

Образование трещин усушки в круглых лесоматериалах

ЕЛЕНА ПИНЧЕВСКАЯ, НАТАЛЬЯ БУЙСКИХ

Кафедра технологии деревообработки Национального университета биоресурсов и природопользования Украины – НУБиП Украины

Abstract: The method of calculating of internal stresses in pine logs was proposed. Was estimated the moisture content gradient through the cross section where the beginnings of shrinkage cracks has small probability

Keywords: Pine logs, internal stresses, moisture content gradient, shrinkage cracks

Круглые лесоматериалы используются в различных отраслях промышленности. Учитывая, что Украина относится к малолесным странам, а также тот факт, что запасы крупномерной древесины истощены, все больший интерес представляет маломерная древесина, в особенности от рубок ухода. Одна из областей использования мелкой и средней древесины – рудничная стойка (пропсы). Рудничные стойки должны отвечать определенным требованиям, среди которых есть требование о недопущении торцовых и боковых трещин диаметром и глубиной более 0,25 толщины соответствующего торца, а также трещины усушки, что связано с возникновением внутренних напряжений. В процессе эксплуатации пропсов появление трещин усушки неизбежно и это снижает качество материала.

Исследованиями внутренних напряжений в древесине занималось много ученых; огромный вклад в трактовку природы внутренних напряжений, разработку методов их количественного определения внес профессор Б.Н.Уголев [1,2,3].

Полные внутренние напряжения рассматриваются как алгебраическая сумма противоположных по знаку влажностных и остаточных напряжений. Если влажностные напряжения превышают определенный предел, то в древесине возникают необратимые пластические деформации, которые ведут к образованию остаточных напряжений. Влажностные напряжения исчезают после выравнивания влажности по сечению доски, а остаточные сохраняются в материале и после выравнивания влажности. Традиционно в работах по определению внутренних напряжений рассматривались, как правило, образцы, имеющие прямоугольное сечение. Образцы круглого сечения не рассматривались. Хотя распределение внутренних напряжений по сечению образца круглого сечения будет существенно отличаться от распределения по сечению прямоугольного образца.

Для оценки внутренних напряжений в круглых материалах было предположено, что годовичные слои представляют собой концентрические кольца и масса древесины – однородна. В таком случае ее можно рассматривать как ортотропное тело с цилиндрической анизотропией. Уравнения упругости для ортотропного тела с цилиндрической анизотропией было предложено С.Г. Лехницким [4].

Цилиндрическая анизотропия характеризуется следующими свойствами: с телом неизменно связана прямая OZ – ось анизотропии (для древесины – это линия сердцевины); все оси пересекающие эту ось под прямым углом, являются эквивалентными; все бесконечно малые элементы типа Δ , выделенные из тела тремя парами координатных плоскостей (двумя плоскостями, проходящими через ось анизотропии и образующими бесконечно малый угол, двумя бесконечно близкими плоскостями, перпендикулярными к оси анизотропии, двумя бесконечно близкими поверхностями круговых коаксиальных цилиндров с осью направленной по оси анизотропии), обладают одинаковыми упругими свойствами (рис.1).

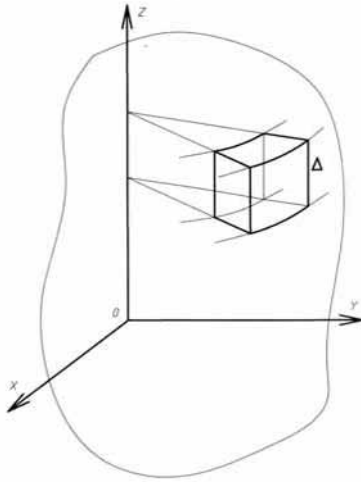


Рис. 1. Схема цилиндрической анизотропии

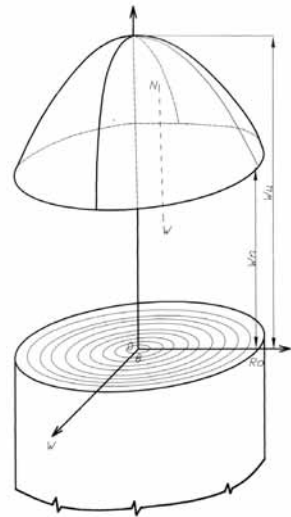


Рис.2. Распределение влажности при высыхании круглых сортиментов

Для определения величины внутренних напряжений в круглом сортименте мы воспользовались уравнением, полученным в работе [5]. Если предположить, что сортимент будет высыхать равномерно и центр анизотропии будет совпадать с центром окружности, ограничивающей поперечное сечение образца, а распределение влажности внутри его будет параболическим (рис.2), то формула для определения величины внутренних напряжений в тангенциальном направлении, σ_θ , МПа, будет иметь вид:

$$\sigma_\theta = \frac{\sqrt{E_r E_\theta}}{100} \left\{ \begin{aligned} & (W_u - W_n)(3K_\theta - K_r) \cdot \left[\frac{(1+\alpha)\alpha}{8(3-\alpha)} + \frac{(1-\alpha)}{8(3+\alpha)} - \frac{3\alpha}{9-\alpha^2} \right] + \\ & + (W_{np.n.} - W_n)(K_\theta - K_r) \cdot \left[\frac{(1+\alpha)}{4(1-\alpha)} + \frac{(1-\alpha)\alpha}{4(1+\alpha)} - \frac{\alpha}{1-\alpha^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где E_r , E_θ – модули упругости поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях, МПа;

K_r , K_θ – коэффициенты усушки в радиальном и тангенциальном направлениях;

W_u – влажность в центре сортимента, %;

W_n – влажность на поверхности сортимента, %;

$W_{np.n.}$ – предел насыщения клеточных стенок древесины, %;

$\alpha = \sqrt{\frac{E_\theta}{E_r}}$ – коэффициент.

Исходя из полученного уравнения (1) можно определить величину внутренних напряжений, возникающих на поверхности круглых образцов при высыхании, задавая разные значения влажности в центре и на поверхности. Так, для древесины сосны при влажности в центре $W_u = 28\%$ и на поверхности $W_n = 25\%$ с учетом коэффициентов усушки $K_r = 0,20$, $K_\theta = 0,30$, а также модулей упругости $E_r = 932$ МПа, $E_\theta = 484$ МПа, соответственно в радиальном и тангенциальном направлениях, величина внутренних растягивающих напряжений на поверхности сортимента будет равна $\sigma_\theta = -296,81$ МПа.

Сравнивая полученное значение σ_θ с пределом прочности на растяжение в тангенциальном направлении $\sigma_{np} = 330$ МПа [6], можно утверждать, что при таком перепаде влажности нет опасности возникновения трещин. Преобразуя (1) с учетом $\alpha \approx \sqrt{0,5}$ получим

уравнение (2):

$$\sigma_{\theta} = -3537 \cdot 10^{-7} \sqrt{E_r E_{\theta}} \left[0,5(W_u - W_n)(3K_{\theta} - K_r) + (W_{np.n.} - W_u)(K_{\theta} - K_r) \right]. \quad (2)$$

Условием появления трещин на поверхности является следующее соотношение $|\sigma_{\theta}| > \sigma_{np}$, тогда с учетом (2), получим:

$$3537 \cdot 10^{-7} \sqrt{E_r E_{\theta}} \left[0,5(W_u - W_n)(3K_{\theta} - K_r) + (W_{np.n.} - W_u)(K_{\theta} - K_r) \right] > \sigma_{np}. \quad (3)$$

Отсюда задавая значения влажности в центре W_u можно определить влажность на поверхности W_n , при которой могут образоваться трещины:

$$W_n < \frac{1}{3K_{\theta} - K_r} \left[(K_{\theta} - K_r) \cdot W_u + 2(K_{\theta} - K_r) \cdot W_{np.n.} - \frac{\sigma_{np}}{17678 \cdot 10^{-7} \sqrt{E_r E_{\theta}}} \right] \quad (4)$$

Результаты расчетов значений влажности поверхности, ниже которой возможно появление трещин, проведенные по уравнению (4) для древесины сосны, приведены на рис. 3.

Как показали расчеты, даже при незначительном перепаде влажности между центром и поверхностью при достаточно высокой средней влажности $W_{cp} \geq 17\%$ при интенсивной сушке поверхности возможно появление трещин усушки. Для их предотвращения необходимо разработать соответствующие режимы сушки, а также усовершенствовать методы сдерживающие усушку в тангенциальном направлении, т.е. по окружности годовичных колец [7].

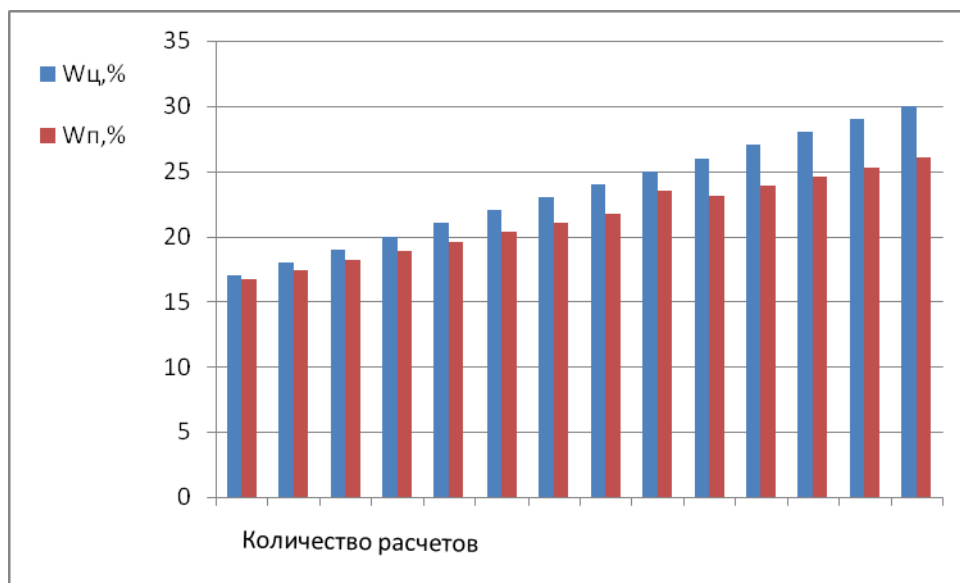


Рис.3. Результаты расчетов значений перепада влажности поверхности и центра сортимента

Следующим этапом наших исследований будет также разработка алгоритма расчета внутренних напряжений в круглых сортиментах в зависимости от их радиуса.

REFERENCES:

1. Уголев Б.Н., 1959: Внутренние напряжения в древесине при ее сушке. М.: Лесн. пром-сть. 116 с.
2. Уголев Б.Н., 1971: Контроль напряжений при сушке древесины. М.: Лесн. пром-сть. 176 с.
3. Уголев Б.Н., Лапшин Ю.Г., Кротов Е.В., 1980: Контроль напряжений при сушке древесины. М.: Лесн. пром-сть. 208 с.
4. Лехницкий С.Г., 1957: Анизотропные пластинки. М.: Гос. Изд-во ТТЛ. 270 с.

5. Шевченко В.А., Феллер М.Н., 1963: Метод расчета коробления, усушки и разбухания. Ж.Бумажная и деревообрабатывающая промышленность №1;3-4.
6. Божок О.П., Вінтонів І.С.,1992: Деревинознавство з основами лісового товарознавства - К.: НИКВО. 275 с.
7. Пинчевская Е.А., Хмурова Л.С., Петровский А.М., 1990: К вопросу об усадке пиломатериалов лиственных пород разных сечений. Тезисы докладов всесоюзной научно-технической конференции. Архангельск: Изд-во ЦНИИМОД;101.

Streszczenie: Zaproponowano metodę obliczania naprężeń wewnętrznych w kłodach sosnowych. Wyznaczono gradient wilgotności na przekroju poprzecznym gdzie początki pęknięć desorpcyjnych mają najmniejsze prawdopodobieństwo powstawania.

Corresponding authors:

Olena Pinchewska, Natalia Byiskikh
Department of Wood Processing
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, vul. Geroiv Oborony 15, 03041, Ukraine
OPinchewska@gmail.com