

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины. - М.: Лесная промышленность, 1967.
2. Пугачев В. С., Синицин И. Н. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. - 2-е изд., доп. - М.: Наука, 1990.
3. Богуславский И. А. Прикладные задачи фильтрации и управления. - М.: Наука, 1983. - 400 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯЮЩИХ НА СИЛОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ
НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ**

Раповец В.В., Бурносов Н. В. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

**DEFINITION OF PARAMETERS OF CUTTING PROCESS
ON THE MILLING-BAR MACHINE TOOLS INFLUENCING
POWER PARAMETRS**

Совершенствование фрезерно-брусующих станков требует проведения специальных исследовательских работ, направленных на улучшение процесса переработки тонкомерных бревен с заданной производительностью и получением пилопродукции (брус и технологическая щепка) необходимого качества. При этом следует учитывать различные факторы, влияющие на процесс резания [1].

Среди этих факторов можно выделить производительность, размерно-качественные характеристики щепки и пласти бруса в зависимости от параметров режущего инструмента. Это взаимосвязанные факторы. Они определяют во многом технико-экономическую эффективность процесса переработки тонкомерных бревен [2].

Вопросы обработки древесины спиральными двухлезвеными фрезами (конструкция БТИ) недостаточно тщательно изучены как в силовом, так и в качественном отношении. Ведь для резания технологической щепки необходим один режим, а для формирования качественной пласти бруса – уже другой, несколько отличающийся от первого режима. К тому же весь этот процесс сопровождается значительными ударными нагрузками, затрудняющими измерение силовых показателей.

Рассмотрим принцип формирования щепки и пласти бруса (рис. 1).

На рис. 1 изображено перерабатываемое бревно диаметром D в трех проекциях, которое движется со скоростью подачи U (м/мин) между правой I и левой II фрезами с центром O и частотой вращения n (мин⁻¹). Ось бревна смещена выше центра фрез на размер a . Резцами $1, 2, \dots, i$ радиусами R_1, R_2, \dots, R_j , расположенными на одной спирали Архимеда, срезаются с каждой стороны бревна последовательно три слоя так, что получается брус высотой h_i и шириной меньшей пласти b_i . При этом резцы на правой и левой фрезе имеют прямую короткую кромку под углом φ_r . Угол среза торца щепки $\varphi_{щ}$ в общем случае не равен углу скоса короткой кромки резца φ_r . Длинная кромка l_d формирует щепку по толщине $S_{щ}$, а короткая l_k по длине $l_{щ}$.

На горизонтальной проекции бревна показана форма поперечных сечений щепки на уров-

не АО, на фронтальной – на уровне входа резца в древесину ($a + b_i/2$), и на профильной показана форма режущих кромок резцов. При срезании слой древесины разрушается на отдельные щепки неопределенной ширины, но с постоянной площадью поперечного сечения F .

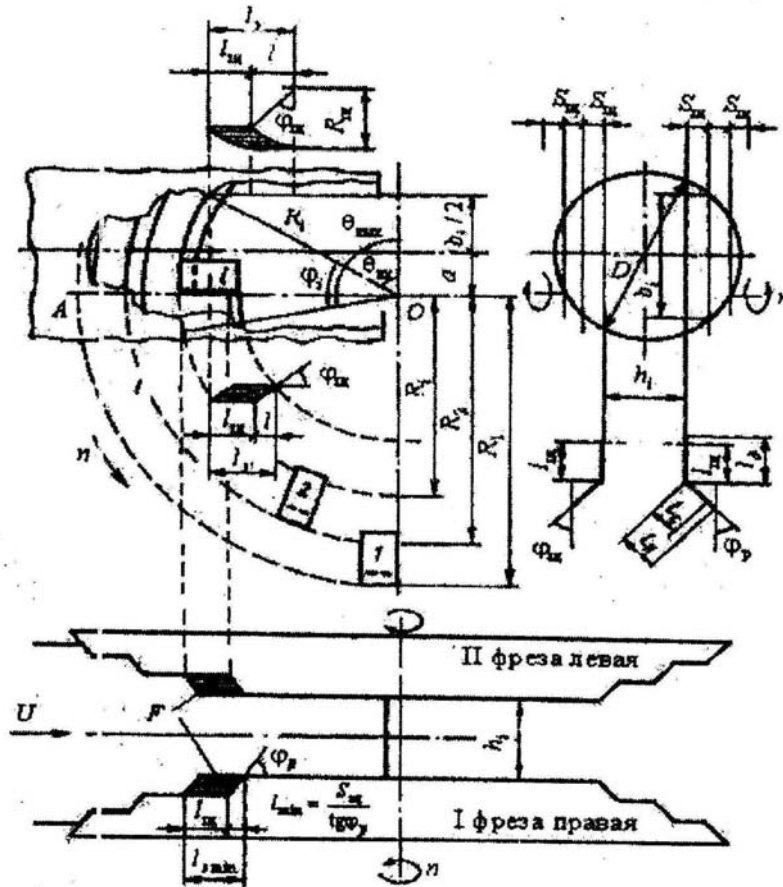


Рисунок 1 – Схема формирования элементов щепы и бруса

Определим теперь основные параметры щепы и резцов. Длина щепы по направлению волокон древесины

$$U_z = l_{щ} = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n},$$

где U – скорость подачи, м/мин;
 z – количество резцов, приходящихся на срезание одного слоя.

Длина длинной кромки резца

$$l_d = l_{щ} + 2 \text{ мм.}$$

Увеличение на 2 мм делается для компенсации возможной неточности расположения резцов по радиусам R_1, R_2, \dots, R_j . Длина элемента щепы l_3 представляет собой длину щепы плюс длину скошенной части щепы. Рассмотрим этот случай.

$$l_3 = l_{щ} + l = l_{щ} + \sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2} - \sqrt{\left(R_i - \frac{S_{щ}}{\text{tg} \varphi_p}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}, \quad (1)$$

где l – длина скошенной части элемента щепы, мм;
 φ_p – угол скоса прямой короткой кромки резца, град.

Проанализируем полученную зависимость (1):

1. $l_{3\text{max}}$ будет при условии

$$\left(a + \frac{b_i}{2}\right) = \left(R_i - \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}\right).$$

$$l_{\text{э max}} = l_{uy} + \sqrt{R_i^2 - \left(R_i - \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}\right)^2}.$$

2. $l_{\text{э min}}$ будет при условии $\left(a + \frac{b_i}{2}\right) = 0$; $l_{\text{э min}} = l_{uy} + \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}$.

Из (1) следует, что длина элемента щепы зависит от технологических и инструментальных факторов. Длина элемента изменяется только за счет длины скошенной части щепы. Расчет показывает, что для средних условий $l_{\text{э max}}/l_{\text{э min}}$ достигает двух.

Длина среза торца щепы

$$l_c = \frac{S_{uy}}{\sin \varphi_{uy}}. \quad (2)$$

Длина прямой короткой кромки реза

$$l_k = l_c + 2 \text{ мм.}$$

Длина контура среза щепы включает поперечное резание длинной кромкой и торцово-поперечное – короткой кромкой:

$$L = l_{\text{щ}} + l_c. \quad (3)$$

Угол среза торца щепы

$$\operatorname{tg} \varphi_{uy} = \frac{S_{uy}}{l} = \frac{S_{uy}}{\sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2} - \sqrt{\left(R_i - \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}}. \quad (4)$$

Проанализируем аналитическую зависимость (4):

1. $\operatorname{tg} \varphi_{\text{щ max}}$ будет при условии $l_{\text{min}} = \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}$; $\operatorname{tg} \varphi_{\text{щ max}} = \operatorname{tg} \varphi_p$; т.е. $\varphi_{\text{щ max}} = \varphi_p$.

2. $\operatorname{tg} \varphi_{\text{щ min}}$ будет при условии

$$l_{\text{max}} = \sqrt{R_i^2 - \left(R_i - \frac{S_{uy}}{\operatorname{tg} \varphi_p}\right)^2}.$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{uy} = \frac{S_{uy}}{l_{\text{max}}}.$$

Угол среза торца щепы $\varphi_{\text{щ}}$ меньше угла скоса короткой кромки реза φ_p . Они равны между собой только при $(a + b_i/2) = 0$. Отношение $\operatorname{tg} \varphi_{\text{щ max}}/\operatorname{tg} \varphi_{\text{щ min}}$ достигает четырёх. Известно, что качество щепы во многом определяется качеством торцового среза, а условия резания зависят от угла перерезания волокон древесины $\varphi_{\text{щ}}$.

Площадь поперечного сечения щепы

$$F = S_{\text{щ}} \cdot l_{\text{щ}}. \quad (5)$$

Эта площадь зависит от длины и толщины щепы и не зависит от ее конфигурации.

Объем стружки (с некоторым приближением), срезаемый i -м резцом с бревна за один рез (один оборот фрезы):

$$V = F \cdot V_i \quad (6)$$

Изменяя сечение резца за счет толщины или длины щепы, можно выяснить их раздельное влияние на силовые показатели.

При определении мощности на резание удобно пользоваться

$$P = K \cdot O = K \cdot \left(\frac{\pi D^2 \arctg \frac{\sqrt{D^2 - h_i^2}}{h_i}}{360} - \frac{\sqrt{(D^2 - h_i^2)} \cdot h_i}{2} \right) \cdot \frac{1000 \cdot U}{60}, \quad (7)$$

где O – объём щепы (см^3), срезаемый в секунду;

b – ширина пласти, см;

D – средний диаметр бревна, см;

U – скорость подачи, м/мин.

Угол входа i -го резца в древесину (кромки l_d и l_k полностью вступают в работу)

$$\cos \theta_{\text{вх}} = \frac{a + b_i / 2}{R_i}. \quad (8)$$

Угол выхода i -го резца из древесины (кромка l_k заканчивает торцовый срез)

$$\theta_{\text{вых}} = 180^\circ - \left(\arccos \frac{b_i / 2 - a}{R_i} \right). \quad (9)$$

Угол контакта i -го резца с древесиной

$$\varphi_i = \theta_{\text{вых}} - \theta_{\text{вх}}. \quad (10)$$

Длина дуги контакта (резца с древесиной)

$$l_i = 0,0175 \cdot R_i \cdot \varphi_i. \quad (11)$$

Рассмотрим подробнее угловые параметры режущего элемента. У известных резцов есть один общий признак – наличие двух режущих кромок [3].

На рис. 2 показаны линейные и угловые параметры резца, короткая режущая ab и длинная $бв$. При этих кромках есть соответствующие углы заострения β_k (сечение А-А) и β_d (сечение Б-Б). На нашем рисунке показана громка $бг$, которая является линией пересечения передних граней резца $гбв$ и $гба$, по которым сходит стружка – щепка. Наружная кромка $аг$ образует с боковой кромкой резца угол β_1 , который не участвует в резании. Между внутренней кромкой $бг$ и наружной кромкой $бд$ расположен угол заострения β_0 (сечение В-В). Угол β_2 расположен в сечении Г-Г. Задние грани резца abd и dbv скользят по обрабатываемой поверхности бревна в направлении вектора скорости резания V . Задние углы резания относительно малы ($3-5^\circ$) и могут быть приняты равными нулю для упрощения аналитического определения углов. Между плоскостью В-В и задними гранями abd и dbv образуются вспомогательные углы x и y . В плоскости Б-Б расположен угол φ_1 . Внутренняя кромка $бг$ находится на передней грани $гбв$ под углом φ_2 к длинной режущей кромке $бв$. Конструктивные углы резца φ_1 и φ_2 , угол среза торца щепы φ .

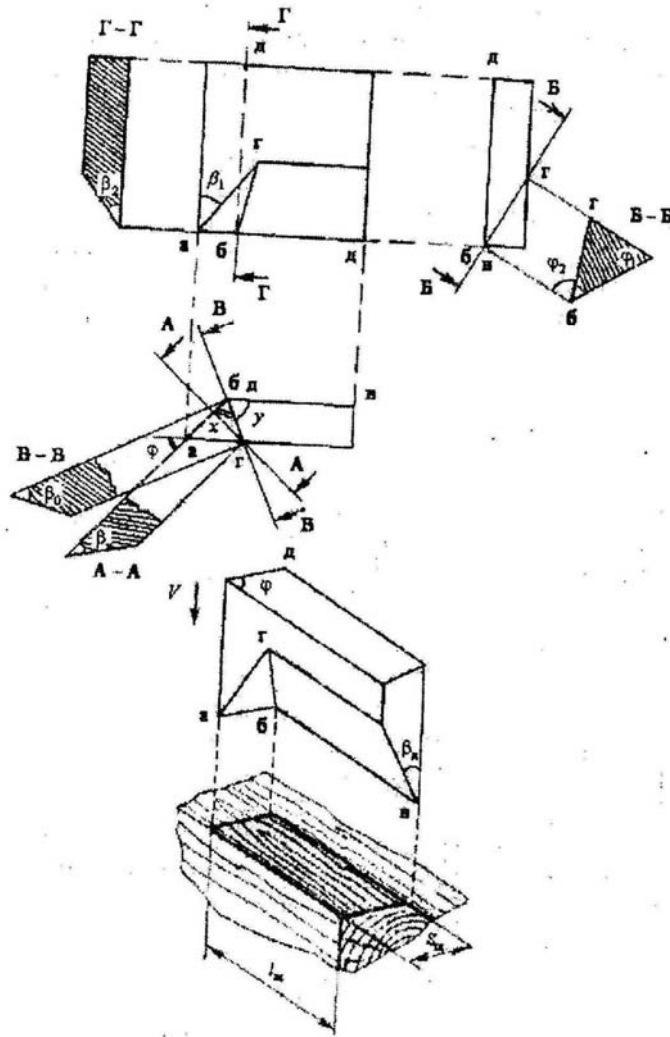


Рисунок 2 – Линейные и угловые параметры реза:

аб - короткая режущая кромка; *бв* - длинная режущая кромка; β_k - угол заточки при кромке *аб*; β_d - угол заточки при кромке *бв*; φ - угол среза торца щепы;
V - направление вектора скорости резания

При помощи метода проекций углов на плоскость установим теперь связи между перечисленными углами [4].

$$tg\beta_k = tg\beta_1 \cos(90 - \varphi) = \frac{tg\beta_k}{\sin \varphi} \quad (12)$$

$$tg\beta_2 = \frac{tg\beta_k}{\cos \varphi} \quad (13)$$

$$tg\beta_0 = \frac{tg\beta_k}{\sin x} \quad (14)$$

$$\text{Отсюда видно, что } \varphi + x + y = 180^\circ. \quad (15)$$

Определим вспомогательные углы из (14) и (15):

$$tgx = \frac{tg\beta_k \sin \varphi}{tg\beta_d - \cos \varphi \cdot tg\beta_k} \quad (16)$$

$$tgy = \frac{tg\beta_{д} \sin \varphi}{tg\beta_{к} - \cos \varphi \cdot tg\beta_{д}} \quad (17)$$

Аналогично определяются и конструктивные углы из (13) и (14):

$$tg\varphi_1 = \frac{tg\varphi}{\sin \beta_{д}} \quad (18)$$

$$tg\varphi_2 = \frac{\sin \varphi}{(tg\beta_{к} - tg\beta_{д} \cos \varphi) \cos \beta_{д}} \quad (19)$$

Основными углами, характеризующими резец, являются угол заточки при короткой кромке $\beta_{к}$, угол заточки при длинной кромке $\beta_{д}$ и угол среза торца щепы φ .

Проведем анализ полученных зависимостей.

1) $\beta_{к} = \beta_{д}$. Это условие, когда углы заточки при короткой и длинной режущих кромках равны.

2) $y = 90^\circ$. Это отражает условие, которое показывает преобладание поперечного резания, и стружка свободно сходит по передней грани длинной режущей кромки.

Из уравнения (17) следует, что

$$tg\beta_{к} = \cos \varphi \cdot tg\beta_{д}, \quad (20)$$

т.е. $\beta_{к} = \beta_{д}$. С уменьшением угла φ ближе по величине становятся $\beta_{к}$ и $\beta_{д}$. Подставив (20) в (19), получим

$$tg\varphi_2 = \frac{\sin \varphi}{(\cos \varphi \cdot tg\beta_{д} - tg\beta_{д} \cos \varphi) \cos \beta_{д}} \quad (21)$$

Следовательно, $\varphi_2 = 90^\circ$.

Из (15) получим $x = 90 - \varphi$, что после подстановки в (16) дает

$$tgx = \frac{tg\beta_{д} - \cos \varphi \cdot tg\beta_{к}}{tg\beta_{к} \sin \varphi} \quad (22)$$

Аналогичным образом из (14) получим

$$tg\beta_0 = \frac{tg\beta_{к}}{\cos \varphi} = tg\beta_2 \quad (23)$$

3) $x = 90^\circ$. Это отражает условие, когда стружка, срезанная под углом φ к волокнам, будет сходиться по передней грани короткой кромки.

Из (14) имеем $\beta_0 = \beta_{к}$; из (16) $tg\beta_{д} = \cos \varphi \cdot tg\beta_{к}$, т.е. $\beta_{к} > \beta_{д}$.

4) При уменьшении угла скоса торца щепы φ , при равных прочих условиях, углы $\beta_1\varphi_2$ увеличиваются, а углы $\beta_2\beta_0$ уменьшаются.

Заключение. Анализируя полученные теоретическим путем аналитические зависимости, можно сделать соответствующие выводы. Углы заострения резца $\beta_{к}$ и $\beta_{д}$ нельзя изменять независимо друг от друга, т. к. они взаимозависимы. Короткая и длинная режущие кромки являются стружкообразующими. Режущие возможности резца и качество щепы будут выше при уменьшении углов заточки $\beta_{к}$ и $\beta_{д}$. Ограничивающим фактором будет стойкость резца. Практически $\beta_{д} = \beta_{к} = 40^\circ$. Углы резания при короткой и длинной режущих кромках будут больше на 2-3 градуса за счет задних углов. При уменьшении

угла среза торца щепы до 30° углы β_k и β_d приблизительно равны по величине.

Как видим, полученные аналитические зависимости устанавливают связь между толщиной $S_{щ}$, длиной $l_{щ}$ щепы и угловыми параметрами элементов резца. Эти основные параметры влияют на силовые показатели процесса резания, качество получаемой щепы и бруса, дают возможность связать параметры резца с параметрами технологической щепы, бревна, бруса, а также являются исходными при проектировании спиральных фрез, фрезерно-брусующих станков – основой расчета режимов резания на данном типе оборудования, подготовки и последующего проведения экспериментальных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Механическая технология древесины / Под ред. Н. А. Ватина. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – Вып. 9. – 164 с.
2. Механическая технология древесины / Под ред. Н. А. Ватина. – Мн.: Вышэйшая школа, 1985. – Вып. 9. – 144 с.
3. Микулинский В. И. О проекции углов на плоскость. – В кн.: Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин. – Л.: ЛТА, 1983.
4. Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1986. – 136 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ

Соколов Е.В. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ) sokolov_ev.art@mail.ru
Анкудинов Д.Т. (УГГТУ, Екатеринбург, РФ)

MODELING FLOWING FLUID IN THE CENTRIFUGAL PUMPS

За последние годы лесопромышленный комплекс (ЛК) России существенно изменился. Круг вопросов, который активно обсуждается специалистами отрасли касается: технологий, оборудования, экологии. Основой задачей предприятий деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и других промышленности ЛК России является увеличение выпуска высококачественной продукции. Это достигается применением новых эффективных технологий, что позволяет сертифицировать выпускаемую продукцию в соответствии с требованиями международных стандартов.

Истощение природных запасов и рост цен на энергоносители потребует создания более эффективных технологий, машин и оборудования. Поэтому проектные организации, осуществляющие разработку технологических линий, все больше уделяют внимания вопросу энергосбережения, безопасности и экологии. Эти требования предъявляют к агрегатам от непрерывной работы которых, зависит объем и качество выпускаемой продукции. К энергопотребляющему оборудованию относятся насосные системы, использующие электрическую энергию для создания потока жидкой среды. Насосы применяют там, где требуется подавать вещество в жидком состоянии: клеи, растворы,