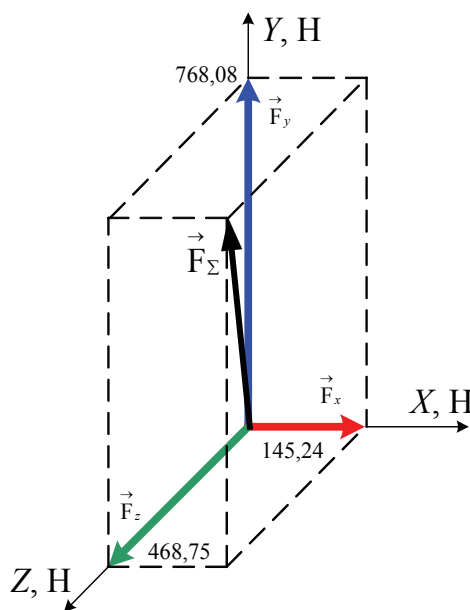


Рис. 8. Схема распределения составляющих сил резания при нулевом значении смещения резцов относительно нейтральной линии и углах скоса при длинной и короткой режущих кромках соответственно  $+30^\circ$  и  $+20^\circ$

Из приведенных примеров видно, что суммарная сила резания может быть снижена на 10% и более, этот параметр может быть основой для проектирования и расчетов фрезерно-брусующего оборудования и используемого режущего инструмента.

Но более интересен другой факт, что энергетика процесса (мощность на резание) определяет составляющая суммарной силы резания, которая совпадает с направлением вектора скорости резания, в данном случае это  $F_y$ , и называется касательной силой резания. Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по формуле

$$P = \frac{F_y \cdot V \cdot i}{1000},$$

где  $F_y$  – касательная сила резания, Н;  $V$  – скорость резания, м/с;  $i$  – количество резцов, одновременно участвующих в резании, шт.

На рис. 5–8 показано, что  $F_y$  может снижаться гораздо больше и составлять:

- для первого случая – 983,36 Н;
- для второго – 899,37 Н;
- для третьего – 768,08 Н.

Качественные показатели получаемой технологической щепы и пласти бруса определялись визуально, а размеры элементов щепы измерялись штангенциркулем.

На рис. 9–11 представлены пласти бруса шириной  $b = 80$  мм и технологическая щепка, удовлетворяющая ГОСТ 15815, древесины сосны влажностью  $W = 35\%$  при переменных факторах, приведенных в таблице.



Рис. 9. Качество технологической щепы и пласти бруса при  $X_1 = 0^\circ$ ,  $X_2 = 0^\circ$ ,  $X_3 = 0$  мм

При режиме обработки древесины составным двухлезвийным резцом (рис. 9) присутствует мелкая фракция технологической щепы до 30–35%, шероховатость поверхности пласти бруса составляет  $R_z > 2500$  мкм.



Рис. 10. Качество технологической щепы и пласти бруса при  $X_1 = +30^\circ$ ,  $X_2 = +20^\circ$ ,  $X_3 = 0$  мм

При режиме обработки (рис. 10) мелкая фракция технологической щепы составляет около 10–15%, шероховатость поверхности пласти бруса характеризуется единичными вырывами (выщепами)  $R_z > 1200$  мкм.



Рис. 11. Качество технологической щепы и пласти бруса при  $X_1 = +15^\circ$ ,  $X_2 = +20^\circ$ ,  $X_3 = -2,5$  мм

При режиме обработки (рис. 11) мелкая фракция технологической щепы составляет около 5–10%, но имеются характерные «усики», снижающие ее качество. Они свидетельствуют о том, что короткая режущая кромка двухлезвийного резца не дорезает слой древесины, отделенный длинной режущей кромкой. Шероховатость поверхности пласти бруса  $R_z < 100$  мкм. При этом не образуется вырывов с поверхности пласти, мшистости и других кинематических микронеровностей, ухудшающих качество поверхности бруса.

**Закключение.** Из приведенных примеров видно, что повышение качества технологической щепы и поверхности пласти бруса возможно путем изменения угловых и линейных параметров составных двухлезвийных резцов.

Разработанная методика проведения экспериментальных работ и экспериментальная установка с современными средствами измерения позволяют получить выходные показатели с высокой степенью точности.

Результаты лабораторных экспериментальных исследований новых конструкций режущего инструмента подтверждают их работоспособность и возможность снижения энергозатрат.

Конструкции фрез фрезерно-брусующих станков должны позволять регулировать угловые параметры резцов для достижения требуемых размерно-качественных показателей обработки. Полученные экспериментальным путем значения сил резания можно рекомендовать для проектирования режущего инструмента и расчета его крепления.

## Литература

1. Раповец, В. В. Моделирование процесса формирования пилопродукции и технологической щепы на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец, Н. В. Бурносков // Машиностроение: респ. сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2007. – Вып. 23. – С. 212–217.
2. Раповец, В. В. Возможности управления качественными и силовыми показателями процесса формирования технологической щепы двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец, Н. В. Бурносков // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная. и деревообраб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 251–255.