

В. В. Раповец, инженер, Н. В. Бурносов, доцент,
 А. К. Вершина, д-р техн. наук, профессор, БГТУ

ВЛИЯНИЕ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХЛЕЗВИЙНЫХ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

In given article results of researches of influence of angular parametres double-blade cutters milling-bar machine tools on power indicators are presented. Constants and the variable factors influencing process of cutting, levels of a variation of variable factors are proved and defined. The equations of regress of target parametres of process of cutting in the normalised and obvious kinds in which quality making forces of cutting on three axes acted are received and presented. Earlier presented settlement scheme of distribution of forces of cutting on compound double-blade a cutter at formation technological chips has allowed 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. For convenience of the analysis received experimental by data and an establishment of influence of variable factors on power parametres of process of cutting of wood of a pine and a fur-tree on milling-bar machine tools surfaces of functions of the response of target parametres are constructed. Recommendations about practical application of the received results on manufacture are developed.

Введение. Эффективное качественное использование лесных ресурсов – важнейший фактор, определяющий уровень развития лесопромышленного комплекса. Данное понятие определяет рациональное, комплексное использование древесного сырья, энергетические затраты процесса переработки, качество получаемой продукции, объемы и виды отходов, потерь.

Одним из перспективных направлений комплексного использования пиловочного сырья является агрегатный метод переработки древесины, подразумевающий совмещение во времени нескольких технологических операций в одном станке [1].

Применение современного высокотехнологичного агрегатного оборудования позволяет довести комплексное использование древесного сырья до 90–94%, повысить производительность лесопильных потоков, снизить трудовые и энергетические затраты за счет частичной или полной механизации и автоматизации процесса, способствует созданию практически безотходной технологии процессов формообразования пиломатериалов [2].

Отечественные фрезерно-брусующие станки (ФБС) значительно уступают по технико-экономическим показателям лучшим зарубежным представителям этого оборудования: SAB, Mohringer, EWD (Германия), Storti, A. Costa righi (Италия), Soderhamn (Швеция), Veisto Group, Heinila Sawmill Machinery Inc. (Финляндия) и др.

Однако требования к размерно-качественным показателям получаемых пиломатериалов и технологической щепы согласно европейским стандартам имеют некоторые отличия от соответствующих отечественных стандартов, что может вызывать определенные затруднения при эксплуатации зарубежного фрезерно-брусующего оборудования и линий на их основе на предприятиях республики.

Наиболее успешные исследования по различным направлениям совершенствования агрегатной переработки древесины были выполнены в Российской Федерации, а также зарубежными исследователями: в Архангельском лесотехническом институте, в ЦНИИМОДе (Л. З. Лурье, А. М. Сумароков, В. Г. Турушев, В. В. Таратин, Е. М. Боровиков, Л. А. Фефилов, В. В. Шестаков, В. П. Елькин), в Львовском лесотехническом институте (А. И. Гофман, Н. И. Тимофеев), Швеции (Б. Туннел), США, Канаде (П. Кох, Ш. Грин, Ф. Джорстон, Я. Стоун), Белорусском технологическом институте им. Кирова (А. Г. Лахтанов, В. И. Микулинский, Н. В. Бурносов) и др.

Данные работы были посвящены изучению процесса фрезерования древесины с одновременным получением пиломатериалов и технологической щепы, созданию высокопроизводительного режущего инструмента, высоких размерно-качественных параметров перерабатываемого сырья, целесообразных схем раскроя, рациональных конструктивных параметров оборудования.

Основная часть. Режущий инструмент ФБС различных зарубежных и отечественных производителей очень разнообразен. Большинство из этих производителей используют торцово-конические фрезы со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей, основанные на агрегатных способах формирования продукции.

В литературе мало работ, посвященных изучению процесса образования пилопродукции при резании торцово-коническими фрезами на ФБС. В связи с этим возникла необходимость в проведении научных изысканий в данном направлении.

Целью данной работы является повышение эффективности переработки тонкомерной древесины на фрезерно-брусующих станках путем проведения теоретических и экспериментальных

исследований процесса формообразования продукции, определение влияния основных факторов процесса резания на энергетические показатели и промышленные испытания нового режущего инструмента.

В соответствии с разработанной методикой на экспериментальной установке проведены исследования процесса резания древесины составными двухлезвийными ножами. Обоснованы и определены переменные факторы X_1, X_2, X_3 : угол скоса ξ_d при длинной режущей кромке, угол скоса ξ_k при короткой режущей кромке, смещение резцов относительно нейтрального положения x . Выходными параметрами являлись составляющие силы резания F_X, F_Y, F_Z (рис. 1), качество поверхности пласти бруса (шероховатость) и технологической щепы (размерно-качественные характеристики) [3].

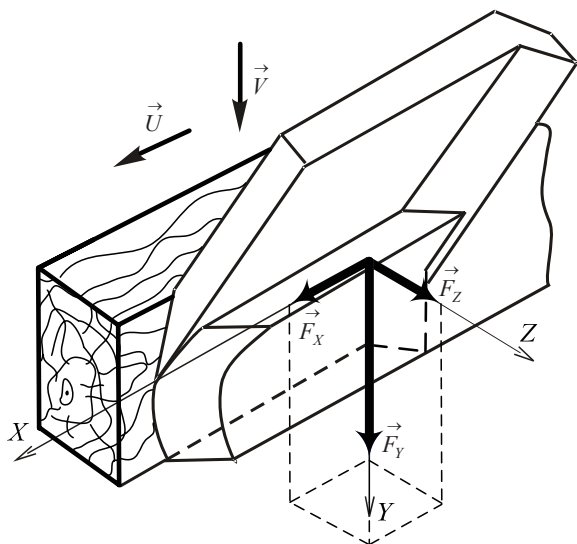


Рис. 1. Схема резания двухлезвийным резцом на ФБС:

U – вектор скорости подачи;

V – вектор скорости резания;

F_X – составляющая сил резания вдоль оси X ;

F_Y – составляющая сил резания вдоль оси Y ;

F_Z – составляющая сил резания вдоль оси Z

Функции отклика составляющих сил резания F_X, F_Z , а также F_Y – определяющей энергетические затраты процесса резания древесины сосны и ели двухлезвийными ножами на ФБС в зависимости от исследуемых переменных факторов, полученные математическим планированием, представлены ниже в нормализованном и явном видах (1)–(8).

Для древесины сосны в нормализованном виде функции отклика составляющих силы резания имеют вид

$$F_X = 98,80 - 75,34X_1 + 53,06X_2 + 31,97X_3 - 41,96X_1X_2 + 8,59X_1X_3 + 29,62X_2X_3 + 20,83X_2^2 + 113,81X_3^2, \quad (1)$$

где F_X – составляющая сил резания вдоль оси X по направлению вектора скорости подачи, Н; F_Y – составляющая сил резания вдоль оси Y по направлению вектора скорости резания, Н; F_Z – составляющая сил резания вдоль оси Z , перпендикулярная плоскости резания, Н.

Наибольшее влияние на энергетические параметры процесса резания оказывает сила F_Y . Силы F_X, F_Z воспринимаются узлами крепления инструмента.

$$F_Y = 632,78 - 45,21X_1 + 37,81X_2 + 13,98X_3 - 17,94X_1X_2 + 3,90X_1X_3 + 44,66X_2X_3 + 77,41X_2^2 + 94,11X_3^2. \quad (2)$$

$$F_Z = 19,46 - 38,36X_1 + 33,50X_2 + 7,76X_3 - 54,73X_1X_2 - 59,73X_1X_3 + 84,19X_2X_3 + 105,31X_1^2 + 39,57X_2^2 + 89,11X_3^2. \quad (3)$$

Для древесины сосны функция отклика F_Y в явном виде выглядит следующим образом:

$$F_Y = 632,78 - 1,507\xi_d + 1,891\xi_k + 2,796x - 0,030\xi_d\xi_k + 0,026\xi_dx + 0,447\xi_kx + 0,008\xi_d^2 + 0,194\xi_k^2 + 3,764x^2, \quad (4)$$

где ξ_d – угол скоса при длинной режущей кромке, град; ξ_k – угол скоса при короткой режущей кромке, град; x – смещение резцов относительно нейтрального положения, мм.

Для древесины ели в нормализованном виде функции отклика составляющих силы резания имеют следующий вид:

$$F_X = 206,9 - 62,79X_1 + 54,02X_2 + 13,66X_3 - 6,57X_1X_2 - 55,77X_1X_3 - 28,14X_2X_3 - 13,33X_1^2 - 58,11X_2^2 + 67,00X_3^2; \quad (5)$$

$$F_Y = 669,64 - 65,95X_1 - 39,31X_3 + 46,44X_1X_2 - 54,11X_1X_3 + 66,19X_2X_3 + 19,09X_1^2 + 78,04X_2^2 + 93,00X_3^2; \quad (6)$$

$$F_Z = 78,24 - 25,82X_1 - 22,7X_2 + 30,39X_3 + 28,98X_1X_2 - 41,63X_1X_3 - 49,60X_2X_3 + 112,54X_1^2 - 19,71X_2^2 + 5,93X_3^2. \quad (7)$$

Для древесины ели функция отклика F_Y в явном виде

$$F_Y = 669,64 - 2,198\xi_d + 7,862x - 0,077\xi_d\xi_k + 0,361\xi_dx + 0,662\xi_kx + 0,021\xi_d^2 + 0,195\xi_k^2 + 3,720x^2. \quad (8)$$

Для анализа полученных уравнений и установления степени влияния каждого переменного

фактора на выходные параметры наиболее удобно использовать наглядные трехмерные их графические отображения – поверхности отклика, при построении которых фиксируется только один переменный фактор на уровнях $(-1; 0; +1)$, а два фактора изменяются.

Для древесины сосны поверхности отклика функции F_Y при фиксировании переменного фактора X_3 представлены на рис. 2.

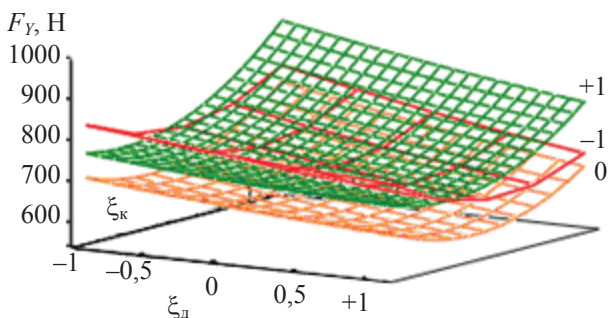


Рис. 2. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_3

При смещении резцов относительно нейтрального положения на величину $x = 0$ мм (т. е. без смещения), угле скоса при длинной режущей кромке $\xi_d = 30^\circ$ и угле скоса при короткой режущей кромке $\xi_k = 0^\circ$ касательная сила резания (составляющая F_Y) принимает минимальное значение по величине около 594 Н. Аналогичные заключения подтверждаются анализом рис. 3 и 4.

Для древесины сосны поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_2 представлены на рис. 3.

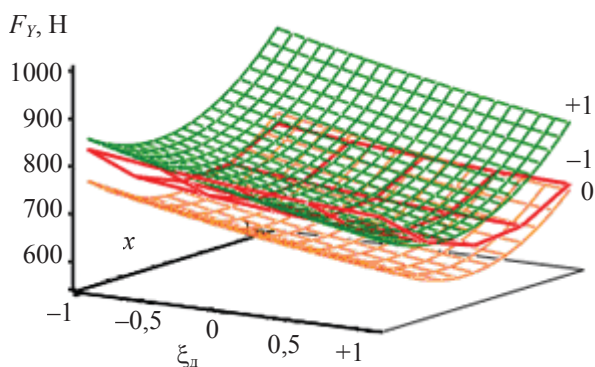


Рис. 3. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_2

Для древесины сосны поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_1 представлены на рис. 4.

Максимальное значение 1027 Н касательная сила резания F_Y приобретает при угле скоса при длинной режущей кромке $\xi_d = -30^\circ$, угле скоса при короткой режущей кромке $\xi_k = +20^\circ$ и смещении резцов относительно нейтрального положения на величину $x = +5$ мм.

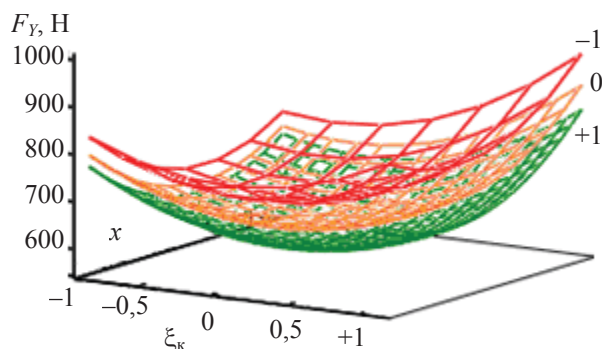


Рис. 4. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_1

На рис. 5 представлены для древесины ели поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_3 .

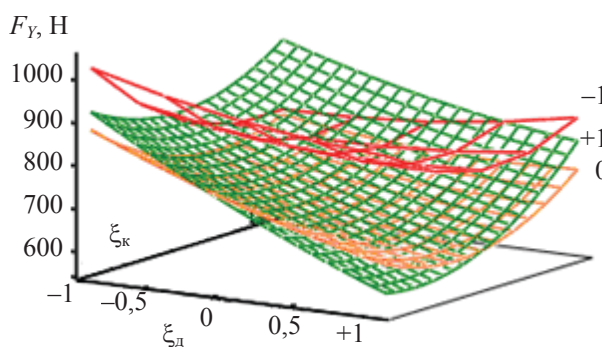


Рис. 5. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_3

На рис. 6 представлены для древесины ели поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_2 .

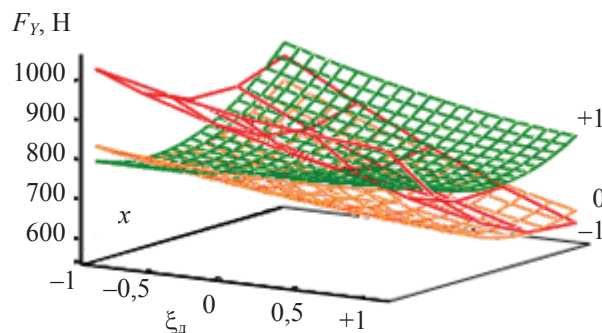


Рис. 6. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_2

На рис. 7 представлены для древесины ели поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_1 .

Полученные математические зависимости и построенные графики функций отклика в пределах обозначенных интервалов варьирования переменных факторов позволяют установить и рекомендовать к использованию наиболее целесообразные и экономичные режимы.

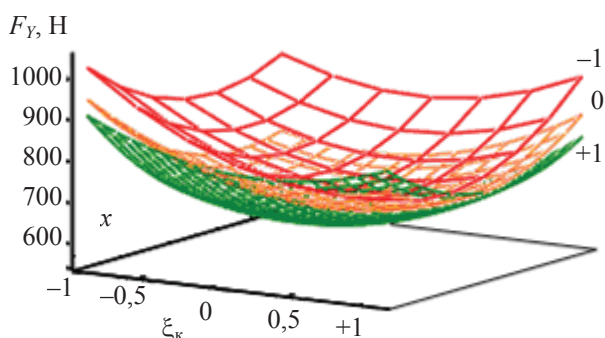


Рис. 7. Поверхности отклика функции F_Y при фиксировании фактора X_1 .

На эксплуатируемых фрезерно-брусующих линиях лесопильных предприятий республики (г. Шклов – 2 линии, г. Светлагорск – 2, г. Орша – 1, г. Борисов – 1 и др.), особенно на фрезерно-брусующих станках второго ряда, зачастую на нижней части поверхности пласти получаемого 4-кантного бруса наблюдаются сколы величиной около 2–5 мм. Эти сколы возникают от первого двухлезвийного ножа, близлежащего к пласти бруса. Величина скола из-за больших по величине сил резания достигает иногда такой величины, что убрать его не может пильный диск 1, формирующий финишную поверхность 4-кантного бруса (рис. 8).

Были проведены производственные испытания изготовленных промышленных образцов нового режущего инструмента (двухлезвийных ножей) на линии SAB (Германия) ОАО «Борисовский ДОК».

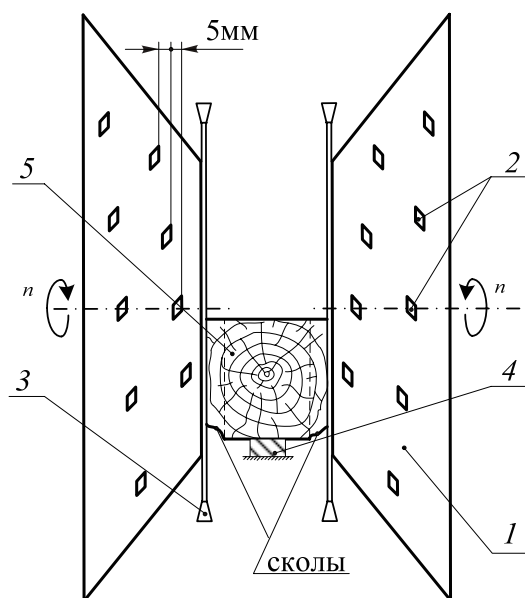


Рис. 8. Схема обработки древесины на фрезерно-брусующих станках:

- 1 – торцово-коническая фреза со спиральным расположением двухлезвийных ножей;
- 2 – двухлезвийные резцы; 3 – пильный диск;
- 4 – узкая опорная поверхность обрабатываемой древесины; 5 – древесина

На спиральной торцово-конической фрезе каждый из двухлезвийных ножей снимает толщину слоя 5 мм.

Нами предложено изменить схему расположения двухлезвийных ножей на спиральной фрезе в зоне формирования пластей бруса с уменьшенной толщиной трех-четырёх снимаемых слоев по следующей схеме: первый нож снимает величину слоя древесины 2 мм, второй нож – 3 мм, третий – 4 мм, а последующие – 5 мм. При этом за счет уменьшения толщины снимаемого слоя древесины и измененных угловых параметров существующих конструкций ножей снижаются силы резания и указанного брака (сколов) на кромках бруса не возникает.

Закключение. В результате выполненных экспериментальных работ и анализа полученных результатов при обработке древесины сосны и ели составными двухлезвийными ножами установлено следующее.

1. За счет установления рациональных угловых параметров двухлезвийного ножа касательная сила резания F_Y , которая определяет энергозатраты, может быть снижена на 8–15%.

2. Наилучшие параметры двухлезвийного ножа при формировании поверхности пласти бруса: $\xi_{дл} = 15^\circ$, $\xi_{ск} = 20^\circ$, $x = 0$ мм.

3. Наилучшие параметры двухлезвийного ножа при формировании технологической щепы: а) $\xi_{дл} = -30^\circ$, $\xi_{ск} = 20^\circ$, $x = 0$ мм; б) $\xi_{дл} = -15^\circ$, $\xi_{ск} = 10^\circ$, $x = 0$ мм; в) $\xi_{дл} = 0^\circ$, $\xi_{ск} = 20^\circ$, $x = 0$ мм.

4. Проведенные промышленные испытания подтверждают работоспособность данных конструкций режущего инструмента и снижение энергетических затрат на обработку с обеспечением высокого качества поверхности пласти бруса и технологической щепы.

Литература

1. Лурье, Л. З. Агрегатные методы выработки пиломатериалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Л. З. Лурье; Моск. лесотехн. ин-т. – М., 1978. – 42 с.
2. Таратин, В. В. Научно-технические основы переработки древесины на пиломатериалы и технологическую щепу на базе фрезернопильного оборудования / В. В. Таратин // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европ. Севера: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию АЛТИ-АГТУ, Архангельск, 2004 г.: в 2 т. / Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 2004. – Т. I. – С. 137–139.
3. Раповец, В. В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными ножами на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 205–208.