

И.Р. Шегельман, А.С. Васильев, А.Ю. Лапатин

Петрозаводский государственный университет

Шегельман Илья Романович родился в 1944 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесного комплекса, директор Карельского НИИ лесопромышленного комплекса Петрозаводского государственного университета. Имеет более 485 работ в области оптимизации выбора техники, технологии и организации процессов в лесопромышленном комплексе, обоснования проектных решений по совершенствованию заготовительно-транспортных операций лесозаготовок. E-mail: shegelman@onego.ru



Васильев Алексей Сергеевич родился в 1979 г., в 2001 г. окончил Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса Петрозаводского государственного университета. Имеет 42 публикации, 6 изобретений в области исследования эксплуатационных параметров круглых лесоматериалов и групповой окорки древесины.

E-mail: alvas@psu.karelia.ru



Лапатин Александр Юрьевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта и геодезии Петрозаводского государственного университета. Область научных интересов - окорка древесины. Имеет 50 печатных работ в области окорки древесины. E-mail: harnish2811@gmail.com



АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГРУППОВОЙ ОКОРКИ ПРИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рассмотрена физическая сущность процесса отделения коры от древесины при положительной и отрицательной температурах с точки зрения ударного взаимодействия бревен на примере окорочной установки барабанного типа.

Ключевые слова: окорка, древесина, ударное взаимодействие.

Окорка древесины - сложный процесс, зависящий от множества факторов. Одним из таких факторов, оказывающих весьма значительное влияние на процесс отделения коры от древесины является температурный фактор. Как показывает практика свежесрубленная древесина при заготовке в летне-осенний период, т.е. при положительной температуре, окоривается значительно быстрее, а, следовательно, и с меньшими энергетическими и финансовыми затратами, чем промерзшая древесина, заготовленная в зимний период при температуре ниже минус 10°C. Кроме того, при окорке промерзших лесоматериалов происходит повреждение древесины ствола окориваемых бревен. Влияние периода обработки лесоматериалов на скорость и качество процесса окорки обусловлено изменением прочности и сил сцепления коры с древесиной.

Наиболее благоприятным для окорки является весенний период вегетации, когда силы сцепления коры с древесиной резко уменьшаются. Снижение прочности сцепления коры с древесиной при этом вызвано тем, что в период вегетации живые клетки камбиального слоя (луба) набухают, легко разрушаются и отслаиваются от древесины [3].

В осенний и зимний периоды, когда сокодвижение прекращается, происходит увеличение вязкости находящихся в клетках питательных веществ и одревеснение клеточных оболочек камбия, приводящее к увеличению силы сцепления коры с древесиной. Установлено, что эти силы увеличиваются в десятки, а иногда и в сотни раз [3]. В связи с увеличением продолжительности окорки в летне-осенний период, по сравнению с весенним, потери древесины в окорочных барабанах возрастают для ели, березы и осины соответственно в 1,6-2, 1,5-2,7 и 1,5-2,5 раза. В зимний период при отрицательных температурах показатели процесса окорки ухудшаются еще больше. Это связано с промерзанием коры и образованием вокруг древесины кристаллического каркаса из льда [5].

Для объяснения таких различий в процессе окорки, связанных с температурным фактором, физическую сущность процесса отделения коры от древесины при положительной и отрицательной температурах рассмотрим с точки зрения ударного взаимодействия бревен на примере окорочной установкой барабанного типа.

При взаимодействии отрезков древесины в окорочном барабане имеет место стесненный удар [1], т.е. такой удар, при котором хотя бы на одно из взаимодействующих бревен накладывается некоторая механическая связь. В рассматриваемом случае связь выражается во взаимодействии с внутренней поверхностью барабана и соседними бревнами.

Параметры ударного взаимодействия древесины в окорочном барабане следует искать, анализируя поведение не только бревен, составляющих ударную пару, но и других, контактирующих с ними, составляющих в совокупности некоторую механическую систему. Ввиду многообразия и сложности такой общей постановки целесообразно ограничиться вышесказанной задачей о стесненном ударе.

Перемещение древесины в окорочном барабане происходит в соответствии с законами классической механики. Возникающие ударные силы характеризуются кратковременностью интервала времени их действия и значительной величиной. Поэтому координаты перемещающихся отрезков древесины за время удара не изменяются, скорости получают конечные приращения.

Например, если определять координаты отрезков с точностью до миллиметра, и учитывая, что скорости перемещения не превышают десяти метров в секунду, то промежуток действия ударной силы ограничен одной десятитысячной долей секунды. Такое взаимодействие характерно для упругих твердых тел [4].

Удобной мерой ударной силы F служит ее интегральная характеристика -ударный импульс I , который определяется по известной формуле

$$I = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} F(t) dt, (1)$$

где $t_0 + \tau$ - интервал времени, в течение которого действует сила.

Величина ударной силы будет определять ускорения, с которыми движутся взаимодействующие бревна, а задача определения перемещений и скоростей сведется к интегрированию дифференциальных уравнений.

Мерой изменения скоростей вследствие удара служит ударный импульс, рассчитываемый по формуле (1).

Рассмотрим два типа взаимодействия коры и древесины: первый - взаимодействие древесины при положительной температуре, или «мягкое» взаимодействие; второй - взаимодействие мороженой древесины при отрицательной температуре, или «жесткое» взаимодействие.

В качестве модели «мягкого» взаимодействия рассмотрим систему двух тел, соединенных упругими волокнами пренебрежимо малой массы (рис. 1, а). Такое взаимодействие допускает относительное перемещение тел.

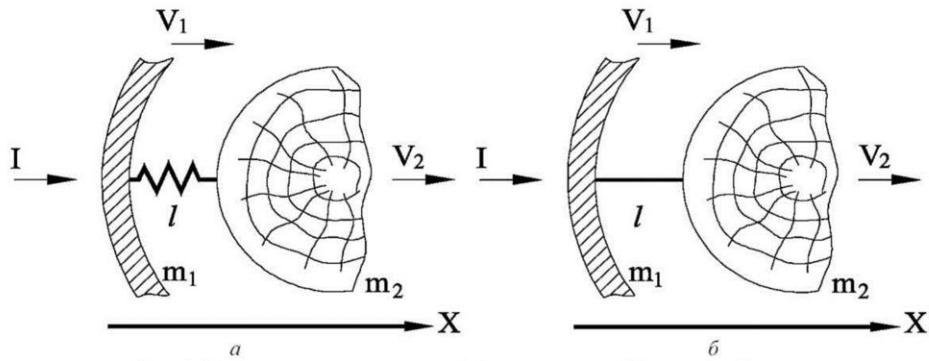


Рис. 1. Расчетная схема «мягкого» (а) и «жесткого» (б) взаимодействия

В качестве модели «жесткого» взаимодействия (рис. 1, б) рассмотрим систему двух тел, соединенных жесткими волокнами пренебрежимо малой массы, оно характеризуется возникновением значительных усилий, которые приводят к деформации.

В случае «мягкого» взаимодействия внутренняя сила \bar{R}_{12} , отражающая попарное взаимодействие тел, направлена вдоль прямой, соединяющей центры масс тел, а ее величина является линейной функцией расстояния между ними [4]:

$$\bar{R}_{12} = C(l + x_1 - x_2), \tag{2}$$

где C – жесткость соединительных волокон;

l – длина волокон в ненапряженном состоянии;

x_1 и x_2 – координаты коры и непосредственно древесины.

При этом вследствие третьего закона Ньютона

$$\bar{R}_{12} = -\bar{R}_{21}. \tag{3}$$

Допустим, что в начальный момент времени система находится в равновесии, а затем к телу массой m_1 прикладывается ударная сила F , равная I/τ в интервале времени $t \in (0, \tau)$ и нулю вне этого интервала. В этом случае уравнения движения тел в соответствии со вторым законом Ньютона будут иметь вид

$$m_1 \ddot{x}_1 = \bar{F} + \bar{R}_{21}; \tag{4}$$

$$m_2 \ddot{x}_2 = \bar{F} + \bar{R}_{12}.$$

С учетом формул (1)–(3) уравнения (4) примут вид

$$m_1 \ddot{x}_1 = \frac{I}{\tau} - C(l + x_1 - x_2); \tag{5}$$

$$m_2 \ddot{x}_2 = C(l + x_1 - x_2).$$

В силу сделанных предположений начальные значения переменных (при $t = 0$) задаются равенствами

$$\begin{cases} x_1(0) = 0; \\ x_2(0) = d; \\ \dot{x}_1(0) = 0; \\ \dot{x}_2(0) = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Система выражений (5), (6) линейна и допускает явное аналитическое решение, которое в интервале $(0, \tau)$ имеет вид

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{I}{\tau(m_1 + m_2)} \left(\frac{t^2}{2} + \frac{m_2}{C} - \frac{1}{k^2} - \frac{m_2}{m_1 k^2} \cos \theta \right); \\ x_2 &= \frac{I d}{\tau(m_1 + m_2)} \left(\frac{t^2}{2} - \frac{1}{k^2} + \frac{1}{k^2} \cos \theta \right) \end{aligned} \quad (7)$$

где θ – степень сопротивления элемента коры удару;

d – диаметр бревна;

k – циклическая частота колебаний.

Степень сопротивления элемента коры удару определяется формулой

$$\theta = k \tau. \quad (8)$$

Частота колебаний определяется формулой

$$k^2 = \frac{C(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}. \quad (9)$$

К моменту окончания удара $t = \tau$ координаты получают приращение порядка τ , а для скоростей будут справедливы следующие выражения:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(\tau) &= \dot{x}_1(\tau, \theta) = \frac{I}{m_1 + m_2} \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \frac{\sin \theta}{\theta} \right); \\ \dot{x}_2(\tau) &= \dot{x}_2(\tau, \theta) = \frac{I}{m_1 + m_2} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

Изучим поведение функций (10) для фиксированного k при $\tau \rightarrow 0$.

В предельном случае при $\theta \rightarrow 0$, который соответствует «мягкому» взаимодействию древесины при положительной температуре, имеем

$$\begin{aligned} \lim_{\theta \rightarrow 0} \dot{x}_1(\tau, \theta) &\approx \frac{I}{m_1}; \\ \lim_{\theta \rightarrow 0} \dot{x}_2(\tau, \theta) &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

В этом случае, как показывает выражение (11), скорости коры и древесины различны, следовательно, происходит процесс отделения коры от древесины – окорка.

Другой предельный случай $\theta \rightarrow \infty$ соответствует «жесткому» взаимодействию мороженой древесины:

$$\lim_{\theta \rightarrow \infty} \dot{x}_1(\tau, \theta) = \lim_{\theta \rightarrow \infty} \dot{x}_2(\tau, \theta) \approx \frac{I}{m_1 + m_2}. \quad (12)$$

Выражение (12), соответствующее «жесткому» взаимодействию, показывает, что скорости коры и древесины одинаковы, следовательно, отделение коры от древесины не происходит.

Физический смысл выражения (12) ясен из рассмотрения схемы (рис. 2) «жесткого» взаимодействия при помощи жесткой связи длиной l , которая накладывает жесткое ограничение на скорости коры и древесины, что затрудняет окорку мороженой и засохшей древесины.

Приведенный теоретический анализ позволяет объяснить, используя теорию ударного взаимодействия, сущность процесса окорки свежесрубленной древесины при положительной температуре, а также мороженой и засохшей древесины. Выражения (10) есть решение прямой задачи - воздействие удара на систему тел. Анализируя его, можно прийти к выводу, что конечный результат процесса окорки определяется величиной Q , которая согласно формулам (8) и (9) находится в прямой зависимости от жесткости коры.

Физическая сущность процесса окорки ударным способом заключается в том, что при ударе происходит ослабление силы сцепления коры с древесиной и с каждым ударом эта связь коры и древесины ослабевает, ослабление связи происходит до тех пор, пока не произойдет окончательная ее утрата, и вследствие чего, произойдет отделение участка коры.

Построенная математическая модель (10), описывающая физическую сущность процесса отделения коры от древесины при положительной и отрицательной температурах показала, что процесс отделения коры от древесины зависит от степени сопротивления элемента коры удару, которая определяется формулой (8) и согласно формуле (9) находится в прямой зависимости от жесткости коры, оказывающей влияние на условный предел прочности коры на скалывание по камбиальному слою.

Полученные выводы подтверждаются результатами исследований [2] по изучению древесины как предмета труда при окорке, проведенными в условиях Республики Карелия для свежесрубленной балансовой древесины, диаметрами 8-20 см при положительной (температурный диапазон плюс 18-22°C) и отрицательной (температурный диапазон минус 10-15°C) температурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойков С.П.* Теория процесса очистки древесины от коры. Л.: ЛГУ, 1980. 152 с.
2. *Васильев А.С.* Обоснование технических решений, повышающих эффективность режимов групповой окорки древесного сырья: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Петрозаводск: ПетрГУ 2004. 19 с.
3. *Житков А.В.* Оборудование складов лесоматериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 558 с.
4. *Иванов А.П.* Динамика систем с механическими соударениями. М.: Международная программа образования, 1997. 336 с.
5. *Симонов М.Н., Югов В.Г.* Окорка древесины. М., 1972. 128 с.

Поступила 07.06.10

I.R. Shegelman, A.S. Vasiliev, A.Y. Lapatin

Petrozavodsk State University

Analysis of grouped debarking process at positive and negative temperatures

Physical nature of bark-wood separation process at positive and negative temperatures has been examined. Specificity of logs percussive interaction in a barking drum is considered.

Key words: debarking, wood, percussive interaction.