

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ковзун Н. И. Метод расчета толщины межпилы прокладки и взаимосвязанных с нею параметров // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1988.— № 5.— С. 63—71.
[2]. Ковзун Н. И. Статистические оценки точности распиловки и методы их вычисления // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 2.— С. 116—120. [3]. Ковзун Н. И. Точность рамной распиловки // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 3.— С. 121—124.
[4]. ОСТ 13—6—78. Прокладки межпилы для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.79 до 01.01.90. [5]. РТМ по алгоритмизации процессов формирования сечений пиломатериалов / Б. И. Кошуняев, В. Р. Фергин.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1987.— 24 с. [6]. ТУ 13—0273675—25—89. Прокладки межпилы для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.90.

Поступила 13 июля 1988 г.

УДК 674.023.001.572

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛУЩЕНИЯ ФАНЕРНОГО ШПОНА

В. Г. РЕМИЗОВ, М. В. КОЗЛОВ, Ю. Д. ТАРШИС

Ярославский политехнический институт

Для расчета и конструирования лущильных станков необходимо знать усилия, действующие на чурак, лущильный нож и прижимную линейку.

Лущение шпона — это процесс непрерывного срезания с вращающегося чурака бесконечной ленты (стружки) постоянной толщины. Резание древесины при лущении происходит в условиях обжима ее прижимной линейкой. При разрушении древесины в области, примыкающей к режущей кромке ножа, трещина распространяется в тангенциальном направлении. Давление, оказываемое линейкой на чурак, препятствует хаотичному распространению трещины. Благодаря этому шпон получается гладким и одинаковой толщины по всей длине обрабатываемой ленты.

Большинство известных методов определения усилий, действующих на лущильный нож и прижимную линейку, базируются на экспериментальных данных. Нами предложена математическая модель разрушения (резания) древесины чурака в районе режущей кромки ножа, основанная на анализе напряженно-деформированного состояния материала. Для определения напряжений в древесине использовано решение задачи теории упругости о действии сосредоточенной силы на клин. Считаем, что действие ножа и прижимной линейки подобно действию сосредоточенных сил, но из рассмотрения исключена область бесконечно больших напряжений, ограниченная радиусами, равными радиусу заточки режущей кромки ножа и закругления прижимной линейки. Значит, контактные напряжения равны напряжениям, которые возникают в клине на указанных расстояниях от точки приложения силы. Используя принцип суперпозиции, напряженное состояние в любой точке рассматриваем как сумму двух линейных напряженных состояний, создаваемых в материале отдельно лущильным ножом и прижимной линейкой. Кроме того, приняты следующие допущения.

1. Пропаренная древесина обладает свойствами ортотропного тела с модулями, соответствующими средним деформациям в зонах резания и обжима.

2. Напряжения в древесине чурака при лущении шпона и контактные напряжения на поверхности ножа и прижимной линейки зависят только от действующих сил и от радиусов заточки ножа и закругления прижимной линейки.

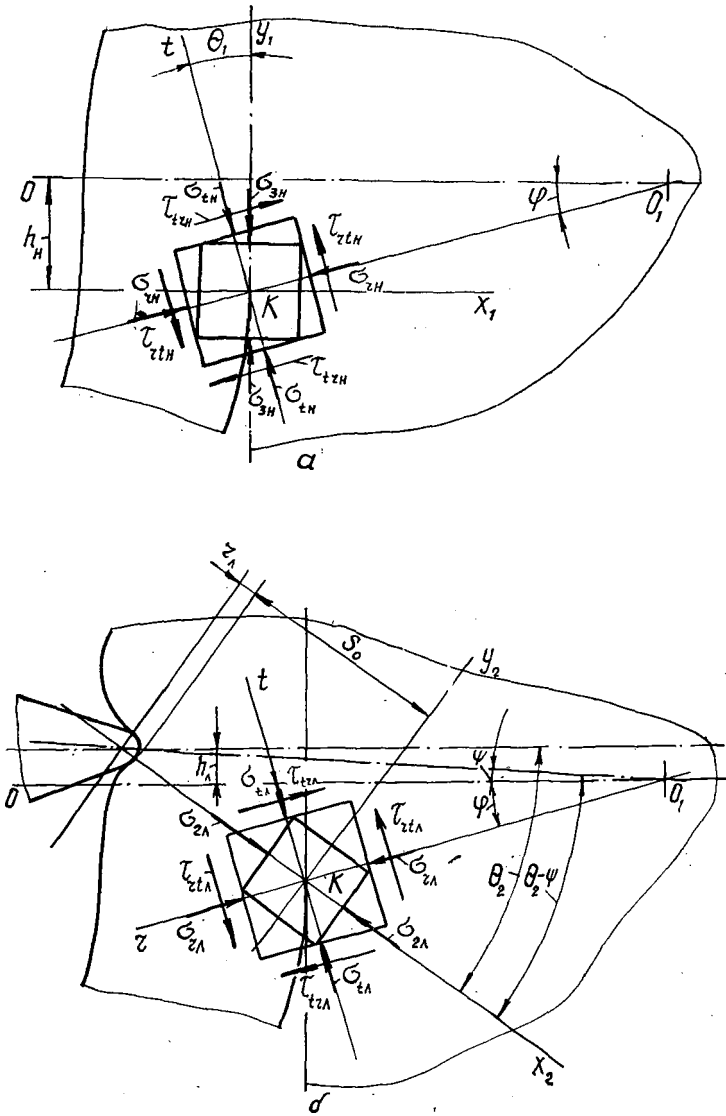


Рис. 3. Распределение напряжений в области кромки лущильного ножа от воздействия на чурак со стороны лущильного ножа (а) и со стороны прижимной линейки (б)

С учетом принятых допущений, напряжения и деформации вдоль оси чурака равны нулю, поэтому система уравнений, описывающая напряженно-деформированное состояние материала, имеет вид:

а) от действия лущильного ножа в местной, полярной системе координат ρ_i, Θ_1 при $\alpha = \pi$ (рис. 1)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho 1H} &= -\frac{P_H \cos \Theta_1}{\pi (r_{1H} + \rho_i)}; \\ \sigma_{\Theta 1H} = \sigma_z = \epsilon_z = \tau_{x_1 y_1} &= 0; \\ \epsilon_{\rho 1H} &= \frac{1}{E t_{\Theta_1}} \sigma_{\rho_i}; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

б) от действия прижимной линейки в местной, полярной системе координат ρ_2, Θ_2 при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ (рис. 2)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\rho_{2л}} &= -\frac{2P_{л} \cos \Theta_2}{\pi (r_{л} + \rho_2)}; \\ \sigma_{\Theta_{2л}} &= \sigma_z = \varepsilon_z = \tau_{x_2 y_2} = 0; \\ \varepsilon_{\rho_{2л}} &= \frac{1}{E_{r\Theta_2}} \sigma_{\rho_2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) обозначено:

r_n и $r_{л}$ — соответственно радиус заточки ножа и радиус закругления прижимной линейки;

$P_n, P_{л}$ — удельные усилия, действующие на луцильный нож и прижимную линейку;

$E_{t\Theta_1}; E_{r\Theta_2}$ — модули упругости древесины на сжатие поперек волокон в направлении под углом $\Theta_1 + \psi_1$ к тангенциальному (рис. 3, а) и в направлении под углом $\Theta_2 - \psi_2$ к радиальному (рис. 3, б).

В общем случае положения режущей кромки ножа и кромки прижимной линейки относительно горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось чурака 00_1 (рис. 3, а, б) ($h_{л} \neq 0, h_n \neq 0$, рис. 1, 2), в опасной точке K (под режущей кромкой ножа) имеет место плоское напряженное состояние. Оно равно сумме напряженного состояния с главным напряжением ($\sigma_{1н} = 0, \sigma_{2н} = 0, \sigma_{3н} = -\frac{P_{л} \cos \Theta_1}{\pi r_n}$), создаваемого в опасной точке луцильным ножом (рис. 3, а), и напряженного состояния с главным напряжением ($\sigma_{1л} = 0, \sigma_{2л} = -\frac{2P_{л} \cos \Theta_2}{\pi (r_{л} + S_0)}, \sigma_{3л} = 0$), создаваемого в опасной точке прижимной линейкой (рис. 3, б). Главные оси упомянутых напряженных состояний $x_1 y_1$ (рис. 3, а) и $x_2 y_2$ (рис. 3, б) не совпадают с осями упругой симметрии древесины r, t .

Рассмотрим напряжения, возникающие на площадках, перпендикулярных осям упругой симметрии древесины r, t . Напряжения от действия луцильного ножа (рис. 3, а) на площадках, перпендикулярных осям, определяют по формулам:

$$\sigma_{rн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} + \frac{\sigma_{3н}}{2} \cos 2(90^\circ + \Theta_1) = \frac{\sigma_{3н}}{2} [1 + \cos 2(90^\circ + \Theta_1)]; \quad (3)$$

$$\sigma_{tн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} + \frac{\sigma_{3н}}{2} \cos 2\Theta_1 = \frac{\sigma_{3н}}{2} (1 + \cos 2\Theta_1); \quad (4)$$

$$\tau_{rтн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} \sin 2(90^\circ + \Theta_1); \quad (5)$$

$$\tau_{tрн} = \frac{\sigma_{3н}}{2} \sin 2\Theta_1. \quad (6)$$

Соответственно напряжения от действия прижимной линейки (рис. 3, б) на площадках, перпендикулярных осям r и t :

$$\sigma_{rл} = \frac{\sigma_{2л}}{2} + \frac{\sigma_{2л}}{2} \cos 2(\Theta_2 - \psi + \varphi) = \frac{\sigma_{2л}}{2} [1 + \cos 2(\Theta_2 - \psi + \varphi)]; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tл} &= \frac{\sigma_{2л}}{2} + \frac{\sigma_{2л}}{2} \cos 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi) = \\ &= \frac{\sigma_{2л}}{2} [1 + \cos 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi)]; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\tau_{rtл} = \frac{\sigma_{2л}}{2} \sin 2(\Theta_2 - \psi + \varphi); \quad (9)$$

$$\tau_{trл} = \frac{\sigma_{2л}}{2} \sin 2(90^\circ + \Theta_2 - \psi + \varphi). \quad (10)$$

Суммарные напряжения равны алгебраической этих составляющих.

Для определения удельного усилия $P_{л}$, действующего на прижимную линейку, найдем деформацию, накопленную на участке между прижимной линейкой и лезвием ножа:

$$\Delta\delta = \int_0^{S_0} \varepsilon_{\rho_2} d\rho_2 = -\frac{2P_{л}}{\pi E_{r\Theta_2}} \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_{л}}\right), \quad (11)$$

и толщину шпона

$$\delta = S_0 + |\Delta\delta| = S_0 + \frac{2P_{л}}{\pi E_{r\Theta_2}} \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_{л}}\right). \quad (12)$$

Толщина шпона δ , равная подаче суппорта, и расстояние между лезвием ножа и прижимной линейкой S_0 связаны со степенью обжима шпона e :

$$S_0 = \delta(1 - e). \quad (13)$$

Усилие, действующее на прижимную линейку, определяем из уравнения (12) с учетом равенства (13):

$$P_{л} = \frac{\pi E_{r\Theta_2} (\delta - S_0)}{2 \ln\left(1 + \frac{S_0}{r_{л}}\right)} = \frac{\pi E_{r\Theta_2} \delta e}{2 \ln\left(1 + \frac{\delta(1 - e)}{r_{л}}\right)}. \quad (14)$$

Следовательно, от воздействия лущильного ножа и прижимной линейки в древесине создается плоское напряженное состояние, а усилие, действующее на прижимную линейку, зависит только от технологических параметров лущения (толщины шпона и степени обжима) и модуля упругости древесины. В качестве критерия разрушения при плоском напряженном состоянии для ортотропного материала, каким является древесина, использован критерий предельного состояния в виде полинома четвертой степени [1, 2]:

$$\left[\frac{\sigma_r^2}{\sigma_{br}} + \frac{\sigma_t^2}{\sigma_{bt}} + \frac{\tau_{rt}^2}{\tau_{brt}} + \sigma_r \sigma_t S_{rt} \right]^2 - \sigma_r^2 - \sigma_t^2 - \sigma_r \sigma_t - \tau_{rt}^2 = 0, \quad (15)$$

где $\sigma_r, \sigma_t, \tau_{rt}$ — напряжения, действующие по площадкам, перпендикулярным осям симметрии древесины r, t ; $\sigma_{br}, \sigma_{bt}, \tau_{brt}$ — соответствующие пределы прочности древесины.

Механические характеристики древесины, входящие в уравнения (1), (2), (15), определяют экспериментально. В общем случае усилие резания при лущении находят решением системы нелинейных уравнений (3) — (10), (14), (15), которое может быть реализовано численными методами.

Рассмотрим частный случай, когда режущая кромка лущильного ножа и кромка прижимной линейки лежат в горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось чурака (рис. 3, а, б) ($h_{л} = 0, h_{н} = 0$, рис. 1, 2). В опасной точке K (под режущей кромкой ножа) имеет место также плоское напряженное состояние с главными напряжениями $\left(\sigma_1 = 0, \sigma_2 = -\frac{2P_{л}}{\pi(r_{л} + S_0)}, \sigma_3 = -\frac{P_{л}}{\pi r_{н}}\right)$, но в этом случае главные оси напряженного состояния совпадают с осями r, t упругой симметрии древесины (рис. 4). В этом случае критерий предельного состояния (1) преобразуется в

трехпараметрическое условие разрушения древесины в тангенциальном направлении [1, 2]

$$1 = \frac{\sigma_3^2}{\sigma_{bt}^2} + \frac{\sigma_2^2}{\sigma_{br}^2} - \frac{\sigma_3 \sigma_2}{\sigma_{bt} \sigma_{br}} \quad (16)$$

или

$$\sigma_3 = 0,5 \sigma_{bt} \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{br}} + \sqrt{4 - 3 \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{br}} \right)^2} \right). \quad (17)$$

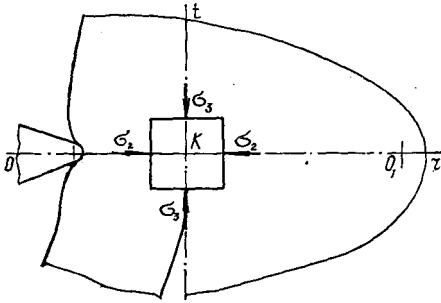


Рис. 4. Распределение напряжений в области кромки лущильного ножа при установке кромок ножа и линейки в горизонтальной плоскости, проходящей через ось чурака OO_1

После подстановки значений главных напряжений в условие (17) получим выражение для удельного усилия резания (удельного усилия, действующего на лущильный нож):

$$P_n = \pi r_n \sigma_{bt} \left(\frac{P_n}{\pi (r_n + S_0) \sigma_{br}} + \sqrt{1 - 3 \left(\frac{P_n}{\pi (r_n + S_0) \sigma_{br}} \right)^2} \right). \quad (18)$$

Решая совместно выражения (14) и (18), получим уравнение для определения удельного усилия, действующего на лущильный нож:

$$P_n = \pi r_n \sigma_{bt} \left(\frac{E_r \delta e (r_n + S_0)^{-1} \sigma_{br}^{-1}}{2 \ln \left(1 + \frac{\delta (1 - e)}{r_n} \right)} + \sqrt{1 - 3 \left(\frac{E_r \delta e (r_n + S_0)^{-1} \sigma_{br}^{-1}}{2 \ln \left(1 + \frac{\delta (1 - e)}{r_n} \right)} \right)^2} \right), \quad (19)$$

где E_r — модуль упругости древесины в радиальном направлении.

Таким образом, нами разработана математическая модель лущения сырого фанерного шпона, которая позволяет проанализировать напряженное состояние древесины и рассчитать усилие, исходя из свойств древесины и режимов лущения. Предлагаемая модель опробована, результаты практических расчетов приведены в работах [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 222 с. [2]. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов.— Л.: Машиностроение, 1976.— 216 с. [3]. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: В 10 т.— 4-е изд., испр. и доп.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.— Т. 7: Теория упругости: Учеб. пособие.— 248 с. [4]. Ремизов В. Г., Козлов М. В., Таршис Ю. Д. Анализ напряженно-деформированного состояния древесины при лущении шпона // Деревообаб. пром-сть.— 1989.— № 7.— С. 12—14. [5]. Ремизов В. Г., Козлов М. В., Таршис Ю. Д. Исследование условий получения лущеного шпона с заданными точностными параметрами // Совершенствование техники и технологии производства фанерной продукции.— Л., 1989.— С. 66—68.

Поступила 12 декабря 1989 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 54:674.815-41

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А. А. ЭЛЬБЕРТ, Л. П. КОВРИЖНЫХ, П. А. ХОТИЛОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Известно, что при получении древесностружечных плит (ДСП) в качестве связующего вещества применяют карбамидоформальдегидные смолы, доля которых в себестоимости плит составляет 30...45%. Указанные смолы выделяют формальдегид как в процессе прессования плит, так и при их эксплуатации. В условиях нарастающего дефицита смол и их вредного воздействия в нашей стране и за рубежом проводят изыскание веществ, которые могли бы частично или полностью заменять эти смолы [9, 14].

Перспективное направление в решении этой проблемы — использование в качестве компонента связующего лигносульфонатов — много-тоннажного побочного продукта сульфит-целлюлозного производства [12, 14, 17, 18], не находящего полного сбыта.

В настоящее время в производстве ДСП товарные лигносульфонаты используют ограниченно (5...8% от массы смолы), так как при большем количестве ухудшаются показатели физико-механических свойств плит, особенно набухание в воде [5, 14].

На кафедре древесных пластиков и плит ЛТА разработаны два способа модификации лигносульфонатов, что позволяет осуществить замену 20...30% карбамидоформальдегидной смолы.

Один из способов модификации технических лигносульфонатов — это их обработка персульфатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ перед совмещением с карбамидной смолой [2—4]. Персульфат аммония — эффективный отвердитель карбамидных смол [14] и окислитель лигнина [8], поэтому его можно применять для повышения реакционной способности лигносульфонатов при совмещении с карбамидной смолой.

Обработка лигносульфонатов (ЛС) персульфатом аммония приводит к резкому увеличению количества общих кислых групп. Одновременно с реакциями окисления проходит процесс десульфирования, особенно при температуре 160 °С (табл. 1). В окисленных лигносульфонатах увеличивается количество гидроксильных групп, главным образом, за счет фенольных ОН-групп. Содержание алифатических гидроксильных групп снижается пропорционально увеличению количества карбоксильных групп, т. е. в мягких условиях окисления происходит фрагментация лигносульфонового комплекса и окислению подвергаются в первую очередь заместители в пропановых звеньях структурных единиц лигнина. Обработка при 160 °С привела к резкому снижению содержания фенольных ОН-групп в лигносульфонатах (табл. 1) за счет радикальной полимеризации окисленных фрагментов [10, 15].

Данные спектрального и термогравиметрического анализа показывают протекание реакций, происходящих в лигносульфонате под действием персульфата аммония в интервале 107...175 °С.

При изучении свойств лигносульфонатов с персульфатом аммония установлено, что при термообработке значительно увеличивается реак-