

УДК 674.213

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНОГО ШАРУВАТОГО КОМПОЗИТУ МЕТОДОМ ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ

Шевченко С.А., к.т.н., доцент; Заєць В.М., асистент;
Герасимчук В.Л., магістрант
(Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. Петра Василенка)

Розроблено методику та виконано розрахунок зміни температурного поля із часом по товщині деревинно-полімерного шаруватого композиту. Розроблена методика дає змогу враховувати теплофізичні параметри деревини, полімеру та об'ємну частку полімеру в композиті.

Вступ. Виробництво деревинно-полімерних композиційних матеріалів є відносно новою галуззю переробки деревини, яка динамічно розвивається. Змінюючи вміст в'язучих речовин та застосовуючи модифікатори, можна надавати композиту необхідні властивості. Зокрема, виготовлюють деревинно-композиційні матеріали для експлуатації в несприятливих умовах зовнішнього середовища [1].

Постановка проблеми. Перспективним різновидом деревинно-полімерних композиційних матеріалів є шаруваті композити. Шарувата структура деревинно-полімерного композиту ускладнює теоретичне дослідження теплових перехідних процесів при виготовленні матеріалу. Оскільки подібна технологія може бути використана і для виготовлення гнутих виробів, то подальші дослідження в цьому напрямі є актуальними. При обґрунтуванні температури плит і тривалості пресування виникає потреба у моделюванні зміни теплового поля у пакеті заготовок (листів шпону і листів полімеру) в часі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Рекомендації щодо вибору режимів пресування при виготовленні деревинно-полімерних композитів наведено в роботах [2–4]. В роботі [5] наведено результати оптимізації технологічних параметрів режиму гарячого пресування фанери з евкаліптового шпону та плівки поліетилену високої щільності у плоскому пресі.

Особливості пресування пористих матеріалів досліджені в [6], для них розроблено відповідні моделі.

Певно, перше аналітичне вирішення задачі визначення температурного поля при склеюванні деревини в гарячому плоскому пресі вперше одержано в [7]. Це рішення знайдено шляхом розв'язку диференціальних рівнянь теплопровідності. Аналітичний розв'язок аналогічної задачі визначення

температурного поля в шаруватому матеріалі, якби його здійснювати за подібною методикою, був би надто складним. Тому доцільно здійснювати розрахунок температурного поля за допомогою залежностей, одержаних в [7], але використовуючи при цьому ефективне значення температуропровідності шаруватого пакету заготовок. В роботі [8] визначено деякі ефективні теплофізичні властивості композиту залежно від вмісту полімеру.

Невирішеною частиною проблеми є моделювання зміни температурного поля пакету заготовок у часі при виготовленні деревинно-полімерного шаруватого композиту.

Метою даної роботи є моделювання зміни температурного поля пакету заготовок у часі залежно від температури гарячих плит, товщини пакету заготовок, теплофізичних параметрів деревини дуба, берези, сосни і полімеру, частки полімеру в сумарному об'ємі пакету заготовок.

Виклад основного матеріалу дослідження.

При моделюванні зміни температурного поля пакет заготовок з часом використовуватимемо рішення задачі прогріву деревної плити, одержане в [7]:

$$t(x, T, t_{II}) = t_{II} - \frac{4}{\pi} (t_{II} - t_0) \sum_{m=0}^{\infty} f(x, T, m) \quad , \quad (1)$$

$$f(x, T, m) = \frac{\exp\left(-\frac{(2m+1)^2 a \pi^2 T}{\delta^2}\right)}{2m+1} \cdot \sin \frac{(2m+1) \pi x}{\delta} \quad , \quad (2)$$

де t – температура, °C; x – глибина, м; T – тривалість пресування, с; t_{II} – температура плит, °C; t_0 – початкова температура матеріалу, °C; a – температуропровідність матеріалу, м²/с; δ – товщина плити, м.

Отже, для використання формул (1, 2) при розрахунку теплового перехідного процесу при виготовленні шаруватого деревинно-полімерного композиту необхідно визначити залежність ефективного значення температуропровідності матеріалу від теплофізичних параметрів деревини і полімеру та частки полімеру в сумарному об'ємі пакету заготовок.

В якості полімерного матеріалу розглядатимемо севілен [9]. Севілен є високомолекулярною сполукою, що належить до поліолефінів; севілен є сополімером етилену та вінілацетату. Севілен перевершує поліетилен за еластичністю при низьких температурах, має підвищену адгезією до різних матеріалів. Севілен характеризується підвищеною прозорістю, нетоксичністю, стійкістю до старіння.

При моделюванні процесу прогрівання сировини в пресі виникає потреба у визначенні основних теплофізичних параметрів пакету зі шпону та полімерних плівок. Оскільки виготовлення шаруватого деревинно-полімерного композиту відбувається в пресі, при розрахунку теплових

перехідних процесів не враховуватимемо повітряні проміжки між шарами матеріалів. Також вважатимемо, що упресовування пакету заготовок не відбувається. Ефективну температуропровідність пакету заготовок визначатимемо, виходячи з ефективних значень теплопровідності, щільності та теплоємності пакету заготовок [7]:

$$a = \frac{\lambda}{c \rho}, \quad (3)$$

де λ – теплопровідність пакету заготовок, Вт/(м К); c – теплоємність пакету заготовок, Дж/(кг·К); ρ – щільність пакету заготовок, кг/м³.

Ефективне значення щільності пакету заготовок визначимо, розглядаючи одиницю об'єму композиту та визначаючи маси його складових [8]:

$$\rho = k\rho_C + (1-k)\rho_D, \quad (4)$$

де k – об'ємна частка севілену в композиті; ρ_C – щільність севілену, кг/м³; ρ_D – щільність деревини, кг/м³.

Графік залежності (4) наведено на рис. 1.

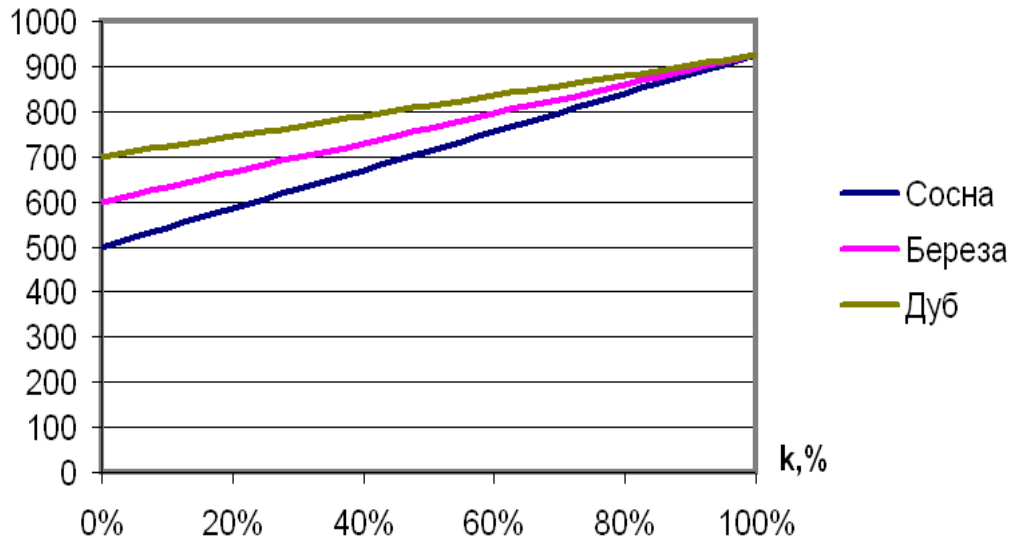


Рисунок 1 – Залежність ефективної щільності пакету заготовок від об'ємної частки севілену

Тепер визначимо ефективне значення теплоємності пакету заготовок з урахуванням об'ємної частки севілену в композиті. Для цього також розглядатимемо певний об'єм пакету заготовок, визначатимемо маси його

складових та кількість теплоти, яку необхідно передати для підвищення температури зазначеного об'єму на 1 К:

$$c = \frac{c_D(1-k)\rho_D + c_C k \rho_C}{(1-k)\rho_D + k \rho_C} \quad (5)$$

Графік залежності (5) наведено на рис. 2.

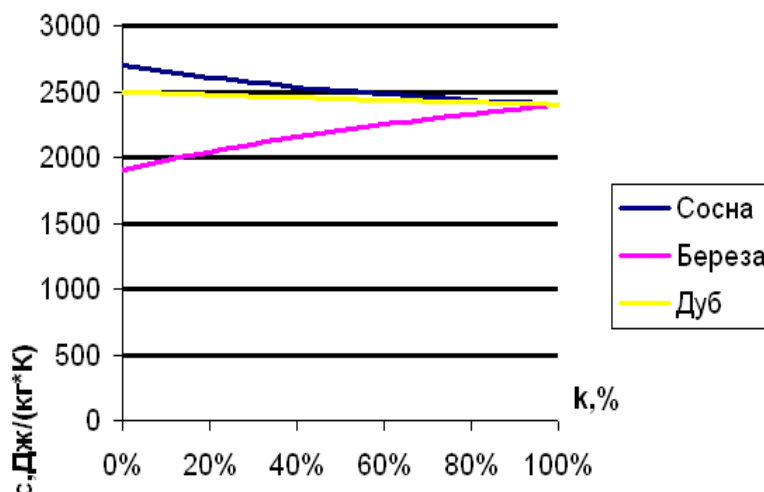


Рисунок 2 – Залежність ефективної теплоємності пакету заготовок від об'ємної частки севілену

Тепер визначимо ефективне значення теплопровідності композиту. Для цього розглядатимемо передачу теплової потужності через пакет заготовок:

$$\lambda = \frac{1}{\frac{k}{\lambda_C} + \frac{1-k}{\lambda_D}} \quad (6)$$

Графік залежності (6) наведено на рис. 3.

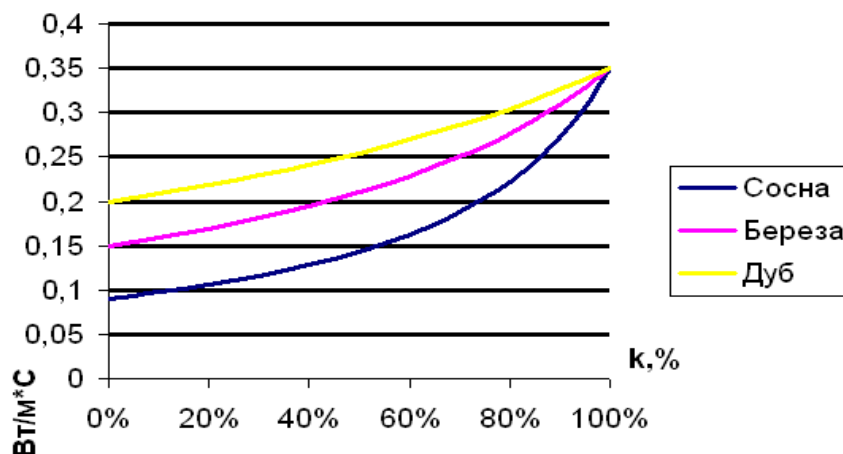


Рисунок 3 – Залежність ефективної теплопровідності пакету заготовок від об'ємної частки севілену

Використовуючи одержані залежності для визначення щільності, теплоємності та теплопровідності пакету заготовок, визначимо його температуропровідність за допомогою формули (3) з урахуванням (4–6):

$$a = \frac{1}{(c_D(1-k)\rho_D + c_C k \rho_C) \left(\frac{k}{\lambda_C} + \frac{1-k}{\lambda_D} \right)} . \quad (7)$$

Графік залежності (7) наведено на рис. 4.

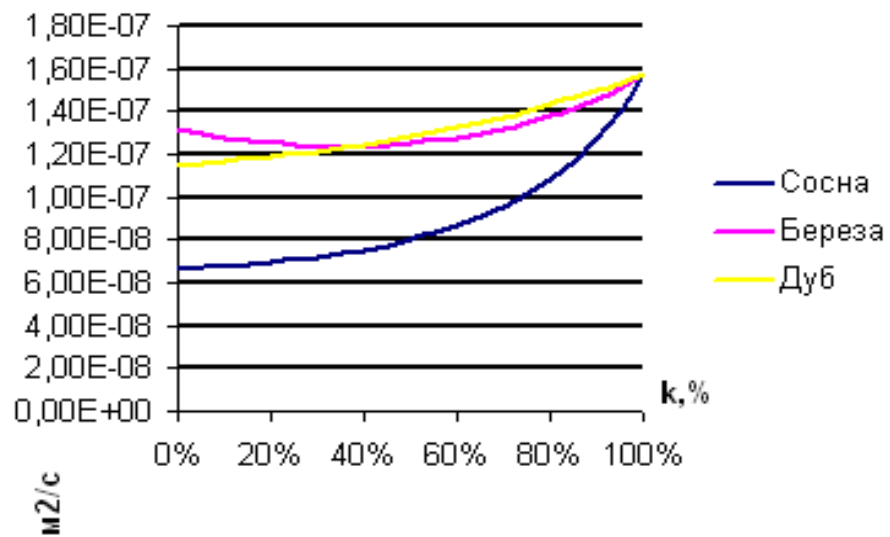


Рисунок 4 – Залежність ефективної температуропровідності пакету заготовок від об'ємної частки севілену

Результати моделювання зміни температурного поля із часом по товщині деревинно-полімерного шаруватого композиту наведено на рис. 5 та 6.

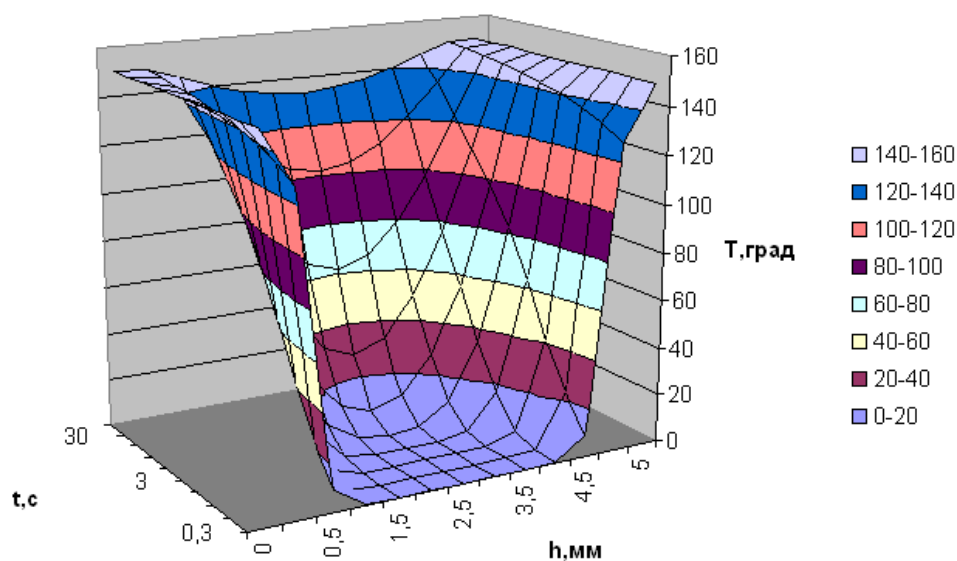


Рисунок 5 – Зміна температурного поля по товщині зразка у часі для деревини дуба при вмісті севілену 10 %

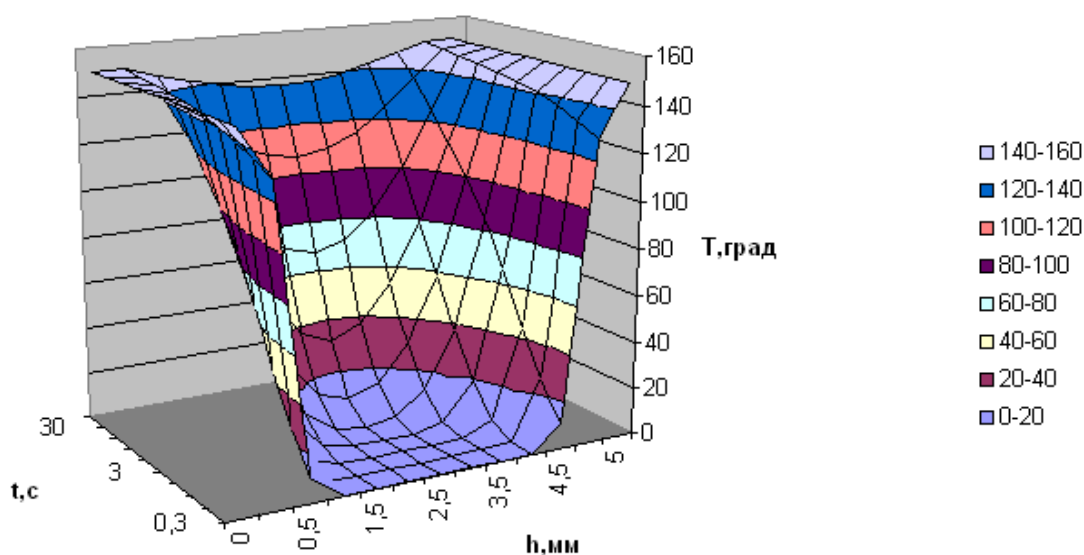


Рисунок 6 – Зміна температурного поля по товщині зразка у часі для деревини берези при вмісті севілену 15 %

Висновок. Розроблена методика розрахунку зміни температурного поля по товщині деревинно-полімерного шаруватого композиту із часом дає змогу враховувати теплофізичні параметри деревини, полімеру та об'ємну частку полімеру в композиті. Перспективним напрямком подальших досліджень є вираховування зміни теплофізичних параметрів деревини в процесі гарячого пресування.

Список літератури

1. Бехта П.А. Технология деревянных композиционных материалов: підруч. / П.А. Бехта. – Київ: Основа, 2003. – 336 с.
2. Лютий П.В. Підвищення водостійкості деревно-полімерних плит шляхом введення в їх композицію суміші технічного парафіну і полівінілового спирту / П.В. Лютий, П.А. Бехта // Науковий вісник НЛТУ України: зб. науково-техн. праць.-Львів .: РІО НЛТУ України 2010.-Вид. 20.10.-С. 105-109.
3. Козак Р.О. Прогнозирование прочности и обоснование оптимальных параметров процесса прессования древесностружечных плит: Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.05.07 / Р.О.Козак / Укр. гос. лисотехн. ун-т. – Львов, 2000. – 18 с.
4. Brenda Platt, Tom Lent, Bill Walsh. Guide to Plastic Lumber. A report by The Healthy Building Network. A project of the Institute for Local Self-Reliance
5. Wei Song, Wenbang Wei, Congrong Ren, Shuangbao Zhang. Developing and Evaluating Composites Based on Plantation Eucalyptus Rotary-cut Veneer and High-density Polyethylene Film as Novel Building Materials // BioResources 11(2), 3318–3331.
6. Прийменко С.Г. Оптимизация горячего изостатического прессования пористых материалов на основе усовершенствованной математической модели процесса: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.03.05.-Краматорск, 1995.- 16 с.
7. Бердинских И.П. Склеивание древесины. – К.: Будівельник, 1965. – 322 с.
8. Полосин А.Н., Чистякова Т.Б., Погорельский А.М. Математическая модель нагрева слоистых полимерных и полимерно-текстильных материалов для управления процессом термоформования звукоизоляционных изделий. Современные проблемы науки и образования. –2010. –№6. –С. 95–101.
9. Мишак В.Д., Сірик В.К., Грищенко В.В., Мужев В.В., Давиденко В.В., Гомза Ю.П., Лебедєв Є.В. Структура та властивості композитів на основі функціональних королі мерів етилену з вінілацетатом.// Полімерний журнал. –2011. –Т. 33. –№3. –С. 234–243.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО СЛОИСТОГО КОМПОЗИТА МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ
Шевченко С.А., Заец В.Н., Герасимчук В.Л.

Разработана методика и выполнен расчет изменения температурного поля со временем по толщине древесно-полимерного слоистого композита. Разработанная методика позволяет учитывать теплофизические параметры древесины, полимера и объемную долю полимера в композите.

Abstract

**MATHEMATICAL MODELING OF TEMPERATURE FIELD IN
MANUFACTURE OF WOOD-POLYMER COMPOSITE BY HOT
PRESSING**

Shevchenko S. A., Zaiets V.M., Gerasymchuk V.L.

The technique and performed and of changes in the temperature field with time on the thickness of laminated wood-polymer composite. The technique makes possible to take into account the thermal parameters of wood, polymer and polymer volume fraction in the composite.