

Для такої задачі рівняння (20) констатує, що позадіагональні елементи матриці A в матричному рівнянні (10) будуть виражатися

$$a_{ij} = -\varphi_{F_i \rightarrow F_j} (F_i \neq F_j), \quad (21)$$

а елементи діагоналі будуть дорівнювати

$$a_{ii} = 1 - \varphi_{F_i \rightarrow F_j} \quad (22)$$

В свою чергу, елементи матриці B будуть мати такий вигляд

$$b_i = (Q_i)_{\text{рез}}'' \quad (23)$$

При такій формі запису елементи матриць A і B є відомими. Тому, як тільки будуть визначені елементи матриці A і B , внаслідок обернення матриці A отримаємо матрицю C . Інакше кажучи, елементи матриці густини потоку ефективного випромінювання визначаються рівнянням $\overline{J^T} = \overline{C} \times \overline{B^T}$, а температури поверхонь теплообміну можуть визначитися із рівняння (3), тобто

$$E_{\text{випр},i} = \sigma_o T_i^4 = \frac{\overline{R}_{\lambda,i}}{\varepsilon_{\lambda,i}} (Q_i)_{\text{рез}}'' + q_{e,i} \quad (24)$$

$$\text{або} \quad T_i = \frac{1}{\sigma_o} \cdot \left(\frac{\overline{R}_{\lambda,i}}{\varepsilon_{\lambda,i}} (Q_i)_{\text{рез}}'' + q_{e,i} \right). \quad (25)$$

Таким чином, матричний метод є зручним і одночасно потужним засобом для розв'язання задач променевого теплообміну для різних крайових умов.

УДК 674. 047

Доц. І.М. Озарків, к.т.н.; ст.викл. Ю.В. Книш, к.т.н.;
асист. М.М. Копанський; аспір. А.І. Мацьків – УкрДЛТУ

ОСНОВНІ РІВНЯННЯ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПРИ СОНЯЧНОМУ ОПРОМІНЕННІ ДЕРЕВИНИ

Наведено основні рівняння променевого теплообміну при сушінні деревини.

Doc. I.M. Ozarkiv, Yu.V. Knysh; M.M. Kopanskij; A.I. Matskiv – USUFWT

Main equations of thermoexchange at solar radiation of wood

Main equations of radiations of thermal exchange during timber drying.

Інтенсивність і механізм процесів тепло- і масообміну при нагріванні і сушінні матеріалів значною мірою залежить як від спектрофотометричних та енергетичних характеристик генератора інфрачервоних променів, так і від об'єкта обробки.

Основне рівняння тепло- і масообміну при терморадіаційно-конвективному сушінні має такий вигляд

$$q_{\text{випр}} + \alpha_k (t_c - t_{n.m}) = r q_m' + c \rho_o \frac{dt}{d\tau} R, \quad (1)$$

де: $q_{\text{випр}}$ – густина поглиненого потоку; α_k – коефіцієнт конвективного теплообміну; t_c , $t_{n.m}$ – відповідно температура агента сушіння і поверхні матеріалу; r – пи-

тома теплота пароутворення; q_m' – інтенсивність випромінювання; c – питома теплоємність деревини; ρ_o – базова густина; $dt/d\tau$ – швидкість нагрівання поверхні матеріалу, що сушиться; R – визначений розмір (для пластини – половина товщини).

Інтенсивність випромінювання визначається з кривих сушіння за формулою

$$q_m' = \rho_o R \frac{dU}{d\tau}, \quad (2)$$

де $dU/d\tau$ – швидкість сушіння в певний момент часу.

В свою чергу, зміна температури при наявності променевого теплообміну із одночасним проникненням променів в матеріал (об'єкт сушіння) описується диференціальним рівнянням

$$\frac{dt}{d\tau} = a \frac{d^2 t}{dx^2} - \frac{\varepsilon r}{c} \frac{dU}{d\tau} + \frac{W_A}{c\rho}, \quad (3)$$

де: a – коефіцієнт температуропровідності деревини; ε – коефіцієнт або критерій фазового переходу (коли в деревині вода переміщається в рідкому стані, то $\varepsilon=0$, а у вигляді пари – $\varepsilon=1$); W_A – об'ємна потужність поглиненого променевого потоку, $W_A = f(\tau, x)$.

Величина W_A залежить від глибини проникнення променів в деревину, тобто від спектрального коефіцієнта пропускання. Інакше кажучи, в міру поглиблення проникнення променів всередину об'єкта сушіння, об'ємна потужність потоку зменшується. У випадку, коли падаючий потік повністю поглинається самою поверхнею, то третій член правої частини рівняння (3) дорівнює нулю.

Для однорідного матеріалу при монохроматичному випромінюванні ослаблення потоку випромінювання описується законом Бугера [2]

$$D_\delta = D_0 \exp(-k_\lambda \delta), \quad (4)$$

або

$$\ln \frac{D_\delta}{D_0} = -Bu \ln e, \quad (5)$$

де: D_δ – коефіцієнт пропускання матеріалу товщиною δ ; D_0 – коефіцієнт пропускання поверхні (шару дуже малої товщини, тобто, коли $x \rightarrow 0$); k_λ – коефіцієнт ослаблення (екстинкції) потоку променів; e – основа натуральних логарифмів.

Автори роботи [3] констатують, що проникливість деревини сосни, осики і берези карельської для довжини хвилі $\lambda=1,1 \mu\text{м}$ і вологості $W=5 \dots 8\%$ описується рівнянням, відповідно

$$\begin{aligned} D_{\text{сос}} &= 41,59 \exp(-0,76125 \delta), \\ D_{\text{ос}} &= 69,37 \exp(-2,7836 \delta), \\ D_{\text{к.б.}} &= 53,8 \exp(2,2957 \delta), \end{aligned} \quad (6)$$

де δ – товщина матеріалу, мм.

Автори, правда, не фіксують чітко вологість і це виключає співставлення результатів досліджень і з дослідженнями інших вчених. З рівняння (5) видно, що об'єктивним критерієм виконання закону Бугера є наявність і обов'язковість прямолінійного зв'язку між $\ln D_\delta / D_0$ і товщиною матеріалу δ .

В зв'язку з тим, що деревина є неоднорідним матеріалом, то розподіл потоку променів інтенсивністю $B_{0,\lambda}$ по товщині призводить до відхилення від закону Бугера і інтегральний коефіцієнт вирається

$$D_{\delta} = \frac{\int_0^{\infty} B_{0\lambda} \exp(-\int_0^{\delta} k_{\lambda} \delta) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{0\lambda} d\lambda}. \quad (7)$$

Як показала математична обробка дослідних даних різних авторів, залежність D_{δ} від товщини δ , довжини хвилі λ і породи (ρ_0) описується рівнянням виду

$$D_{\delta} = 38,4 \exp(-3,14 \sqrt{\lambda} \delta^{\sqrt{2}/2} \rho_0 / 1540). \quad (8)$$

Дане рівняння справедливе для розрахунку коефіцієнта пропускання сухої деревини ($W=0\%$).

Таким чином, наведені вище рівняння дозволяють визначати тепловологісні поля на основі кривих сушіння і коефіцієнта пропускну здатності.

Література

1. Озарків І.М., Крамар В.Д., Соколовський І.А. Окремі рішення нестационарного перенесення тепла і маси(вологи) при конвективному сушінні// Науковий вісник. – Львів: Престиж Інформ. – 1999. – Вип. 9. 5. – С. 79–82.
2. Озарків І.М. Спектрофотометрические и поляризационные характеристики древесины. Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Львов: ЛПТИ, 1989. – 19 с.
3. Долапце Я.А., Ильясов С.Г. Исследование оптических свойств древесины в инфракрасной области спектра// Изв. вузов Лесн. журнал. – 1969. – №2. – С. 70–73.

УДК 674. 047

Магістр Г.П. Білей – УкрДЛТУ

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕРЕВИНИ

Розглянуто актуальні питання вдосконалення техніки і технології гідротермічної і захисної обробки деревини, покращення екології та використання лісосировинних ресурсів.

Mag. G.P. Bilej – USUFWT

Optimization ecological technical of systems of heat treatment of timber

Is reviewed actual problems of refinement of engineering both technology of hydrothermal and protective processing of timber, improvement of an ecology and usage wood raw of resources.

Цехи гідротермічної обробки деревини традиційно вважають екологічно чистим виробництвом у деревообробній промисловості. Однак, саме сушіння деревини, як один з найважливіших процесів гідротермічної обробки є причиною значних втрат матеріалу. Згідно зі статистичними даними, які зібрані в УкрДЛТУ, дефекти при сушінні можуть сягати до 40 %. Наприклад, середнє значення кількості дефектів при сушінні деревини твердих листяних порід становить 17 %. Тому, вдосконалення техніки і технології сушіння є актуальним не тільки з техніко-економічної, але і з екологічної точки зору.

Розглянемо екологічні проблеми сушіння пиломатеріалів і заготовок. Сучасний стан техніки і технології сушіння характеризується такими показниками:

- більше 70 % від загальної кількості сушильних камери застарілих конструкцій зі стовідсотковим моральним і фізичним зносом;
- рівень механізації трудомістких операцій становить в середньому до 47 %;
- рівень автоматизації контролю, управління та регулювання процесу сушіння становить в середньому до 37 %;
- більше, ніж 50 % підприємств не дотримується технологічного регламенту процесу сушіння.

Все назване вище призводить до значних втрат деревини, внаслідок дефектів сушіння, а також до не виправданих витрат теплової та електричної енергії. За рахунок вдосконалення аеродинамічних та температурних характеристик сушильних камер, вдосконалення систем автоматизації процесу сушіння, вдосконалення режимів і технології сушіння кількість дефектів сушіння можна довести до нормативних показників для хвойних порід 3-5 %, для листяних порід 3-7 %.

Всіма підприємствами України заготовляється близько 12 млн. м³ пиловника в рік. Використовується в меблевій і деревообробній промисловості деревина, як матеріал, в основному, у вигляді заготовок. Таким чином, в подальшій обробці знаходиться близько 4 млн. м³ (при виході заготовок з пиловника близько 30 %). Зменшення дефектів сушіння тільки на 10 % дозволить зекономити 1,2 млн. м³ пиловника. При середньому запасі деревини 300 м³ /га в рік можна зберегти від вирубування 4 тис. га лісу.

Другим важливим аспектом збереження лісів і тим самим покращення екологічної ситуації, є правильна організація зберігання лісоматеріалів на складах, при транспортуванні та експлуатації. Для продовження терміну експлуатації виробів з деревини матеріали повинні бути захищені від механічних та біологічних пошкоджень. З цієї метою сировину на складах потрібно антисептувати та витримувати при відповідних параметрах навколишнього середовища. Від біопшкоджень деревину захищають шляхом антисептування та просочування антисептичними препаратами. Покращити фізико-механічні показники деревини можна шляхом її модифікації. Економічна ефективність захисної обробки не викликає сумнівів, але потребує всебічного вивчення.

Таким чином, шляхом оптимізації технічних і технологічних систем гідротермічної обробки і захисту деревини можна внести значний вклад в економію лісосировинних ресурсів і покращення екологічної ситуації в Україні.

УДК 674.047.

Доц. В.М. Гербей, к.т.н.; аспір. З.П. Копинець – УкрДЛТУ

ОСОБЛИВОСТІ СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ЗНИЖЕНИХ ТОВЩИН

Розглянуто особливості сушіння тонких пиломатеріалів. Подано математичну модель процесу конвективного сушіння тонких пиломатеріалів.

Doc. V.M. Gerbey, Z.P. Kopynets – USUFWT

Features drying of saw-timbers reduced of thicknesses.

Is reviewed features drying of thin saw-timbers. The mathematical model of the process convective drying of thin saw-timbers is sent.