

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФАНЕРИ СКЛЕЄНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНИМ ПОЛІМЕРОМ

Запропоновано математичну модель процесу виготовлення фанери склеєної термопластичним полімером – плівкою поліетилену низької густини (ПЕНГ). Розроблена математична модель дає змогу визначити як температуру в заданій точці пакета шпону, так і тривалість, необхідну для нагрівання пакета шпону до заданої температури, залежно від застосовуваних породи деревини (лущеного шпону), виду термопластичного полімеру й режимних параметрів пресування. В основу розроблення моделі процесу виготовлення фанери склеєної термопластичною плівкою поліетилену низької густини закладено методи нелінійного програмування, рівномірного пошуку та зведеного градієнта. На основі запропонованої математичної моделі розраховано зміну температурного поля по товщині пакета під час склеювання фанери термопластичною плівкою ПЕНГ. Здійснено розрахунок значень тривалості прогрівання пакета шпону і встановлено залежності даного показника від витрати термопластичного полімеру та температури пресування. Тривалість прогрівання пакета шпону склеєного термопластичним полімером залежить від температури, за якої термопластичний полімер перейде із вискоеластичного у в'язкотекучий стан. Перехід термопластичної плівки ПЕНГ у в'язкотекучий стан розпочинається за температури 125оС і триває до 240 оС. Встановлено, що зі зростанням температури плит преса від 140 до 180оС тривалість прогрівання середини пакета до 125оС зменшується на 89% за всіх досліджуваних витрат полімеру. Зміна вмісту полімеру в пакеті не чинить суттєвого впливу на тривалість його прогрівання. Зі збільшенням витрати термопластичної плівки від 130 г/м² до 190 г/м² тривалість прогрівання середини пакета шпону до 125оС збільшується несуттєво від 3,8 до 4,2% залежно від температури пресування. Запропонована математична модель дає змогу встановити вплив параметрів матеріалу та режиму пресування фанери на тривалість прогрівання пакета шпону під час виготовлення фанери склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ. Математично змодельована, розрахована і проаналізована тривалість прогрівання середини пакета шпону склеєного термопластичною плівкою дасть змогу підвищити ефективність технології виготовлення фанери.

Ключові слова: лушений шпон; поліетилен низької густини; теплопровідність; питома теплоємність; щільність пакета; температура текучості.

Вступ. Ринок продукції деревинних композиційних матеріалів сьогодні досить динамічно розвивається, а саме їх виробництво є перспективним [1]. Деревинні композити мають значний потенціал у виробництві енергозберігаючої продукції, попит на яку характеризується стійкою тенденцією до зростання. Перспективним різновидом деревинних композиційних матеріалів є шаруваті композити, до яких відносять і фанеру, склеєну термопластичними полімерами. Однак виготовлення такої фанери вимагає коректування режимів пресування, адже гарячий спосіб пресування пакетів шпону склеєних термопластичними плівками дещо відрізняється від способу пресування пакетів шпону склеєних термореактивними клеями [2]. Для склеювання шпону термопластичними полімерами, а саме плівка-

¹ Козак Руслан Олегович – доктор технічних наук доцент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057. Тел. +38-0671660177. E-mail: kozak_ruslan@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>

² Кусняк Ірина Іванівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3980-3110>

ми, у виробництві фанери, необхідно прогріти пакет з листів шпону й полімерної плівки по всій його товщині до температури, за якої б плівка, як клеючий матеріал, перейшла у в'язкотекучий стан. Перебуваючи у в'язкотекучому стані, полімер механічно проникає в пори, порожнини клітин, тріщини двох склеюваних поверхонь, затвердіває там і заклинюється [3-6].

Процеси, що відбуваються під час склеювання пакетів шпону у пресі, характеризуються складністю взаємопов'язаних різних за характером хімічних і фізико-механічних величин та фазових перетворень, які залежать від вмісту вологи, температури, породи деревини та виду клею [7]. Серед основних процесів, які відбуваються у процесі склеювання фанери, є тепломасообмінні. Наявність термопластичної плівки між листами шпону змінюватиме теплопровідність пакета, а отже впливатиме на тривалість пресування. Тому знання про тривалість прогрівання пакета шпону, що склеюється термопластичною плівкою, є дуже важливими для виготовлення фанери задовільної якості та раціонального використання енергетичних ресурсів. Існує низка досліджень щодо особливостей пресування шаруватих матеріалів та математичного моделювання тривалості прогрівання конкретного композиційного матеріалу [8-13]. Автори робіт намагалися описати явища під час пресування деревинно-полімерних композитів та вирішити задачу визначення температурного поля при склеюванні в гарячому плоскому пресі. Аналітичний розв'язок задачі зводився до розв'язку диференціальних рівнянь теплопровідності або застосування значення температуропровідності. Проте знання про процес прогрівання пакетів з листів шпону і термопластичної плівки поліетилену низької густини ПЕНГ є обмеженими. Отже, невирішеною частиною проблеми є визначення зміни температурного поля пакета з шпону та термопластичної плівки у часі у виробництві фанери склеєної термопластичною плівкою. Детальне дослідження та моделювання процесів тепломасоперенесення під час пресування листів шпону, що склеюються поліетиленовою плівкою, дасть змогу виявити шляхи подальшої інтенсифікації та вдосконалення процесу виготовлення фанери.

Мета дослідження – математично змоделювати процес прогрівання пакета шпону склеєного термопластичною плівкою. *Об'єкт дослідження* – процес склеювання пакетів шпону у виробництві фанери. *Предмет дослідження* – математична модель процесу прогрівання пакета шпону. Для досягнення поставленої мети було сформовано та вирішено такі основні завдання: 1) розробити математичну модель процесу прогрівання пакета шпону; 2) розрахувати тривалість прогрівання пакета шпону до заданої температури під час пресування фанери.

Методи дослідження. В основу розроблення моделі процесу прогрівання пакета шпону склеєного термопластичною плівкою закладено метод моделювання. Результати моделі отримано з використанням методів нелінійного програмування, рівномірного пошуку та зведеного градієнта.

Результати дослідження. Згідно з фізико-хімічними процесами, які відбуваються всередині пакета шпону під час пресування фанери, тривалість її пресування залежатиме від тривалості прогрівання середнього шару до температури поліконденсації клею, тривалості затвердіння клею і тривалості випаровування надлишкової вологи з пакета [14]. Оскільки для виготовлення фанери замість традиційних термореактивних клеїв використовується термопластична плівка, то в пакеті шпону відсутня надлишкова волога, а затвердіння плівки відбуватиметься

після пресування. Тривалість прогрівання середнього шару фанери до температури в'язкотекучого стану термопластичної плівки залежить від теплопровідності шпону і клейової плівки, з яких вона складається. Якщо припустити, що пакет має вигляд пластини (рис. 1), яка розташована між нагрітими до певної температури плитами преса ($t_{пл.}$), то згідно з відомим законом теплопровідності Фур'є, величина теплового потоку (dQ) прямо пропорційна коефіцієнту теплопровідності (λ), градієнту температури ($\frac{dt}{dx}$) та площі поверхні матеріалу (F).

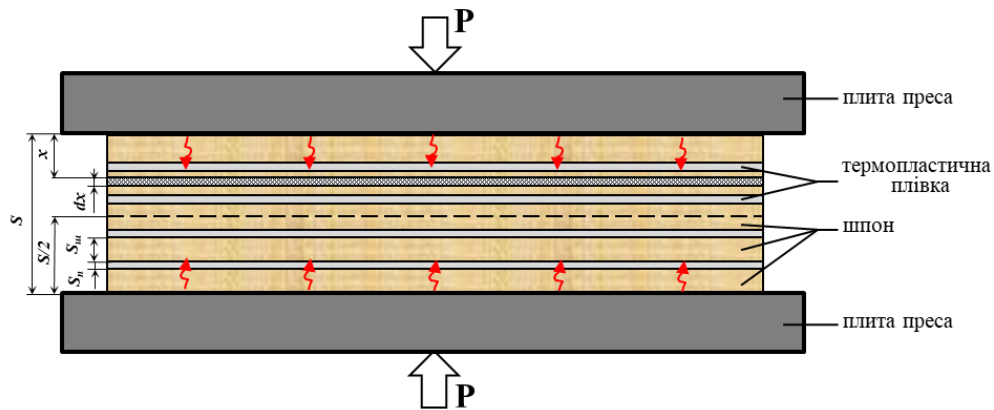


Рис. 1. Схематичне зображення пресування пакета шпону між плитами преса

Математично це можна записати таким чином [15-17]:

$$\frac{dQ}{d\tau_{np}} = -\lambda \cdot F \cdot \frac{dt}{dx}. \quad (1)$$

Враховуючи, що товщина пакета в багато разів менша від його довжини і ширини, то теплопередачею від бокових крайок можна знехтувати. Вважатимемо, що тепловий потік в ньому рухається тільки за товщиною, від поверхні до середини. Тому, має місце одномірний тепловий потік, для якого справедливе диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є-Кірхгофа [14]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau_{np}} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \quad (2)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності пакета, $\text{м}^2/\text{год}$.

За умов [7]:

$$\begin{aligned} \tau_{np} = 0 &\Rightarrow t = t_{н.с.} \\ \tau_{np} = \infty &\Rightarrow t = t_{нл.} \\ x = 0 &\Rightarrow t = t_{нл.} \\ x = S &\Rightarrow t = t_{нл.} \end{aligned} \quad (3)$$

де: $t_{н.с.}$ – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$; $t_{пл.}$ – температура плит преса, $^{\circ}\text{C}$; t – температура в заданій точці пакета, $^{\circ}\text{C}$; S – товщина фанери, мм ; x – відстань від поверхні пакету до визначеної глибини прогрівання, мм .

Згідно літературних джерел [7, 14, 18] рівняння (2) має наступний розв'язок:

$$t = t_{нл.} - \frac{4 \cdot (t_{нл.} - t_{н.с.})}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2 \cdot n + 1)}{2 \cdot n + 1} \cdot \frac{\pi \cdot x}{S} \cdot e^{-\frac{(2 \cdot n + 1)^2 \cdot \pi^2}{4} \cdot F_0}, \quad (4)$$

де F_o – критерій Фур'є [7, 14]:

$$F_o = \frac{4 \cdot a \cdot \tau_{np}}{S^2}. \quad (5)$$

На основі рівнянь (4) і (5) може бути встановлена тривалість прогрівання пакета під час пресування фанери за виразом:

$$\tau_{np} = \frac{F_o \cdot S^2}{4 \cdot a} = f(\Theta, x, S, a). \quad (6)$$

де Θ – температурний критерій, який визначається з виразу:

$$\Theta = \frac{t_{нл.} - t}{t_{нл.} - t_{н.с.}}. \quad (7)$$

Коефіцієнт температуропроводності пакета визначається за формулою [7, 14]:

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot \rho}, \quad (8)$$

де C – питома теплоємність пакета, кДж/(кг·°C); ρ – щільність пакета, кг/м³.

Оскільки пакет складається зі шпону та полімерної плівки, то загальні щільність, коефіцієнти теплопровідності та теплоємності пакета відповідно можна визначати таким чином:

$$\rho = k \cdot \rho_n + (1 - k) \cdot \rho_{ш}; \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{1}{\frac{k}{\lambda_n} + \frac{1-k}{\lambda_{ш}}}; \quad (10)$$

$$C = \frac{C_n \cdot k \cdot \rho_n + C_{ш} \cdot (1-k) \cdot \rho_{ш}}{\rho}; \quad (11)$$

де: k – об'ємна частка полімеру на ділянці прогрівання x ; ρ_n і $\rho_{ш}$ – відповідно густина полімерної плівки і щільність шпону в пакеті, кг/м³; λ_n і $\lambda_{ш}$ – відповідно коефіцієнт теплопровідності полімерної плівки і шпону в пакеті, Вт/(м·°C); C_n і $C_{ш}$ – відповідно питома теплоємність полімерної плівки і шпону в пакеті, кДж/(кг·°C).

Фанера відноситься до неоднорідних матеріалів, у якій шпон і термопластична плівка чергуються. Тому вираз об'ємної частки полімеру на ділянці прогрівання x буде залежати від матеріалу, в якому знаходиться гранична площа відрізка x і порядкового номера шпону чи полімерної плівки на ділянці від поверхні пакета до його середини. Вирази об'ємної частки полімеру на ділянці прогрівання x , якщо гранична площа відрізка x знаходиться в шпоні та у полімерній плівці визначаються таким чином:

$$\text{у шпоні} \quad k = \frac{(m-1) \cdot S_n}{x} \quad (12)$$

$$\text{у термопластичній плівці} \quad k = \frac{x - m \cdot S_{ш}}{x} \quad (13)$$

де: m – кількість шарів шпону чи шарів термопластичної плівки на відрізку x ; S_n – товщина полімерної плівки в спресованому пакеті, мм; $S_{ш}$ – товщина шпону в спресованому пакеті, мм.

Окремі фізичні параметри компонентів пакета шпону залежать від температури на відрізок x пакета, тому їх значення встановлюються за розрахункової температури пакета на відрізок x [14]:

$$t_p = \frac{t_{н.с.} + t_i}{2}, \quad (14)$$

де t_i – інтегральна температура пакета шпону, °С.

Інтегральна температура пакета шпону визначається за рівнянням [14]:

$$t_i = t_{нл.} - 2 \cdot (t_{нл.} - t_{н.с.}) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-(n-1/2)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_0}}{(n-1/2)^2 \cdot \pi^2}, \quad (15)$$

З урахуванням виразів (8) – (11) формула температури в заданій точці пакета шпону (4) набуде вигляду:

$$t = t_{нл.} - \frac{4 \cdot (t_{нл.} - t_{н.с.})}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2 \cdot n + 1)}{2 \cdot n + 1} \cdot \frac{\pi \cdot x}{S} \cdot e^{\frac{-(2 \cdot n + 1)^2 \cdot \pi^2 \cdot \tau_{np}}{S^2 \cdot \left(\frac{k}{\lambda_n} + \frac{1-k}{\lambda_{ш}} \right) \cdot (c_n \cdot k \cdot \rho_n + c_{ш} \cdot (1-k) \cdot \rho_{ш})}}. \quad (16)$$

Формула (16) дає змогу визначити як температуру в заданій точці пакета шпону, так і тривалість, необхідну для нагрівання пакета до заданої температури, під час пресування фанери залежно, від застосовуваної сировини й режимних параметрів пресування.

Обговорення отриманих результатів. На основі запропонованої формули (16) визначено зміну температурного поля по товщині пакета шпону під час склеювання фанери поліетиленовою плівкою. Здійснено розрахунок значень тривалості прогрівання пакета шпону і встановлено залежності від витрати термопластичної плівки та температури пресування (табл. 1).

Таблиця 1. Тривалість прогрівання (в секундах) всередині пакета шпону відповідно до температури в заданій точці пакета

Темпера-тура в середині пакета шпону, °С	Витрата термопластичної плівки, г/м ²											
	130			150			170			190		
	Температура пресування, °С											
	140	160	180	140	160	180	140	160	180	140	160	180
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	15,1	14,1	13,3	15, 3	14,3	13,5	15,4	14,4	13,7	15,6	14,6	13,8
60	26	23,3	21,4	26, 3	23,6	21,7	26,6	23,9	22	26,9	24,2	22,2
80	39,2	33,8	30,1	39, 7	34,2	30,5	40,2	34,6	30,9	40,7	35	31,3
100	57,9	47,2	40,7	58, 7	47,8	41,2	59,4	48,4	41,7	60,1	49	42,3
120	90,1	66,2	54,4	91, 3	67,1	55,2	92,4	68	55,9	93,6	68,9	56,6
140	320, 5	99,3	74,3	325	100, 7	75,4	329, 4	102, 2	76,5	333, 7	103, 6	77,6
160		337, 2	109		342, 6	111		347, 9	112, 8		353, 1	114, 6
180			370, 9			380, 5			389, 9			399, 1

Графічна залежність тривалості прогрівання від зміни температурного поля по товщині пакета наведено на рис. 2.

Для склеювання шпону термопластичними плівками ПЕНГ у виробництві фанери важливим фактором є температура прогрівання. Річ у тім, що термопластична плівка в момент склеювання повинна перейти у в'язкотекучий стан для проникнення в структуру шпону. Перехід термопластичної плівки ПЕНГ у в'язкотекучий стан розпочинається за температури 125°C і триває до 240°C [19].

Згідно з даними табл. 1, із зростанням температури плит преса від 140°C до 180°C тривалість прогрівання середини пакета шпону до 125°C зменшується на 89% за досліджуваної витрати полімеру. Це пов'язано зі зростанням градієнту температури, який обернено пропорційний часу прогрівання пакета шпону [7].

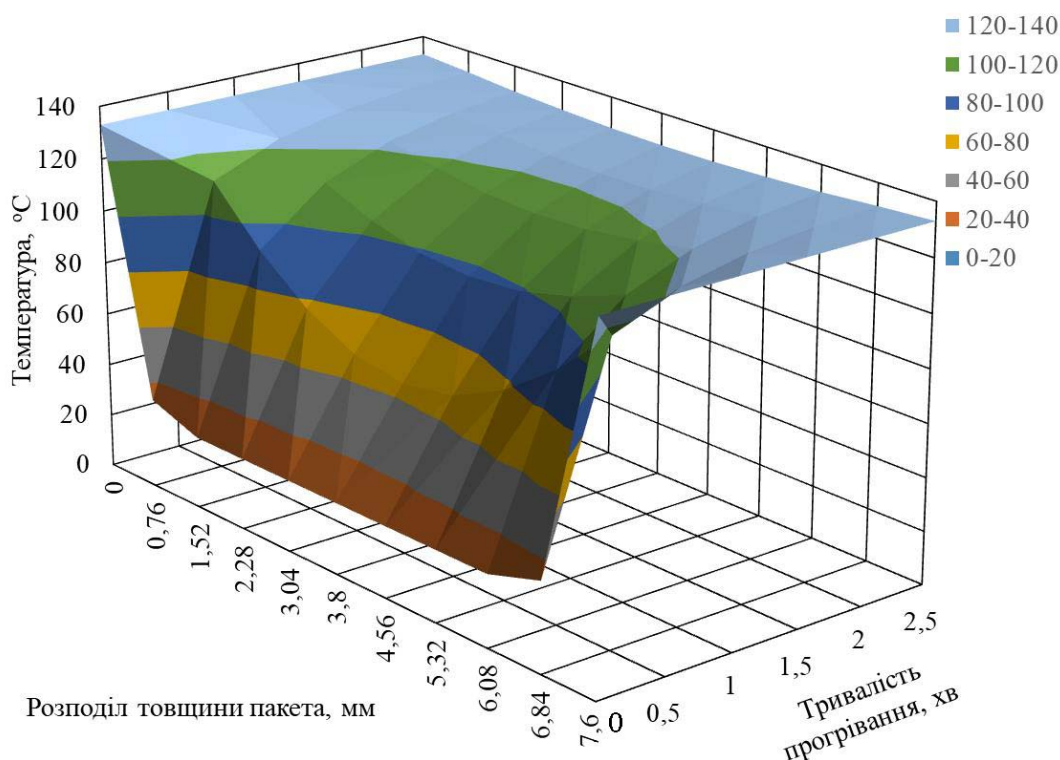


Рис. 2. Зміна температурного поля по товщині пакета під час склеювання п'ятишарової фанери поліетиленовою плівкою за температури пресування – 140°C; витрати плівки – 130 г/м²

Зі збільшенням витрати термопластичної плівки від 130 г/м² до 190 г/м² тривалість прогрівання середини пакета шпону збільшується несуттєво – від 3,8 до 4,2% залежно від температури пресування. Це відбувається із-за збільшення кількості матеріалу по товщині, яку необхідно прогріти до температури текучості полімеру.

Висновки. Запропонована математична модель дає змогу встановити вплив параметрів матеріалу та режиму пресування фанери на тривалість прогрівання пакета шпону під час виготовлення фанери склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ. Підвищення температури пресування від 140 до 180°C зменшує на 89% тривалість прогрівання центру пакета до температури 125°C за різної витрати полімеру. Витрата термопластичного полімеру від 130 г/м² до 190 г/м² змінює тривалість прогрівання середини пакета від 3,8 до 4,2% залежно від температури пресування, тому її вплив є несуттєвим.

Тривалість пресування фанери з використанням термопластичних плівок зводиться до тривалості прогрівання пакету до температури вище 125°C, за якої термопластичний полімер перейде у в'язкотекучий стан і на проникнення полімеру в структуру шпону. Відсутнім є час на випаровування надлишкової вологи та поліконденсацію клею, які мають місце під час виготовлення фанери з використанням термореактивних клеїв. Тому, тривалість пресування пакета шпону склеєного термопластичною плівкою ПЕНГ витратою від 130 до 190 г/м² за температури пресування від 140 до 180°C змінюється від 5,3 до 6,5 хв.

Література

1. **Yearbook of Forest Products 2017.** FAO. (2019). Retrieved from: <http://www.fao.org/3/ca5703m/ca5703m.pdf>.
2. **Bekhta, P.A., Kusniak, I.I.** (2020). *Sposib vyhotovlennya ekolohichno chystykh derevynnykh kompozytnykh materialiv na osnovi shponu* [The manufacturing method of the environmentally friendly wood composite materials based on the veneer]. Patent of Ukraine for useful model. IPC B27N 3/00. № 141281; declared 29.10.19; published 25.03.20, № 6. (in Ukrainian).
3. **Song, W., Wenbang, W., Congrong, R., Shuangbao, Z.** (2016). 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. Retrieved from: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/BioRes_11/BioRes_11_2_3318_Song_WRZ_Developing_Composites_Rotary_Venner_HDPE_Film_8770.pdf.
4. **Lustosa, ECB, Del Menezzi, CHS, de Melo, R.R.** (2015). Production and properties of a new wood laminated veneer/high-density polyethylene composite board. *Materials Research*, 18 (5), 994-999. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.010615>.
5. **Goto, T., Saiki, H., Onishi, H.** (1982). Studies on wood gluing. XIII: Gluability and scanning electron microscopic study of wood-polypropylene bonding. *Wood Sci. Technol*, 16, 293-303. <https://doi.org/10.1007/BF00353157>.
6. **Kajaks, J., Reihmane, S., Grinbergs, U., Kalniņš, K.** (2012). Use of innovative environmentally friendly adhesives for wood veneer bonding. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 61 (3), 207-211. <https://doi.org/10.3176/proc.2012.3.10>.
7. **Sevastyanov, K.F.** (1976). *Intensyfikatsiya protsessa skleyvaniya fanery*. [The intensification of the gluing plywood process]. – Moscow: Forestry. – 144 p. (in Russian).
8. **Ortynska, G.Ye., Bekhta, P.A., Bakalets, A.V.** (2010). *Matematychna model protsesu vyhotovlennya fanery iz shponu pidvyshchenoyi volohosti* [Mathematical model of plywood fabrication by using the veneer with high moisture content]. *Scientific Bulletin of UNFU* 20(10): 308-312. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiczna-model-protsesu-vigotovlennya-faneri-iz-shponu-pidvischenoyi-vologosti/viewer>. (in Ukrainian).
9. **Bryn, O.I., Bekhta, P.A.** (2012). *Modelyuvannya protsesu prohrivannya prosochenoho antypirenom shponu pid chas presuvannya vohnestiykoyi fanery* [Design of warming up impregnated veneer process]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(1): 358-361. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltsu_2012_22.1_66. (in Ukrainian).
10. **Priimenko, S.G.** (1995). *Optymyzatsiya horyacheho yzostatycheskoho pressovannya porystykh materialov na osnove usovershenstvovannoy matematycheskoy modely protsessa* [Optimization of the hot isostatic pressing of porous materials based on the improved mathematical model of the process]. – Kramatorsk, 16 p. (in Russian).
11. **Berdinsky, I.P.** (1965). *Skleyvaniye drevesyny*. [Gluing of the wood]. – Kyiv: Budivelnik. – 322 p. (in Russian).
12. **Polosin, A.N., Chistyakova, TB, Pogorelsky, A.M.** (2010). *Matematycheskaya model nahreva sloystykh polymernykh y polymerno-tekstilynykh materialov dlya upravleniya protsessom termoformovaniya zvukozolyatsionnykh yzdelyy* [Mathematical model of the heating layered polymer and polymer-textile materials for control thermoforming soundproof products process. Modern prob-

lems of science and education], 6: 95-101. Retrieved from: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4562>.

13. Shevchenko, S.A., Zaiets, V.M., Gerasymchuk, V.L. (2016). *Matematychnye modelyuvannya temperaturnoho polya pry vyhotovlenni derevynno-polimernoho sharuvatoho kompozytu metodom haryachoho presuvannya* [Mathematical modeling of temperature field in manufacture of wood-polymer composite by hot pressing]. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture, 178: 70-77. Retrieved from: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/1855/1/13.pdf>.

14. Chudinov, B.S. (1968). *Teoriya teplovoy obrabotky drevesyny* [Theory of the wood heat treatment]. – Moscow: The science. – 256 p. (in Russian).

15. Biley, P.V. (2005). *Teoretychni osnovy teplovoyi obrobky i sushinnya derevyny: monohrafiya* [Theoretical basis of heat treatment and drying of wood]. – Kolomyia: Vik. – 360 p. (in Ukrainian).

16. Biley, P.V., Kunynets, E.P., Sokolovskyy, I.A., Soroka L.Ya., & Synitovych Ya.D. (2012). *Teoriya teplovoyi obrobky derevyny: monohrafiya* [Theory of heat treatment of wood]. – Lviv: Western Ukrainian Consulting Center. – 200 p. (in Ukrainian).

17. Ozarkiv, I.M., Soroka, L.Ya., & Hrytsyuk, Yu.I. (1997). *Osnovy aerodynamiky i teplo masoobminu* [Fundamentals of aerodynamics and heatmass transfer]. – Kyiv: Institute of tools and teaching methods. – 280 p. (in Ukrainian).

18. Bekhta, P.A. (2003). *Vyrobnytstvo fanery* [Plywood production]. – Kyiv: Osnova. – 320 p. (in Ukrainian).

19. Suberlyak, V.A., Bashtannik, P.I. (2007). *Tekhnolohiya pererobky polimeriv ta kompozytsiynykh materialiv* [Technology of the polymers and composites processing]. – Lviv: Raster-7, 152-233 (in Ukrainian).

UDC 674-419.32

Assoc. prof. R.O. Kozak, assist. I.I. Kusniak – UNFU

Modeling of the plywood making process glued with thermoplastic polymer

A promising variety of the wood composite materials is plywood glued with thermoplastic polymers. However, making such a wood composite requires adjustment of the pressing modes, because there is a slightly difference between the hot method of the veneer packages pressing glued with thermoplastic films and the method of the veneer packages pressing glued with thermosetting adhesives. Among the main processes that occur in the gluing plywood process are heat and mass transfer. The availability of the thermoplastic film between the veneer sheets is going to change the thermal conductivity of the package, and therefore will affect the pressing duration. If suppose, that the package has a plate appearance, which is located between heated to the certain temperature pressed plates, then the known Fourier-Kirchhoff thermal differential equation can be applied. The basis for the model development of the warming package veneer process glued with thermoplastic film are laid methods of nonlinear programming, uniform search and conjugate gradient. On the offered mathematical model basis, the temperature field change in the package thickness during the plywood gluing with plastic film is calculated, the calculation of the warming duration indicators of the package veneer is done and this indicator dependence on the thermoplastic film flow rate and the pressing temperature is established. The duration of the warming package veneer glued with thermoplastic film depends on the temperature at which the thermoplastic polymer will change from a highly elastic to the viscous state. The transition of the thermoplastic film LDPE to the viscous state begins at 125oC and lasts up to 240 oC. With increasing of the press temperature plates from 140 to 180oC the duration of warming up the middle of the package to 125oC decreases by 89% for all investigated polymer costs is established. Changing the polymer content in the package does not significantly affect the duration of its warming. With increasing of the thermoplastic film flow rate from 130 g/m² to 190 g/m², the duration of warming up the middle of the veneer package to 125oC increases slightly from 3,8 to 4,2% depending on the pressing temperature. Suggested mathematical model allows to set the material parameters and plywood pressing mode influence on the duration of the warming package veneer while plywood making glued with the thermoplastic film LDPE.

Keywords: rotary cut veneer, low density polyethylene, thermal conductivity; specific heat capacity, packet density, fluidity temperature.