

ДО РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ СУШІННІ КРУГЛИХ СОРТИМЕНТІВ

TO THE CALCULATION OF INTERNAL STRESSES DURING ROUND TIMBER DRYING

д.т.н. проф. Пінчевська О.О., к.т.н., доц. Головач В.М., асистент Буйських Н.В. (Національний університет біоресурсів і природокористування України)
Pinchevska O.O. , Golovach V.M., Byiskikh N.V. (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine)

Анотація

Приведено аналіз внутрішніх напружень в деревині при її сушінні та їх розрахунок на базі сучасної обчислювальної техніки

Summary

The analysis of internal stresses in the wood during it's drying and their calculation on the basis of modern computing are given

Останнім часом все більшої популярності набуває дерев'яне домобудування, причому з усього різноманіття конструкцій будинки з оциліндрованого бруса та зруби становлять біля 50%. Технологія їх спорудження передбачає 1-3-х річну витримку після першого збирання для висихання деревини. Отже, якщо розробити технологію підсушування круглих сортиментів, то можна уникнути довготривалого «заморожування» інвестицій.

Основною вимогою до висушених круглих сортиментів є відсутність тріщин, через які втрачається тепло. Крім того, тріщини є «гніздом» для поселення комах і грибів, які в подальшій експлуатації можуть зруйнувати будинок. Відомо, що причиною утворення поверхневих тріщин є перебільшення сушильними напруженнями межі міцності на розтяг поперек волокон.

Повні внутрішні напруження в деревині можна розглядати як сукупність двох складових — вологісних і залишкових. Вологісні напруження викликані неоднорідним всиханням матеріалу, обумовленим у свою чергу нерівномірним розподілом у ньому гігроскопічної вологи. Залишкові напруження обумовлені появою в деревині неоднорідних залишкових деформацій. На відміну від вологісних вони не зникають при вирівнюванні вологості й спостерігаються як під час сушіння, так і після його завершення.

Інформація про внутрішні напруження дозволяє вчасно корегувати процес сушіння деревини й тим самим не знижувати вихідної якості сировини.

Дослідженням внутрішніх напружень в деревині займалося багато вчених, величезний внесок в трактування природи їх виникнення, розроблення методів їх кількісного визначення вніс професор Б.Н.Уголев [1,2,3]. Проте, традиційно вивчалися внутрішні напруження для промислових сортиментів, які мають прямокутний перетин.

В роботі [4] наведена спроба розрахунку внутрішніх напружень в тангенціальному напрямку сортиментів круглого перетину за рівнянням професора М.Н.Феллера [5] для умови параболічного розподілу вологи за перетином та співпадіння центру анізотропії з центром кола, що обмежує поперечний перетин зразка. Отримані розрахунки дозволили визначити максимально можливий перепад вологості за перетином сортименту певного діаметру при якому тріщини не утворюються. Однак, для побудови дерев'яного будинку використовуються сортименти різних діаметрів, що залежить від кліматичної зони і для вітчизняних умов вони коливаються, як правило, від 22 см до 30 см.

Для визначення величини внутрішніх напружень в круглих сортиментах різного діаметру нами пропонується розрахунок, який базується на використанні сучасної обчислювальної техніки та математичного програмного забезпечення. Це дозволяє оперативнo обчислювати внутрішні напруження на персональному комп'ютері, а також дає можливість запрограмувати алгоритм розрахунку безпосередньо в мікропроцесор технологічної автоматики, яка керує процесом сушіння деревини. При цьому можливо застосування імітаційного моделювання для визначення оптимальних технологічних режимів сушіння.

У результаті розрахунків необхідно знайти внутрішні напруження σ_r , що виникають при висиханні деревини зразка радіусом r на відстані l від центру. У розрахунок входять також наступні величини: коефіцієнти всихання в тангенціальному та радіальному напрямках k_θ , k_r , модуль пружності в тангентальному напрямку E_θ , МПа, перепад вологості $(W_u - W_n)$, %, між центром та поверхнею.

Нижче наведений варіант алгоритму розрахунку внутрішніх напружень, що може бути реалізований на ЕОМ. Порядок розрахунку подано у вигляді ряду послідовних операцій:

– Визначання відповідно певного радіусу r , сортименту, довжини можливих тріщин Y_1 , Y_2 , Y_3 , причому діапазони прийнятих

значень залежать від необхідної точності розрахунків. Для цього використовується три сімейства функцій:

$$\begin{aligned} Y_{11} &= a_{11} + e^{1-l}; Y_{12} = a_{12} + e^{1-l}; \dots Y_{1m} = a_{1m} + e^{1-l} \\ Y_{21} &= a_{21} + e^{1-l}; Y_{22} = a_{22} + e^{1-l}; \dots Y_{2m} = a_{2m} + e^{1-l} \\ Y_{31} &= a_{31} + e^{1-l}; Y_{32} = a_{32} + e^{1-l}; \dots Y_{3m} = a_{3m} + e^{1-l} \end{aligned} \quad (1)$$

– Для розрахунку деформацій, що виникають під дією дотичних та нормальних напружень визначаються значення двох величин $Y_{1i}Y_{2i}$ і $Y_{2i}Y_{3i}$, які знаходять з двовимірних матриць (рис.2), що є аналогами масивів $M[Y1, Y2]$ та $M[Y2, Y3]$ побудованих по значеннях Y_1, Y_2 та Y_3 .

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $Y_{10} Y_{20} \dots Y_{10} Y_{2n}$ | $Y_{20} Y_{30} \dots Y_{20} Y_{3n}$ |
| $Y_{1n} Y_{2n} \dots Y_{1n} Y_{2n}$ | $Y_{2n} Y_{3n} \dots Y_{2n} Y_{3n}$ |

Рис.2. Двовимірні матриці

Блок - схема розрахунку внутрішніх напружень наведена на рис.3.

Показані на блок схемі обчислення величин $Y_0, Y_1 \dots Y_9$ проводяться аналогічним чином обчислення величин Y_1, Y_2, Y_3 , з сімейства функцій типу $Y=A+e^{1-l}$. Різниця – тільки у виді сімейств функцій, які представлені як лінійні залежності: $Y_i=A_i + mX$ і відрізняються одна від одної тільки коефіцієнтами A та m . Функції відображують залежність вибраної відстані від поверхні, де розраховуються внутрішні напруження, коефіцієнтів всихання, модуля пружності в тангентальному напрямку та перепаду вологості між центром та поверхнею.

Значення величини внутрішніх напружень деревини в процесі сушіння та після її закінчення є корисними для подальших досліджень теорії внутрішніх напружень у деревині та матиме певне прикладне значення при конкретному використанні в технологічному процесі сушіння деревини.

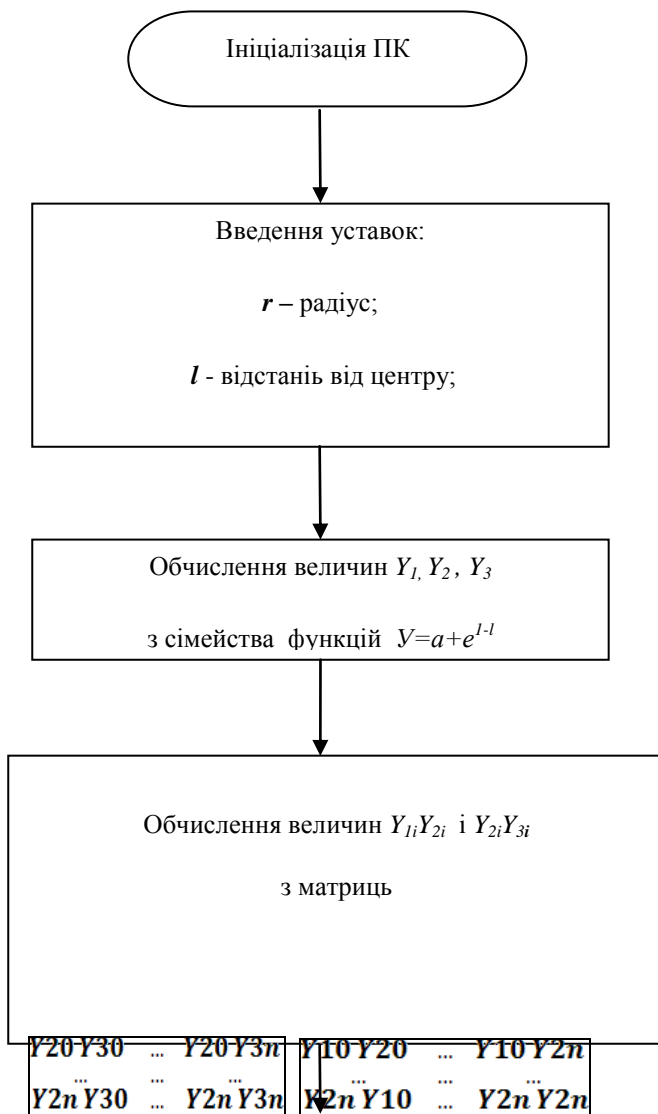


Рис.3. Блок - схема розрахунку сушильних напружень в круглих сортиментах

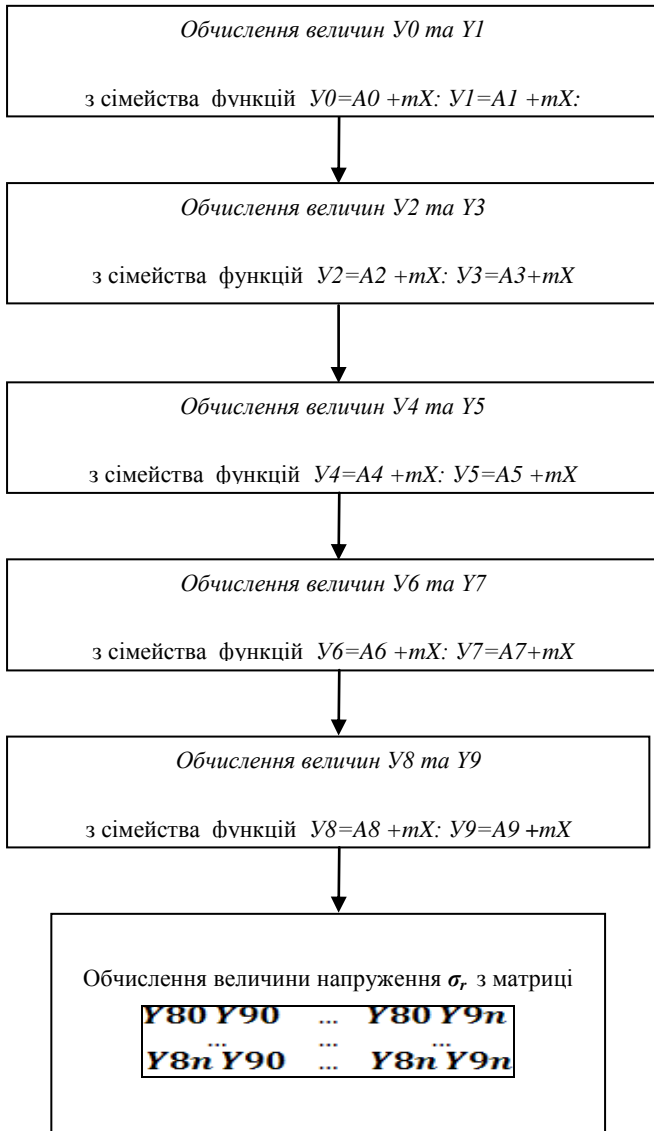


Рис.3. Блок - схема розрахунку сушильних напружень в круглих сортиментах (закінчення)

Контроль за внутрішніми напруженнями деревини під час її сушіння можна вести за допомогою температурного методу виміру вологості. Цей метод дає можливість стежити за зміною перепаду температур між поверхневими й центральними шарами.

Гradient температури за перетином матеріалу опосередковано відображує внутрішні напруження в матеріалі під час сушінні. Для того щоб одержати картину перепаду вологості за перетином пиломатеріалу одночасно підключають два термометри: один на поверхні, другий - у центрі зразка, що висушується. Різниця показань термометрів обумовлена градієнтом вологості. За його величиною можна судити про напруження, що розвиваються в деревині: чим більше перепад температур між поверхневими та центральними шарами, тим небезпечнішим є величина напружень в зовнішньому шарі сортименту. У той же час термометр центрального шару буде відображати поточну вологість сортименту.

На початковому етапі сушіння поверхневий шар матеріалу досить швидко досягає рівноважної вологості і температура поверхневого шару приблизно дорівнюватиме температурі агента сушіння. Отже, вимірюючи перепад температур двома термометрами: першим, установленим в сушильній камері (температура t_c) і другим, вмонтованим в центр сортименту, можна регулювати заданий температурний перепад Δt , тим самим забезпечуючи оптимізацію процесу з урахуванням напружень, що виникають при видаленні вологи з матеріалу.

Запропонований метод розрахунку внутрішніх напружень дозволить проводити дослідження впливу різних способів і режимів сушіння на величину залишкових напружень у матеріалі.

Розроблення способу вимірювання внутрішніх напружень у деревині протягом сушіння дасть можливість регулювати процес по напруженням, що забезпечить його якісне проведення та зменшення тривалості.

Список літератури

1. Уголев Б.Н. Внутренние напряжения в древесине при ее сушке / Б.Н.Уголев. - М. - Л.: Гослесбумиздат, 1959. - 116 с.
2. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б.Н.Уголев. - М.: Лесная пром-сть, 1971. - 176 с.
3. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н.Уголев, Ю.Г.Лапшин, Е.В.Кротов. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 208 с.
4. Пинчевская Е.А. Образование трещин усушки в круглых лесоматериалах / Е.А.Пинчевская, Н.В.Буйских // Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Forestry and Wood Technology. - 2011. - №73. - С. 198-201.
5. Феллер М.Н. Метод расчета коробления, усушки и разбухания / М.Н.Феллер, В.А.Шевченко // Бумажная и деревообрабатывающая промышленность, - 1963.- №1, - С.3-4.