

5. Kunsheng Z. Biotechnology and food science / Z. Kunsheng, L. Yangyang, R. Yunxia // Journal of Food Engineering, 2007. – №79, P. 1233–1237.
6. Sun X. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives / X. Sun, K. Bian // JAOCS, 1999. – vol.76, №8 – P. 977-980.
7. Wang W. A soy-based adhesive from basic modification / W. Wang, X. Li, X Zhang // Pigment and Resin Technology, 2008. – 37/2 – P.93-95.
8. Li F. Soy flour adhesive modified with urea, citric acid and boric acid / F. Li, X. Li, W. Wang // Pigment and Resin Technology, 2010. – 39/4 – P.223-227.
9. Cheng E. Adhesive properties of modified soybean flour in wheat straw particleboard / E. Cheng, X. Sun, G. Karr // Composite A: Appl. Science Manufacture 2004, – 35 – P.297-302.

Проанализировано возможность применения соевых протеинов для производства древесных композиционных материалов, в частности фанеры, стружечных и соломенных плит. Сформированы основные преимущества и недостатки применения клеев на основе соевых протеинов.

Соевый протеин, древесные композиционные материалы, клеи.

In paper we consider the possibility of the using soy proteins for the wood composite materials production, such as plywood, particleboards and strawboards. The main advantages and disadvantages of adhesives based on soy protein have been formed.

Soy protein, wood composites, adhesives

УДК 674.047

ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ

О.О. Пінчевська, доктор технічних наук

В.М. Головач, кандидат технічних наук

Н.В. Буйських, асистент

Наведені результати розрахунків з використанням математичного програмного забезпечення сушильних напружень в круглих лісоматеріалах. Описано спосіб контролю їх величини.

Круглі лісоматеріали, технологія сушіння, сушильні напруження, контроль процесу.

Зростаючий попит на дерев'яні будинки вимагає вдосконалення існуючих та розроблення нових технологій. Більш

© О.О. Пінчевська, В.М. Головач, Н.В. Буйських, 2013

дорогими, екологобезпечними є так звані «дикі зруби», тобто будинки з колод, в яких зберігається природна форма і кора видаляється вручну. Переваги таких споруд є очевидними, тим більше, що вони нагадують аутентичні дерев'яні будівлі. Собівартість таких будинків є високою і це пов'язано не лише з технологією виготовлення, але й довготривалим заморожуванням інвестицій, оскільки для встановлення столярних виробів (вікон, дверей тощо), введення будинку в експлуатацію необхідно дати йому можливість стабілізувати свої розміри. Процес витримки для висихання деревини триває 1-3 роки після першого збирання залежно від розмірів та породи круглих лісоматеріалів. Отже, для уникнення цього доцільною є розробка технології сушіння круглих сортиментів.

Мета досліджень – розробка технології бездефектного сушіння круглого лісу.

Методика досліджень – використано традиційний підхід до розроблення бездефектного сушіння за вибором раціонального режиму обробки деревини. Він полягає в розрахунку критерію безпеки, шляхом співставленні розрахункових сушільних напружень у висушуваному пиломатеріалі з межею міцності на розтяг поперек волокон [1]. Для розрахунку напружень в круглому сортименті нами використано імітаційне моделювання процесу сушіння на базі програмного забезпечення на мові програмування TurboPascal.

Результати досліджень. Запропонований розрахунок внутрішніх напружень базується на використанні сучасної обчислювальної техніки та математичного програмного забезпечення. Це дозволяє оперативно обчислювати внутрішні напруження на персональному комп'ютері, а також дає можливість запрограмувати алгоритм розрахунку безпосередньо в мікропроцесор технологічної автоматики, яка керує процесом сушіння. Для розрахунку величини внутрішніх напружень в круглих сортиментах σ_r , що виникають при висиханні деревини зразка радіусом r на відстані l від центру входять наступні величини: коефіцієнти всихання в тангенціальному та радіальному напрямках k_θ , k_r , модуль пружності в тангентальному напрямку E_θ , МПа, перепад вологості $\Delta W = (W_u - W_n)$, між центром та поверхнею.

Нижче наведений варіант алгоритму розрахунку сушільних напружень, що може бути цифровою моделлю розрахунку внутрішніх напружень у процесі сушіння круглих матеріалів та реалізований на ЕОМ. Порядок розрахунку подано у вигляді ряду послідовних операцій:

– Визначається радіус r зразка, відстань l від центру, перепад вологості ΔW між центром та поверхнею, різниця коефіцієнтів всихання $(3k_\theta - k_r)$ та $(k_\theta - k_r)$.

– Визначення функцій Y_{1i} , Y_{2i} , Y_{3i} для певного радіусу r та відстані l від центру значення. Для цього використовується три сімейства функцій по m функцій в кожному сімействі:

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

За значеннями сімейства функцій Y_{1i} , Y_{2i} , Y_{3i} побудовані двовірні масиви $M11[Li, Ri]$, $M12[Li, Ri]$, $M13[Li, Ri]$, які у вигляді двовірних матриць показані на рис.1. За ними знаходять величини перепаду вологості для будь-яких поєднань радіусів r та відстані l від центру.

$$\begin{array}{ccccccc} M12[L_1, R_1] & \dots & M12[L_1, R_m] & M13[L_1, R_1] & \dots & M13[L_1, R_m] & M11[L_1, R_1] & \dots & M11[L_1, R_m] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M12[L_m, R_1] & \dots & M12[L_m, R_m] & M13[L_m, R_1] & \dots & M13[L_m, R_m] & M11[L_m, R_1] & \dots & M11[L_m, R_m] \end{array}$$

Рис. 1. Двовірні матриці.

$$\begin{array}{ccc} M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{3m}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{3m}] \\ M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{31}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{11}, Y_{2m}, Y_{3m}] \\ M21[Y_{11}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] \\ \dots & \dots & \dots \\ M21[Y_{1m}, Y_{21}, Y_{31}] & \dots & M21[Y_{1m}, Y_{2m}, Y_{31}] \end{array}$$

Рис. 2. Тривірні матриця.

– Для розрахунку деформацій, що виникають під дією дотичних та нормальних напружень визначають значення двох величин Y_{1k} і Y_{2k} , які знаходять з тривірного масиву $M21[Y_{1i}, Y_{2i}, Y_{3i}]$ (рис. 2), отриманого з сімейства функцій аналогічних сімейству функцій (1).

– По значеннях Y_{1k} і Y_{2k} за допомогою двовірних масивів визначають аналогічним чином значення функцій залежності величини внутрішніх напружень σ_r від коефіцієнтів всихання $(3k_\theta - k_r)$ та $(k_\theta - k_r)$, перепаду вологості ΔW та модуля пружності в тангентальному напрямку E_θ .

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

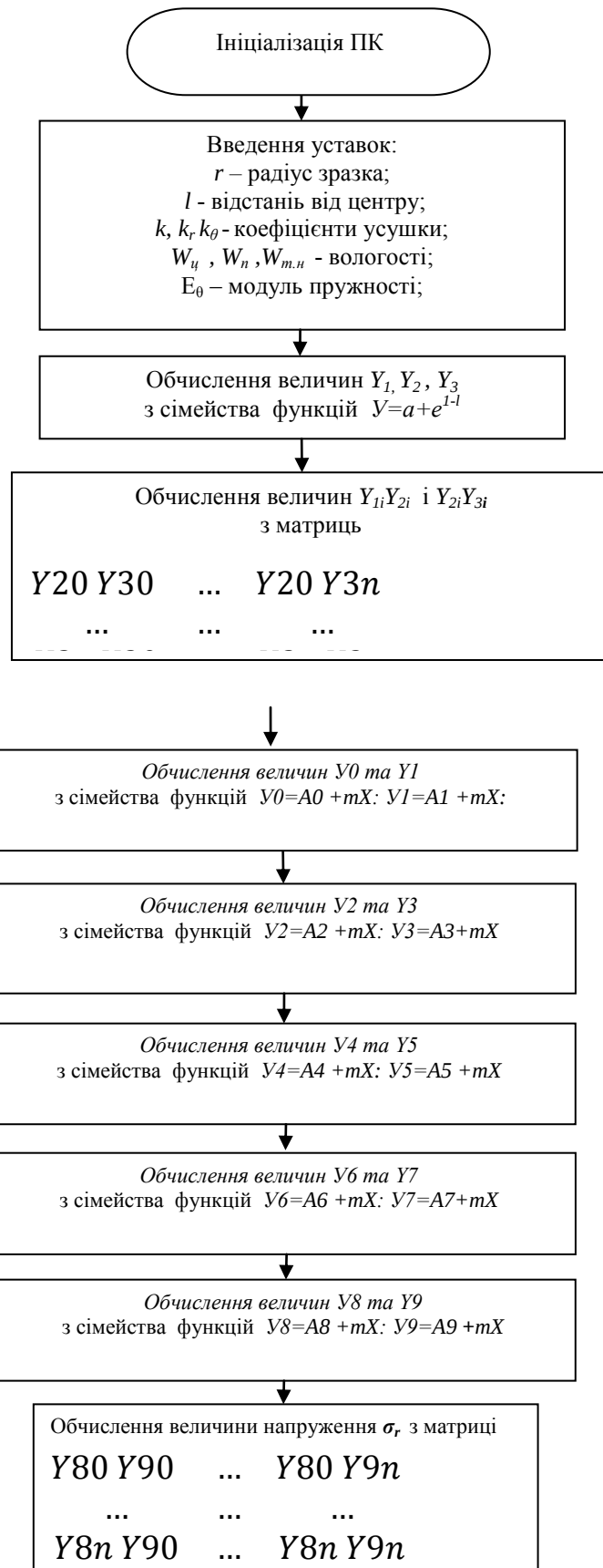


Рис. 3. Блок-схема розрахунку сушильних напружень в круглих сортиментах.

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 $Y=A+e^{1-i}$. 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.

На рис. 4 наведено інтерфейс програми розрахунку внутрішніх напружень.

- ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ - v.03

R - радіус зразка, см = 15

Xi - відстань від центра зразка до точки напруження, см = 4

Mc - вологість деревини в центрі зразка, % = 25

Mp - вологість деревини на поверхні зразка, % = 12

E - модуль пружності в тангентальному напрямку, Н/см2 = 50000

Kr - коефіцієнт радіальної усушки = 0.2

Kt - коефіцієнт тангентальної усушки = 0.3

Внутрішні напруження, Sr=-98.4 Н/см2

Внутрішні напруження, St=-471.5 перевищують межу міцності=330 Н/см2

Рис. 4. Інтерфейс програми розрахунку внутрішніх напружень.

За наявності значень радіуса зразка деревини, вологості в центрі та на відстані за допомогою програми можна оперативно отримати значення прогнозованих внутрішніх напружень. На рис. 5 показано фрагмент лістингу програми розрахунку внутрішніх напружень, написаної мовою програмування TurboPascal.

```

Procedure Mas_01 (var Xi:mas; m:integer);(input Mas_01)
begin
  X1[1,4]:= 0.05; X1[2,4]:= 0.3; X1[3,4]:=0.5; X1[4,4]:= 0.8; X1[5,4]:=
  X1[1,6]:= 0.00; X1[2,6]:= 0.1; X1[3,6]:=0.2; X1[4,6]:= 0.4; X1[5,6]:=
  X1[1,8]:= 0.00; X1[2,8]:= 0.05; X1[3,8]:=0.12; X1[4,8]:= 0.2; X1[5,8]:=
  X1[3,10]:= 0.07; X1[4,10]:= 0.14; X1[5,10]:=0.2; X1[6,10]:=0.3; X1[8,10]:=
  X1[3,12]:= 0.05; X1[4,12]:= 0.08; X1[5,12]:=0.14; X1[6,12]:=0.2; X1[8,12]:=
  X1[4,14]:= 0.07; X1[5,14]:= 0.1; X1[6,14]:=0.15; X1[8,14]:=0.25; X1[10,14]:=
  X1[4,16]:= 0.05; X1[5,16]:= 0.07; X1[6,16]:=0.12; X1[8,16]:=0.2; X1[10,16]:=
  X1[5,18]:= 0.06; X1[6,18]:= 0.08; X1[8,18]:=0.2; X1[10,18]:=0.25; X1[12,18]:=
  X1[6,22]:= 0.05; X1[8,22]:= 0.08; X1[10,22]:=0.16; X1[12,22]:=0.25; X1[14,22]:=
  X1[8,26]:= 0.08; X1[10,26]:=0.12; X1[12,26]:=0.18; X1[14,26]:=0.26; X1[16,26]:=
  X1[10,30]:=0.08; X1[12,30]:=0.14; X1[14,30]:=0.23; X1[16,30]:=0.27; X1[20,30]:=
end;

Procedure CalcMat1(var Xi,r:integer);(calc. value X1[Xi,r],Xi-from center, r-r
begin
  ClrScr;
  TextMode(3);
  TextBackGround(3);

```

Рис. 5. Фрагмент лістингу програми розрахунку внутрішніх напружень.

Приклад результатів розрахунків залежності внутрішніх напружень σ_r та σ_θ від відстані точки напруження від центру зразка наведено на рис. 6.



Рис. 6. Залежності ($\sigma_r = f(x_i)$, $\sigma_t = f(x_i)$) внутрішніх напружень σ_r та σ_t від відстані x_i точки напруження від центру зразка деревини (при фіксованих: $W_{\text{ц}} = 15$ см; $W_{\text{п}} = 12$ см; $E_r = 50000$ Н/см²; $k_r = 0,2$; $k_\theta = 0,3$).

Гradient вологості за перетином матеріалу опосередковано відображує внутрішні напруження в матеріалі під час сушіння, тому контроль за внутрішніми напруженнями деревини під час її сушіння можна вести за допомогою виміру вологості. Для того, щоб одержати інформацію про перепад вологості ΔW за перетином пиломатеріалу одночасно підключають два вологоміри: один на поверхні, другий - у центрі зразка, що висушується.

За отриманою величиною ΔW можна судити про напруження, що розвиваються в деревині: чим більше перепад вологості між поверхневими та центральними шарами, тим небезпечнішою є величина напружень в зовнішньому шарі сортименту. У той же час вологість 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 ΔW двома вологомірами: першим, встановленим на поверхні сортименту і другим, вмонтованим в центр сортименту, можна регулювати перепад вологості, тим самим забезпечуючи оптимізацію процесу з урахуванням напружень, що виникають при видаленні вологи з матеріалу.

На рис. 7 приведено блок схему запропонованого авторами методу контролю та регулювання процесу сушіння колод за

допомогою неперервного контролювання вологості деревини на поверхні та в центрі сортименту.

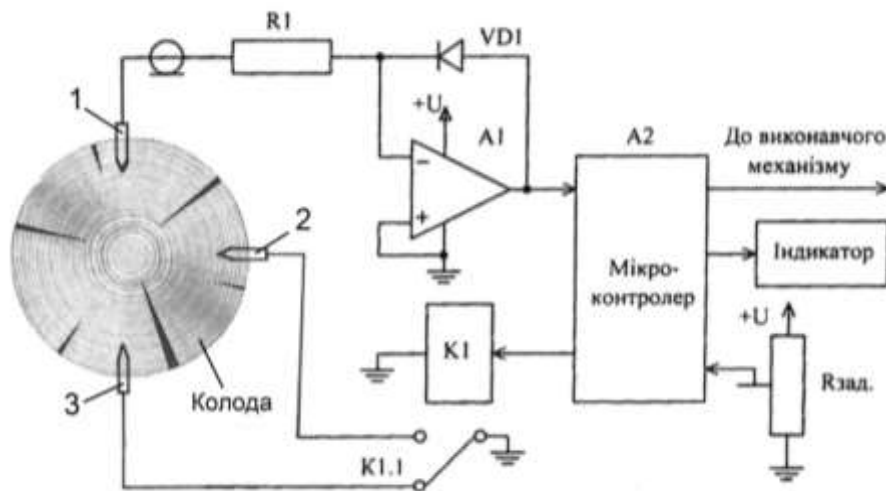


Рис. 7. Блок схема методу контролю та регулювання процесу сушіння колод.

Сушіння лісоматеріалів здійснюється в такий спосіб. На колоді встановлюють електроди 1, 2 та 3. Електрод 1 підключають до входу вимірювальної схеми, виконаної у вигляді логарифмічного підсилювача A1. Електроди 2 і 3 по чергово з'єднують через перемикач K1.1 із загальним дротом ("землею") вимірювальної схеми. При підключенні електрода 2 через перемикач K1.1 до загального дроту ("землі"), на електроді 1 одержуємо електричні сигнали пропорційні вологості верхнього шару лісоматеріалу. Аналогічно, підключивши електрод 3 до загального дроту схеми, одержуємо на електроді 1 електричні сигнали пропорційні вологості лісоматеріалу по перетину. Різницю сигналів використовуємо для керування режимом сушіння деревини. При перевищенні різниці вологості вище припустимої по технологічному режиму, зменшуємо температуру сушильного агента або збільшуємо його вологовміст.

Для автоматизації процесу сушіння припустиму різницю сигналів задають задатчиком Rзд. за показниками індикатора які підключені до мікроконтролера A2. Сигнали з виходу вимірювальної схеми A1 подають на вхід мікроконтролера, що видає сигнали керування на реле K1 для перемикання електродів 2 і 3 контактами K1.1 і сигнали керування на виконавчі механізми зволожувача та нагрівача сушильного агента сушарки.

Корегування технологічного процесу сушіння шляхом зволоження лісоматеріалу чи припинення його нагрівання в процесі сушіння за допомогою пропонованого способу дозволить запобігти розтріскуванню деревини та вести технологічний процес максимально інтенсивно при високій якості сушіння.

Висновки

1. Запропоновано метод розрахунку та контролю внутрішніх напружень в круглих лісоматеріалах, що дозволяє проводити дослідження впливу різних способів і режимів сушіння для забезпечення бездефектного проведення процесу.

2. Розроблено спосіб вимірювання внутрішніх напружень в круглих сортиментах протягом сушіння, який дає можливість регулювати процес по напруженнях, що забезпечить його якісне проведення та зменшення тривалості.

Список літератури

1. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.

Приведены результаты расчетов с использованием математического программного обеспечения сушильных напряжений в круглых лесоматериалах. Описан способ контроля их величины.

Круглые лесоматериалы, технология сушки, сушильные напряжения, контроль процесса.

The results of drying stresses calculations with the use of mathematical software in round timber are given. Way to control them is described.

Round timbers, drying technology, drying stresses, process control.

УДК 674.047

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ДУБОВИХ ЗАГОТОВОК НА ПІДПРИЄМСТВІ ТОВ «ЮРО ЛАМБЕР»

***О.О. Пінчевська, доктор технічних наук
Р.М. Коробко, студент***

Наведені результати досліджень якості сушіння дубових заготовок в конвекційних сушарках. Виявлені порушення технології, які призвели до низької якості сушіння та зниженню продуктивності камер.

Дубові заготовки, конвекційні сушарки, якість сушіння.

© О.О. Пінчевська, Р.М. Коробко, 2013