

7. Міжнародний стандарт ISO 22000:2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.certsystems.kiev.ua/uk/dstu-4161-ili-iso-22000/sistemi-upravlinnya-bezpeko-yu-xarchovix-produktiv-xassp-za-dstu-4161-abo-iso-22000.html>.
8. Основи експертизи продовольчих товарів : навчальний посібник для студентів вузів / В. Малигіна [та ін.]. – К. : Кондор, 2009. – 295 с.
9. Пономарьова П. Х. Генетично модифікована продовольча сировина і харчові продукти, вироблені з її використанням / П. Х. Пономарьова. – К. : Центр навчальної літератури, 2009. – 124 с.
10. «Семь инструментов качества» в японской экономике. – М. : Издательство стандартов, 1990. – 88 с.
11. Стандарт SERVER HACCP 22000-2012. Автоматизированное компьютерное приложение, созданное с учетом требований международного стандарта ISO 22000:2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://serha.ru/11c.php>.
12. Титаренко Л. Д. Ідентифікація та фальсифікація продовольчих товарів / Л. Д. Титаренко. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 189 с.
13. Shewhart W. Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control. – N.Y.: Dover Publ., Inc., 1939 (reprint 1986). – 163 p.

УДК 674.047

Т.В. Коваль, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТОРЦЕВОЇ ЗОНИ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ЇЇ СУШІННЯ

Т.В. Коваль, канд. физ.-мат. наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОРЦОВОЙ ЗОНЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ СУШКИ

Tetiana Koval, PhD in Physical and Mathematical Sciences

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

MATHEMATICAL MODEL OF STRESS STATE OF THE END ZONE OF TIMBER IN THE PROCESS OF DRYING

Розроблена модель напруженого стану деревини у торцевій частині пиломатеріалів у процесі їх сушіння. Показано, що нерівномірний розподіл поля вологості вздовж осі сортименту на початковій стадії сушіння призводить до появи вологісних напружень. Сформульована та вирішена задача, яка дозволяє визначити величини вологісних напружень, які є причиною появи поверхневих торцевих тріщин. Показано, що внутрішня тріщина виникає переважно в зоні торця, як результат розвитку значних залишкових деформацій у зоні стискаючих напружень.

Ключові слова: математична модель, напружений стан деревини, вологісні напруження.

Разработана модель напряженного состояния древесины в торцовой части пиломатериалов в процессе их сушки. Показано, что неравномерное распределение поля влажности вдоль оси сортимента в начальной стадии сушки приводит к появлению влажностных напряжений. Сформулирована и решена задача, позволяющая определить величину влажностных напряжений, которые являются причиной появления поверхностных торцевых трещин. Показано, что внутренняя трещина появляется преимущественно в зоне торца как результат развития значительных остаточных деформаций в зоне сжимающих напряжений.

Ключевые слова: математическая модель, напряженное состояние древесины, влажностные напряжения.

Developed a model for the stress state of wood in the end part of the timber in the process of their drying. It is shown that the uneven distribution of field moisture along the axis of assortment in the initial stage of drying leads to the appearance of moisture stress. Formulated and solved the problem allows to determine the amount of moisture stress, which are the cause of the surface of the end cracks. It is shown that internal crack appears mainly in the area of butt-end as a result of the development of significant residual deformation in the zone of compression stresses.

Key words: mathematical model, the stress state of wood, moisture stress.

Постановка проблеми. Нерівномірне поле вологості за перетином та довжиною пиломатеріалів, що виникає під час їх сушіння, призводить до появи деформацій у матеріалі. Характер цих деформацій обумовлений властивостями деревини змінювати свої лінійні розміри залежно від вологості деревини. Зміна розмірів або усадка деревини складається з деформацій матеріалу за рахунок всихання, яка пропорційна перепаду

вологості та коефіцієнту всихання і деформацій, що виникли внаслідок внутрішніх напружень [1]. У зв'язку з тим, що найбільша кількість дефектів у процесі сушіння виникає в торцевій зоні сортиментів, виявлення причин та характеру розвитку цього дефекту сушіння є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз деформацій деревини у торцевій зоні пиломатеріалів свідчить про значну складність напруженого стану матеріалу в цій зоні, що обумовлено об'ємним напруженим станом деревини. Сучасні методи кількісного оцінювання напружень для цієї дільниці неможливо застосувати. Тому доцільно розглянути торцеву зону як напівобмежене тіло з нерівномірним полем вологості вздовж осі сортименту, що характерно для товстих дощок та брусів та пластини з нерівномірним полем вологості як вздовж осі сортименту, так і в поперечному напрямку, що характерно для тонких широких дощок.

При визначенні деформацій застосовувався метод послідовного зняття напружених шарів, використаний під час розроблення стандартного методу вимірювання внутрішніх напружень у деревині [2].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Характер деформацій, виявлених у процесі сушіння, показує, що на відміну від відомих закономірностей розвитку напружень, у внутрішній частині торцевої зони виявляється зміна величини напруження залежно від відстані до торця. Причину цих розходжень необхідно шукати в закономірностях усадки деревини у процесі сушіння.

Мета статті. Головна мета роботи полягає в визначенні причин та закономірностей розвитку торцевих тріщин у пиломатеріалах у процесі сушіння.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо задачу визначення напружень по осі сортименту на початку процесу сушіння при фактичному розподіленні величини усадки за довжиною матеріалу. Враховуючи, що поблизу торця розподіл вологості за перетином сортименту наближається до рівномірного, причина виникнення торцевих тріщин обумовлена нерівномірним розподілом вологості за довжиною пиломатеріалів, тобто напружений стан можливо розглядати як одноосний. Тоді розрахункова схема має вигляд, зображений на рис. 1.

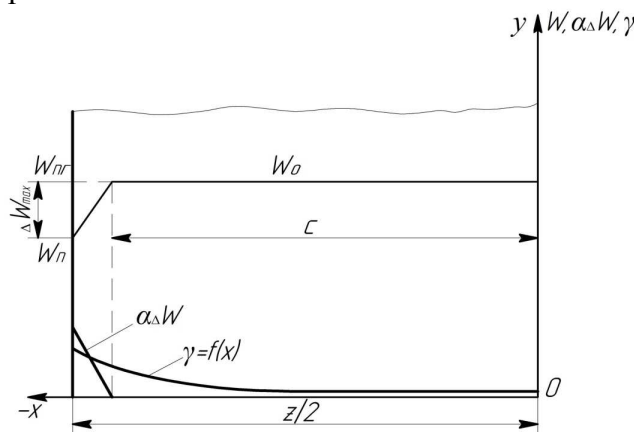


Рис. 1. Схема до розрахунку вологісних напружень за довжиною дошки: $Z/2$ – довжина сортименту; C – величина внутрішньої зони; ΔW перепад вологості; W_0 – початкова вологість; $\alpha \Delta W$ – величина всихання; $\gamma = f(x)$ – величина усадки

Основні рівняння для цієї статично невизначеної задачі такі:

Рівняння статички в інтегральній формі:

$$\sum y = 0 \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \sigma dx = 0, \tag{1}$$

$$\sum M_0 = 0 \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \sigma x dx = 0. \quad (2)$$

Рівняння деформацій:

$$\varepsilon = \alpha \Delta W - \gamma, \quad (3)$$

де ε – деформація;

α – коефіцієнт всихання;

$\Delta W = W_0 - W_x$ – перепад вологості;

γ – врівноважена деформація.

Величиною врівноваженої деформації є відносна усадка, що визначається з виразу:

$$\gamma = \frac{l_n - l_0}{l_n}, \quad (4)$$

де l_n , l_0 – початкова та дійсна довжина шару.

Для спрощення задачі прийемо, що модуль пружності не змінюється за товщиною та довжиною сортименту.

Розглянемо початковий період сушіння пиломатеріалів, коли вологість у поверхневих шарах торця знижується за межу гігроскопічності. Розподіл вологості за довжиною дошки можливо прийняти у вигляді симетричної відносно осі «у» ломаної лінії, похилої у поверхневих шарах та горизонтальної, рівною W_{mg} у внутрішній зоні.

Тоді функція перепаду вологості запишеться таким чином:

$$\Delta W = \begin{cases} \frac{\Delta W_{\max}}{c - \frac{L}{2}} (x + c); n_{pu} - \frac{L}{2} \leq x \leq -c \\ 0; n_{pu} - c \leq x \leq +c \\ \frac{\Delta W_{\max}}{c - \frac{L}{2}} (x - c); n_{pu} + c \leq x \leq +\frac{L}{2} \end{cases}, \quad (5)$$

де $\Delta W = W_{m2} - W_x$; $\Delta W_{max} = W_{m2} - W_n$;

c – глибина внутрішньої зони з вологістю нижче межі гігроскопічності.

Раніше в розрахунки вологісних напружень приймалися аналогічно гіпотезі плоских перетинів, коли функція врівноваженої деформації прямолінійна. Тоді напруження у внутрішній зоні матеріалу були постійними і не залежали від відстані до торця [3].

Характер усадки в сортиментах напівобмеженої форми, виявлений нами, показує, що у реальному матеріалі усадка суттєво залежить від відстані до торця. Ця залежність може описуватись логарифмічною кривою $\gamma = a \lg x + b$, де a і b – коефіцієнти; x – відстань від торця сортименту.

Тоді, використовуючи першу та другу умову рівноваги, можна записати:

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} E(\alpha \Delta W - a \lg x - b) dx = 0,$$

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} E(\alpha \Delta W - a \lg x - b) x dx = 0.$$

Після інтегрування та перетворень знаходимо:

$$\gamma = \alpha \Delta W_{\max} \left[\frac{\left(L^2 + 2Lc - 8c^2 \right) \left(\ln x - \ln \frac{L}{2} + 1 \right)}{3L^2} + \frac{\frac{L}{2} - c}{L} \right],$$

$$\sigma = E \alpha \Delta W_{\max} \left[\frac{x - c}{\frac{L}{2} - c} - \frac{\left(L^2 + 2Lc - 8c^2 \right) \left(\ln x - \ln \frac{L}{2} + 1 \right)}{3L^2} + \frac{\frac{L}{2} - c}{L} \right].$$

Розрахунки проведені за цією формулою і відомими залежностями, показують, що під час врахування реального розподілення усадки на епюрі напружень виникає максимум на ділянці напружень стиску в зоні торця. При цьому напруження у цій зоні в два рази більші порівняно з центральною частиною сортименту (рис. 2).

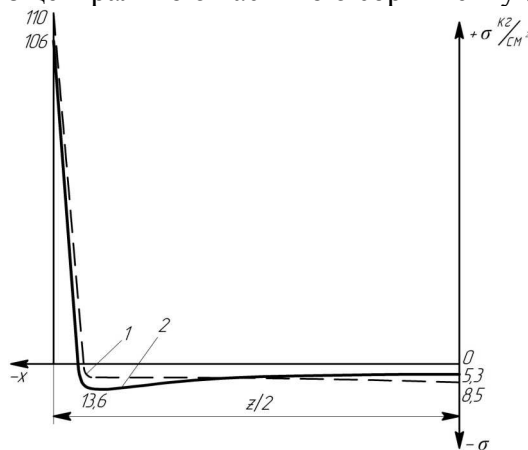


Рис. 2. Епюра напружень за довжиною пиломатеріалів на початковій стадії процесу сушіння:
1 – при $\gamma = \text{Const}$; 2 – при $\gamma = \text{alg}x + b$

Аналіз деформацій деревини у поздовжньому та поперечному напрямках сортименту дає уявлення щодо характеру напруженого стану у торцевій ділянці пиломатеріалу. Аналогічно характеру розповсюдження пружних деформацій можливо передбачити розвиток торцевих тріщин у пиломатеріалах. При висиханні поверхневої зони торця сортименту напруження розтягу захоплюють більшу область за довжиною дошки, углиблюючись від торця. Такий розвиток напружень розтягу може пояснити динаміку просування тріщин від торця вглиб сортименту під дією цих напружень. Відповідно до зниження градієнта вологості і збільшення залишкових деформацій розтягу в поверхневій зоні напруження розтягу зменшуються, що призводить до сповільнення росту поверхневих тріщин.

Друга стадія процесу сушіння характеризується виникненням напружень розтягу у внутрішній зоні пиломатеріалів, що сприяє появі внутрішніх тріщин – найбільш небезпечного дефекту сушіння деревини твердих листяних порід. Вони переважно розташовані у торцевій зоні сортименту. Тобто причина їх виникнення обумовлена впливом торця пиломатеріалу (рис. 3).

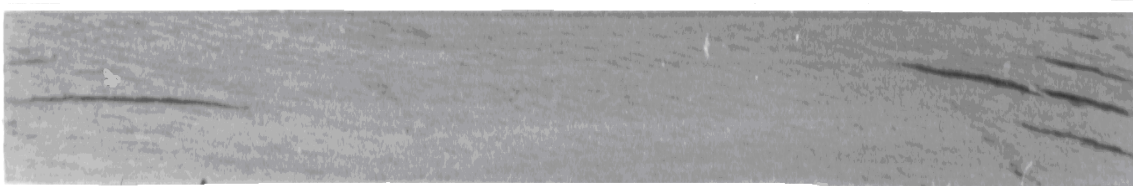


Рис. 3. Зразок дубової заготовки перетином 40 x 40 мм, розрізаної вздовж її осі

Як видно з рис. 3, поверхневі торцеві тріщини, що виникли під час порушення режимних параметрів процесу сушіння на початковій його стадії, закрились з поверхні, а під час продовження процесу сушіння і вирівнюванні вологості, у кінці процесу перетворились у внутрішні.

Висновки і пропозиції.

1. Нерівномірне поле вологості у подовженому напрямку сортименту призводить до виникнення деформацій деревини, які за своєю величиною переважають відповідні деформації у поперечному напрямку. Це є першопричиною появи поверхневих торцевих тріщин.

2. Показано, що безпека виникнення внутрішніх тріщин у торцевій зоні вище, ніж у центральній частині заготовки, а їх утворення в більшості випадків можна розглядати як подовження поверхневих торцевих тріщин.

Список використаних джерел

1. Кречетов И. В. Сушка древесины / И. В. Кречетов. – М. : Бриз, 1997. – 496 с.
2. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б. Н. Уголев. – М. : Лесная пром-сть, 1971. – 176 с.
3. Акишенков С. И. Аналитическое определение внутренних напряжений в приторцовых зонах досок при их сушке / С. И. Акишенков // Материалы научно-технической конференции ЛТА. – Л., 1971. – С. 67-69.

УДК 674.09:674.093

Н.В. Марченко, канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТИ ТЕХНОЛОГІЇ ПИЛЯННЯ ДЕРЕВИНИ НА РАДІАЛЬНІ ПИЛОМАТЕРІАЛИ

Н.В. Марченко, канд. техн. наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НА РАДИАЛЬНЫЕ ПИЛОМАТЕРИАЛЫ

Nataliia Marchenko, PhD in Technical Sciences

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

FEATURES OF TECHNOLOGY OF SAWING OF WOOD ON RADIAL SAW-TIMBERS

Розроблено модель модернізації механізму подачі та позиціонування стрічкопиляльних верстатів горизонтального типу для виробництва радіальних пиломатеріалів з деревини. Запропонована модель є одним з варіантів виробництва пиломатеріалів виключно радіального виду пиляння з круглих лісоматеріалів.

Ключові слова: радіальні пиломатеріали, горизонтальний стрічкопиляльний верстат, сектор, механізм подачі, рольганг.

Разработана модель модернизации механизма подачи и позиционирования ленточнопильных станков горизонтального типа для производства радиальных пиломатериалов из древесины. Предложенная модель есть одним из вариантов производства пиломатериалов исключительно радиального вида распиловки из круглых лесоматериалов.

Ключевые слова: радиальные пиломатериалы, горизонтальный ленточнопильный станок, сектор, механизм подачи, рольганг.

The model of modernization of infeed and positioning of band sawing machine-tools of horizontal type is worked out for the production of radial saw-timbers from wood. An offer model is one of variants of production of saw-timbers of exceptionally radial type of sawing from round commercial timbers.

Key words: radial saw-timbers, horizontal band sawing machine-tools, sector, infeed.

Постановка наукової проблеми. Сьогодні найбільша увага в технології лісопиляння приділяється схемам розкрою колод на основі індивідуального способу пиляння круглих лісоматеріалів [1; 2]. Пиляння колод цим способом здійснюється на стрічкопиляльних і круглопиляльних верстатах [3]. До того ж саме стрічкопиляльні верстати горизонтального типу за рахунок малої ширини пропилу в країнах з невеликими сировинними запасами займають лідируючу позицію.