

На завершення варто відзначити, що створення цієї експериментальної установки, проведення попередніх замірів і побудови на їх основі характеристик вважається необхідною передумовою для проведення наступних досліджень. Після проведення серії експериментів та оброблення результатів можна буде порівняти отримані результати із результатами комп'ютерного моделювання.

Література

1. Шостак В.В., Климаш Р.Р. Перспективна конструкція аспіраційної системи повітроочищення на деревообробних підприємствах// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць – Львів: УкрДЛТУ. – 2007, вип. 17.6. – С. 82-87.
2. Вахвахов Г.Г. Работа вентиляторов в сети. – М.: Стройиздат, 1975. – 102 с.
3. ISO 5801. Industrial fans. Performance testing using standardized airways.
4. ГОСТ 10921-90. "Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний". – 20 с.
5. ГОСТ 12.3.018-79. Методы аэродинамических испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.

УДК 674.047

Ст. викл. М.В. Дендюк – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ І ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ВИСУШУВАНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Розроблено методику та схему системи контролю і прогнозування напружень під час сушіння деревини.

Senior teacher M.V. Dendyuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Method of control and prognostication of the tensions of the dried timbers

The method and scheme of system of control and prognostication of tensions during drying of wood is developed.

Актуальність дослідження. Для регулювання процесів гідротермічної обробки капілярно-пористих гігроскопічних матеріалів, які тривають від декількох годин до декількох діб, найбільш доцільними є системи автоматичного контролю і регулювання із програмним керуванням [1, 2]. Теорія автоматичного керування, залучаючи нові наукові концепції, здобутки фізики і математики, базуючись на інформаційних (комп'ютерних) технологіях, переходить до інтелектуалізації засобів керування [3, 4]. Отже, сучасна тенденція розвитку автоматичних систем керування полягає у максимальному використанні комп'ютерних технологій за рахунок глобального аналізу і розширення інтелектуалізації для формування баз даних про просторово-часову структуру об'єкта керування [4].

Система контролю і прогнозування напружень під час сушіння деревини. Контролювати напруження, які виникають у процесі сушіння деревини за рахунок нерівномірного розподілу вологи як основного чинника короблення і тріщиноутворення, можна двома шляхами:

- непрямым шляхом – перераховувати в ході технологічного процесу сушіння величину напружень залежно від вимірних значень вологовмісту, усадки тощо за відповідними методиками, оскільки прямих методів вимірювання напружень на сьогодні немає;

- моделюванням розвитку величини напружень із застосуванням ЕОМ до початку технологічного процесу з метою прогнозування можливих величин напружень та обґрунтування раціональних параметрів технологічного процесу.

У обох випадках для адекватної оцінки величини напружень необхідні математичні моделі, які б враховували залежність вологісних і напружено-деформівних полів, що виникають у процесі сушіння пиломатеріалів, від основних фізико-механічних характеристик матеріалу (модулів пружності, параметрів ядер релаксації, густини, геометричних розмірів тощо), а також параметрів технологічного процесу (температури, вологості і швидкості руху теплоносія).

Моделювання технологічного процесу є більш доцільним, оскільки ще до його початку можна оцінити величини напружень, що виникатимуть за заданих параметрів технологічного режиму для певного виду матеріалів. Але за рахунок того, що фізико-механічні характеристики деревини в межах породи можуть відрізнятися на 30 % і більше за рахунок високого ступеня мінливості властивостей [5], доцільно поєднувати моделювання з поточним контролем фізико-механічних властивостей матеріалу у ході технологічного процесу. Таке поєднання дає змогу відмовитися від участі оператора у технологічному процесі і покласти виконання функцій оператора на комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

Тому в основу методики контролю і прогнозування напружено-деформівного стану пиломатеріалів під дією температурно-вологісних навантажень покладено математичну модель, алгоритм і програмне забезпечення визначення двовимірної в'язкопружного стану деревини під час сушіння [6].

При видаленні зв'язаної вологи, поки критерій Фур'є менший за 0,1, необхідно знати експериментальні значення вологовмісту у всіх точках, оскільки його розподіл у матеріалі не буде ні параболічним, ні косинусоїдальним [5], і тому доцільно в основу методики способу контролю напружень σ_{xx} , σ_{yy} і τ_{xy} на етапі нерегулярного видалення вологи покласти модель розрахунку значення вологовмісту. Ця методика придатна і для встановленого режиму, а для контролю достовірності, власне, порівнювати обчислені значення вологовмісту у точках на поверхні й у центрі з виміряними значеннями. Отже, в основу методики контролю вологовмісту U і напружень σ покладемо фізико-математичну модель у вигляді [6]

$$\begin{cases} \{\sigma\} = [D]\{\varepsilon_0\} - [D]\{\varepsilon\} - [D_1]\{\varepsilon_{01}\} + [D_1]\{\varepsilon_1\} - [D_2]\{\varepsilon_{02}\} + [D_2]\{\varepsilon_2\} \\ \left([K] + \frac{2}{\Delta\tau}[C] \right) \{U\}_n = \left(\frac{2}{\Delta\tau}[C] - [K] \right) \{U\}_n + 2\{F\}, \end{cases} \quad (1)$$

де фізико-механічні характеристики деревини з врахуванням анізотропії властивостей зв'язані з параметрами технологічного процесу, а напружено-деформівний стан залежить від динаміки вологовмісту в ході технологічного процесу. Зокрема, коефіцієнти вологопровідності для різних напрямів анізотропії входять у матрицю $[K]$, пружні характеристики – у матриці $[D]$, $[D_1]$, $[D_2]$, реологічні параметри – у матриці деформацій $\{\varepsilon_1\}$, $\{\varepsilon_{01}\}$, $\{\varepsilon_2\}$, $\{\varepsilon_{02}\}$, коефіцієнти усадки і зміна вологовмісту за проміжок часу $\Delta\tau$ – у матриці $\{\varepsilon_0\}$, переміщення, які зумовлені нерівномірним розподілом вологи у матеріалі – у

матрицю $\{\varepsilon\}$, матриці функцій форми згідно з методом скінчених елементів – у матриці $\{\varepsilon\}$ і $[C]$, коефіцієнти вологообміну, які є функцією від параметрів агента сушіння – у матриці $[K]$ і $\{F\}$.

Міцність деревини визначається за критеріями, які дають змогу знайти межу руйнування у пружній (критерії короточасної міцності) та в'язкопружній (критерії довгочасної міцності) областях деформування. Межа короточасної міцності деревини σ_m залежно від вологості W визначається із регресійної залежності [7]

$$\sigma_m(W) = \frac{\sigma(12,20)(1 + \alpha(15 - W))}{1 + 3W}, \quad (2)$$

де: $\sigma(12,20)$ – межа міцності деревини при вологості $W = 12\%$ і температурі $T = 20^\circ\text{C}$; α – коефіцієнт поправки на вологість, який залежить від характеру деформування. За даними роботи [7] для всіх порід при стиску впоперек волокон $\alpha = 0,035$, при радіальному розтягу – $\alpha = 0,01$, при тангентальному розтягу – $\alpha = 0,025$.

У процесі гідротермічної обробки поведінка деревини є в'язкопружною, тому для визначення допустимих значень напружень у тангентальному і радіальному напрямках деформування доцільно використати криві довгочасного опору деревини [8], які незалежно від породи описуються залежністю

$$\frac{(E - E_T)\sigma_{do}^2}{E\sigma_{do} - E_T\sigma_m} \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \frac{\sigma_{do}}{E_T} + \frac{1}{3} \frac{\sigma_{do}}{E} \right\} \left\{ \frac{\sigma}{E_T} \left[1 - \frac{E - E_T}{E} \exp\left(-\frac{\tau^*}{\tau_{rel}}\right) \right] - \frac{\sigma_m}{E} \right\} - \frac{E - E_T}{EE_T} \sigma^2 \left\{ \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\sigma}{E_T} \right) \left[1 - \exp\left(-\frac{2\tau^*}{\tau_{rel}}\right) \right] - \frac{1}{3} \frac{E - E_T}{EE_T} \sigma \left[1 - \exp\left(-\frac{3\tau^*}{\tau_{rel}}\right) \right] \right\} = 0, \quad (3)$$

де: σ – напруження, які за час τ^* призведуть до руйнування матеріалу; E , E_T – миттєвий і тривалий модулі пружності; τ_{rel} – час релаксації; σ_m – межа міцності; σ_{do} – межа довгочасного опору, $\sigma_{do} = \beta \cdot \sigma_m$; β – коефіцієнт пропорційності, $\beta \approx 0,6$ [8].

Виходячи зі сказаного вище, запропонований спосіб контролю поточного напружено-деформівного стану висушуваних пиломатеріалів охоплює:

- 1) реологічні випробовування деревини на повзучість до початку сушіння;
- 2) контроль параметрів агента сушіння;
- 3) вимірювання значення вологовмісту у пиломатеріалах;
- 4) контроль розрахованих значень вологовмісту з експериментальними;
- 5) розрахунок напружень за розробленою моделлю.

Структурну схему системи контролю наведено на рис. 1.

Реологічні випробування зразків проводяться за методикою [9] і за якою визначаються параметри ядер релаксації, час релаксації, а також модулі пружності.

Контроль параметрів агента сушіння здійснюється на базі існуючих автоматизованих систем із запаралеленням вихідних значень параметрів на пристрій зв'язку з комп'ютером, що дає змогу визначити значення коефіцієнтів вологообміну за поточним станом параметрів агента сушіння.

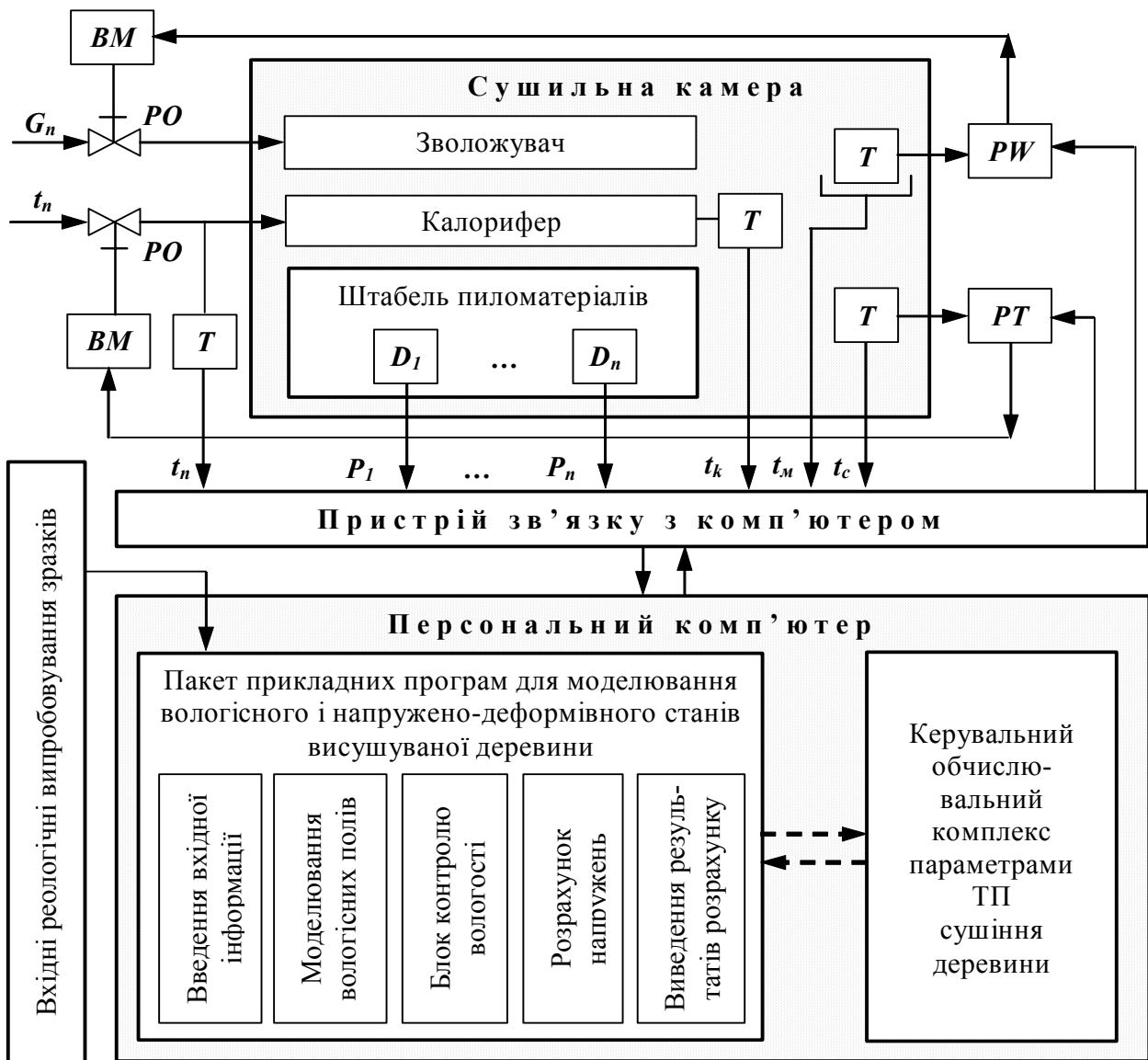


Рис. 1. Структурна схема системи контролю плоского напружено-деформівного стану за значеннями вологовмісту: G_n – кількість пари, яка надходить через зволожувальні труби; t_n – температура пари у калорифері; PO – регулюючий орган; BM – виконавчий механізм; T – термоперетворювачі; PW – регулятор вологості; PT – регулятор температури; $D_1 \dots D_n$ – вологоміри; $P_1 \dots P_n$ – вихідні сигнали вологомірів; t_k – температура калорифера; t_m – температура мокрого термометра; t_c – температура сухого термометра

Для контролю вологісних полів пиломатеріалів у ході конвективного сушіння на етапі видалення зв'язаної вологи вибираємо кондуктометричні вологоміри, які вимірюють питомий опір або провідність матеріалу залежно від його вологості [10]. Такі вологоміри мають малу похибку вимірювань за вологості матеріалу до 30 % і можуть бути під'єднані через амплітудно-цифровий перетворювач (АЦП) до комп'ютера. До них належать переносні експрес-вологоміри дистанційного контролю, зокрема, ВПК-12 з діапазоном вимірювань вмісту води від 6 до 100 % і з похибкою вимірювань $\pm 3,5$ % або ИВ-1 (за вологості від 6 до 24 % похибка становить $\pm 1,5$ %), принцип роботи яких оснований на вимірюванні електричного опору із спеціальними датчиками голчастого типу. Перед вимірюваннями величин вологовмісту проводиться калібрування приладів для вологостей $W_1 = 7$ % і $W_2 = 30$ % зразках деревини, які визначаються ваговим методом.

Однією з умов адекватності розрахованого вологісного і напружено-деформівного станів з реальними є умова, що в сушильну камеру необхідно закладати пиломатеріали з ідентичними фізико-механічними характеристиками.

Висновки. Розроблено практичні рекомендації застосування способу контролю поточного напружено-деформівного стану в об'ємі висушуваних пиломатеріалів, які охоплюють реологічні випробовування деревини на повзучість до початку сушіння, контроль параметрів агента сушіння, вимірювання значення вологовмісту і температури у пиломатеріалах, контроль розрахованих значень вологовмісту з експериментальними та розрахунок напружень за розробленою моделлю. Отримана інформація у будь-який момент часу обробляється розробленими програмними модулями і використовується у запропонованій структурній схемі системи керування процесом сушіння

Література

1. Математичне моделювання процесів конвективного сушіння/ М.Л. Гірник, В.М. Гербей, З.Ю. Мазяк, В.О. Сафаров та ін. – К.: Будівельник, 1993. – 248 с.
2. Гірник М.Л., Воронов В.Г., Сафаров В.О., Степура О.І. та інші. Автоматизація процесів сушіння деревини у будівельній індустрії. – К.: Будівельник, 1992. – 184 с.
3. Безрук В., Драган Я., Медиковський М., Сікора Л. Системний аналіз сучасних концепцій у теорії автоматичного керування (огляд)// Вісник НУ "Львівська політехніка". – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2005, № 543. – С. 15-18.
4. Мриглод О., Сікора Л. Інформаційний підхід у наукометрії: витоки та новітні тенденції// Вісник НУ "Львівська політехніка". – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2006, № 565. – С. 64-73.
5. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород. Издание второе. – М.: Экология, 2002. – 224 с.
6. Соколовский Я.И., Дендюк М.В., Поберейко Б.П. Моделирование деформационно-релаксационных процессов в древесине во время сушки// Известия ВУЗ России "Лесной журнал". – Архангельск: Архангельский ГТУ. – 2007, № 1. – С. 75-83.
7. Хухрянский П.Н. Прочность древесины. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 152 с.
8. Поберейко Б.П. Визначення кривих довгочасного опору деревини// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2006, вип. 16.2. – С. 73-77.
9. Дендюк М.В. Визначення реологічних параметрів деревини// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2005, вип. 15.3. – С. 124-129.
10. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 535 с.

УДК 634.31

Аспір. І.В. Бичинюк¹ – НЛТУ України, м. Львів

РОЗРАХУНОК КАНАТУ ПРОМІЖНОЇ ОПОРИ ПІДВІСНОЇ БАГАТОПРОЛЬОТНОЇ КАНАТНОЇ УСТАНОВКИ

Наведено методику розрахунку канату проміжної опори, як гнучкої нитки, кривою провисання якої є ланцюгова лінія. Отримано номограму для визначення натягу канату залежно від вантажопідймальності установки і геометричних параметрів опори.

Post-graduate I.V. Bychynyuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Calculation of the cable intermediate support of the suspended multisection cable plant

Resulted the method of calculation to the cable of intermediate support, as flexible filament, the curve of its sags is acatenary. Graphics is got for determination of effort to the cable depending on the load setting and geometrical parameters of support.

¹ Наук. керівник: проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів