

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ГАНЦЮК

Володимир Михайлович



ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ
ДЕРЕВИННОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ
В УСТАНОВКАХ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Спеціальність 05.03.01. — «Процеси механічної обробки,
верстати та інструменти»

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Л Ъ В І В — 1 9 9 6



00760080 (L)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному лісотехнічному університеті

Наукові керівники: академік АНТК, доктор технічних наук,
професор - Гірник Микола Лукіч
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник -
Соколовський Ярослав Іванович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор - Іноземцев Георгій Борисович

кандидат технічних наук,
доцент - Бехта Павло Антонович

Провідна установа: Державний університет "Львівська політехніка"

Захист дисертації відбудеться 29 жовтня 1996р. о 14³⁰ год. на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.03.01 при Українському
державному лісотехнічному університеті за адресою: 290057, Львів-57,
вул. Чупринки, 103

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотечі УкрДЛТУ.

Автореферат розіслано 26 вересня 1996р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, професор  Б.В.Прокопович

Вступ

Актуальність теми. Інтенсифікація виробництва, розробка та впровадження енергоощадних технологій на підприємствах деревообробної галузі є однією з головних умов успішної реалізації програми розвитку країни і вимагає прогресивного переоснащення усіх виробничих структур лісопромислового комплексу. У вирішенні цієї програми значну роль відіграють вдосконалення та розробка нових прогресивних технологій виробництва деревинностружкових плит. На сьогоднішній день найбільш поширеним є спосіб пресування ДСП в одно- і багатопверхових пресах періодичної дії. Впровадження результатів великої кількості наукових робіт і практичного досвіду дало можливість вдосконалити виробництво ДСП в установках періодичної дії. На даний час резерви підвищення продуктивності в таких конструкціях майже вичерпані. Для подальшої інтенсифікації процесу виготовлення деревинностружкових плит з покращеними показниками якості, значним заощадженням енерговитрат і зменшенням матеріалосмності найбільш перспективним є створення нових прогресивних технологічних ліній з використанням пресового обладнання безперервної дії. Вдосконалення технології безперервного пресування деревинно-стружкових плит і впровадження її у виробництво стримується в першу чергу обмеженістю теоретичних та експериментальних досліджень взаємозв'язаних процесів тепломасообміну і кінетики твердіння в'язучого в умовах інтенсивних гідробаротермічних навантажень на деревинностружковий пакет. Тому теоретичні дослідження і практичні рекомендації інтенсифікації пресування деревинностружкових плит на установках безперервної дії є актуальними і мають важливе народногосподарське значення.

Мега роботи. Розробка інтенсифікованих режимів безперервного пресування ДСП та створення інженерних методів їх розрахунку.

Наукова новизна. На основі термодинаміки необернених процесів синтезовано нову просторову нелінійну модель зв'язаного тепломасообміну для процесу безперервного пресування ДСП з одночасним врахуванням границі фазового переходу і об'ємних параметрів, кінетики твердіння в'язучого та особливостей пресування в установках безперервної дії; розроблено ефективні алгоритми для розрахунку температурно-вологісних полів стружкового пакету, тиску парогазової суміші, концентрації в'язучого, часу і швидкості пресування; виявлено вплив основних технологічних факторів на показники міцності плит; розроблено інтенсифіковані режими безперервного пресування деревинностружкових плит.

Практична значимість і реалізація процесів досліджень. Розроблено інженерні методи для розрахунку взаємозв'язаних процесів тепломасоперенесення і твердіння в'язучого при безперервному пресуванні стружково-клеєвого пакету; розроблено інтенсифіковані режими пресування

деревинностружкових плит на установках безперервної дії, які дозволяють зменшити час пресування і підвищити міцність плит. Запропонований спосіб безперервного пресування дозволяє зменшити енерговитрати на 12-18% в порівнянні з існуючими способами пресування плит періодичним способом. Результати роботи використано для технологічного налагодження та апробації лінії безперервного пресування деревинностружкових плит на лісокомбінаті "Осмолода" і розробці технічного завдання для проектування технологічної лінії.

Дисертаційна робота виконана в рамках держбюджетної тематики УкрДЛТУ ("Розробка і створення нових класів деревинних композитних матеріалів на основі автоматизованих енергоощадних технологій", 1995 - 1997рр., ДБ 36.12.95).

Основні положення, які виносяться на захист. Тримірна нелінійна модель зв'язаного тепломасоперенесення в процесі пресування деревинностружкових плит в установках безперервної дії з одночасним врахуванням внутрішніх об'ємних коефіцієнтів, границі фазового переходу, кінетики твердіння в'язучого.

Інженерні методи та алгоритми для розрахунку топології параметричних температурно-вологісних полів стружкового пакету; тиску парогазової суміші; кінетики твердіння і концентрації в'язучого; часу і швидкості пресування.

Експериментальне обґрунтування залежностей розподілу парогазової суміші і температури в стружково-клеєвому пакеті при безперервному пресуванні, та визначення впливу основних технологічних факторів на показники міцності деревинностружкових плит.

Інтенсифіковані режими пресування деревинностружкових плит в установках безперервної дії.

Апробація роботи. Основні результати роботи обговорювались на:

- науково-технічних конференціях УкрДЛТУ і наукових семінарах кафедри автоматизації виробничих процесів, електротехніки і теплотехніки (1992-1996 рр.)

- технічних семінарах Проектно-конструкторського технологічного інституту (Івано-Франківськ, 1990-1995рр.)

- науково-методичній конференції "Нові інформаційні технології підготовки інженерів технічних вузів" (м. Черкаси, 1996р.)

- міжнародних конференціях "Інтенсифікація технологічних процесів в деревообробній галузі" (Гановер, 1993р.); "Зарубіжні інвестиції в економіці України" (Лондон, 1995 р.).

Розробки дисертаційної роботи демонструвались на ВДНГ України (1993р.) і відзначені срібною медаллю.

Публікації. Основні положення роботи опубліковано в 2 монографіях, 9 наукових працях. Отримано одне авторське свідоцтво.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків і списку використаної літератури і викладена на 140 листках машинописного тексту, містить 25 рисунків і 10 таблиць. Бібліографічний список включає 137 найменувань.

Зміст роботи.

У вступі показано актуальність досліджуваної проблеми, сформульовано мету і основні положення, які виносяться на захист. Викладено наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан в області інтенсифікації процесів пресування деревинностружкових плит в Україні та за рубежом. Наведено критичний огляд теоретичних та експериментальних досліджень тепломасообмінних і деформівних процесів при кондуктивному нагріванні деревинностружкового пакету. На основі аналізу різних способів пресування деревинностружкових плит обґрунтовано можливість подальшої інтенсифікації цього процесу в установках безперервної дії. Виходячи з цього, сформульовано задачі досліджень.

У другому розділі на основі загальних положень термодинаміки необернених процесів розглянуто теоретичні передумови сумісного моделювання тепломасообмінних процесів і кінетики твердіння в'язучого з врахуванням особливостей фазового переходу і внутрішніх теплофізичних параметрів у тримірній постановці для капілярно-пористих тіл.

У третьому розділі на основі узагальненого підходу моделювання тепломасообміну капілярно-пористих тіл обґрунтовано і синтезовано фізико-математичну модель зв'язаного тепломасоперенесення, кінетики твердіння в'язучого для пресування деревинностружкових плит безперервним способом. Наведено інженерні методи для розрахунку технологічних параметрів досліджуваного процесу.

Складність і взаємозв'язаність фізико-хімічних процесів при пресуванні деревинностружкових плит, особливості гідравлічних і гідротермічних характеристик стружкового пакету, суттєва нелінійність і анізотропія його теплофізичних і фільтраційних характеристик, залежних від вологості, температури, густини, структури плити та інших факторів обумовлюють важливість розробки і аналізу фізико-математичного моделювання для процесу пресування. В роботі синтезовано просторову фізико-математичну модель з одночасним врахуванням внутрішніх коефіцієнтів тепломасообміну, границі фазових переходів, а також зв'язку вологи з матеріалом і кінетики твердіння в'язучого для розрахунку топології температурно-вологісних полів, парогазового тиску і часу пресування деревинностружкових плит в установках безперервної дії. Вважаємо, що рух пароповітряної суміші в пакеті описується законом Дарсі; передача тепла здійснюється конвективним перенесенням парогазової суміші, тепло-

провідністю пакету і за рахунок фазових переходів. Стружковий пакет моделюється трансверсально-ізотропним тілом з віссю ізотропії, перпендикулярною до пласті плити. Оскільки стружковий пакет знаходиться між металевими стрічками безперервного преса, які рухаються з швидкістю V в площині пресування, то введені рухомі системи координат

$$X_1 = X, Y_1 = Y - Vt, Z_1 = Z - Vt.$$

В наступних викладках індекс "1" опущено. Сформульована модель являє собою крайову задачу і представлена у вигляді взаємозв'язаних нелінійних рівнянь в часткових похідних.

1. Рівняння нерозривності для водяної пари

$$\begin{aligned} \Pi \frac{\partial \rho_{\Pi}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(-\rho_{\Pi} \frac{K_{\Pi x}}{v} \frac{\partial P_{\Pi}(t, x, y, z)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-\rho_{\Pi} \frac{K_{\Pi y}}{v} \frac{\partial P_{\Pi}(t, x, y, z)}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(-\rho_{\Pi} \frac{K_{\Pi z}}{v} \frac{\partial P_{\Pi}(t, x, y, z)}{\partial z} \right) + \rho_s \frac{\partial U}{\partial t} = M_{\Pi} M \rho_{\Pi} (1 - \Pi) \frac{\partial \theta}{\partial t} \end{aligned} \quad (1)$$

2. Рівняння перенесення енергії

$$\begin{aligned} C(U, T, \rho) \rho \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x(U, T, \rho) \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y(U, T, \rho) \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z(U, T, \rho) \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial z} \right) + C_n \frac{K_{nz}}{v} \frac{\partial P_n(t, x, y, z)}{\partial x} \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial x} + \\ + \left(C_n \frac{K_{ny}}{v} \frac{\partial P_n(t, x, y, z)}{\partial y} + 2\omega_1 \right) \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial y} + \left(C_n \frac{K_{nz}}{v} \frac{\partial P_n(t, x, y, z)}{\partial z} + 2\omega_2 \right) \frac{\partial T(t, x, y, z)}{\partial z} + \\ + \rho_n E_0 \frac{\partial U}{\partial t} + M_{\Pi} M \rho_{ck} (1 - \Pi) \frac{\partial \theta}{\partial t} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{де } \omega_1 = \frac{v C_{\Pi} \rho_{\Pi}}{2 \lambda_x}; \quad \omega_2 = \frac{v C_{\Pi} \rho_{\Pi}}{2 \lambda_y}.$$

3. Рівняння фазових переходів

$$\frac{\partial U(t, x, y, z)}{\partial t} = \begin{cases} \beta v_x (P_k - P_{nn}(T)), & P_{\Pi} \geq P_{nn}(T), \\ -\beta v_y (P_{\Pi} - P_{nn}(T)) \chi(U), & P_{\Pi} < P_{nn}(T), \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{де } \chi(U) = \begin{cases} 1, & U > 0; \\ 0, & U = 0. \end{cases}$$

4. Рівняння реакції твердіння в'язучого

$$\frac{\partial \theta(t, x, y, z)}{\partial t} = \begin{cases} (1 - \theta) f(T_{sk}, C_c, M), & \theta < \theta_R(T_{sk}, C_c); \\ (\theta_s(T_{sk}) - \theta) f(T_{sk}, C_c, M), & \theta_R \leq \theta \leq \theta_M(T_{sk}); \\ 0, & \theta > \theta_M(T_{sk}). \end{cases} \quad (4)$$

5. Рівняння зміни концентрації в'язучого

$$\frac{\partial C_c(t, x, y, z)}{\partial t} = \begin{cases} \frac{C_c^2 \beta_{II}}{M \rho_{sk} (1 - \Pi)} \frac{\partial U}{\partial t}, & \frac{\partial U}{\partial y} < 0; \\ 0, & \frac{\partial U}{\partial y} \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

6. Рівняння стану для пари

$$\rho_{II} R_{II} (\rho_{II}) T = P_{II} \quad (6)$$

7. Рівняння для тиску неконденсованих газів

$$P_r = \max(0, P_s - P_{III} \times \min(T(t, x, y, z))). \quad (7)$$

8. Початкові умови

$$\begin{aligned} T(0, x, y, z) &= T_0(x, y, z), & U(0, x, y, z) &= U_0(x, y, z), \\ C_c(0, x, y, z) &= C_{c0}(x, y, z), & \theta(0, x, y, z) &= \theta_0(x, y, z), \\ P_{II}(0, x, y, z) &= P_{II0}(x, y, z). \end{aligned} \quad (8)$$

9. Граничні умови

$$\begin{aligned} T(t, [0, \delta], y, z) &= T_1(t), & \frac{\partial T(t, \delta/2, y, z)}{\partial x} &= 0, \\ P_{II}(t, x, l, z) + P_r &= P_a, & P_{II}(t, x, y, l_r) + P_r &= P_a; \\ \frac{\partial P_{II}(t, x, 0, z)}{\partial y} + P_r &= 0, & \frac{\partial P_{II}(t, x, y, 0)}{\partial z} + P_r &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким чином, запропонована модель разом із записаними в найбільш загальному вигляді крайовими умовами за наявності відповідних теплофізичних характеристик дозволяє розрахувати основні технологічні параметри у всьому об'ємі деревинностружкового пакету в різних режимах безперервного пресування. Оскільки аналітичний розв'язок системи (1)-(7) з описаними крайовими умовами (8)-(9) є досить складним, то її чисельний

розв'язок отримано методом скінчено-різницевої апроксимації рівнянь рівномірно-просторової сітки з реалізацією явної схеми.

Четвертий розділ присвячено експериментальному дослідженню впливу основних факторів пресування на розподіл гідробаротермічних полів у пакеті і якісних показників плит. Наведено опис методики досліджень та лабораторної установки, а також системи вимірювань та реєстрації парогазового тиску і температури в умовах пресування.

З метою практичної апробації запропонованих теоретичних методів розрахунку гідробаротермічних полів у процесі безперервного пресування деревинностружкового пакету описано методику вимірювань параметрів процесу та наведено експериментальні дані. Однак, знання кінетики полів температури, парогазового тиску, вологості і ступеня твердіння в'язучого не дозволяє кількісно прогнозувати з достатньою точністю такі показники якості деревинностружкових плит, як границя міцності при розтягу перпендикулярно до пласті плити і статичному згині. Це пояснюється складністю фізико-хімічних процесів при пресуванні стружково-клеєвого пакету і його релаксацийними властивостями. Тому для визначення впливу основних технологічних факторів на показники міцності плит застосовано методику математичного планування експерименту.

Для проведення дослідів використано лабораторний прес типу "Fontune". Стружку виготовлено в заводських умовах з наступним розподілом на фракції за допомогою ситового аналізатора. Для формування дослідних пакетів використано схему розміщення давачів температури і тиску, запропоновану М.І. Сосніним, яка дозволяє в достатньому наближенні моделювати промислові умови пресування на лабораторному обладнанні. На основі аналізу сформульованої системи рівнянь тепломасоперенесення і кінетики твердіння в'язучого для безперервного пресування плит, результатів попередніх досліджень, а також літературних джерел в роботі обґрунтовано вибір основних факторів, які впливають на процес пресування і діапазони їх зміни (табл. 1). В експерименті на процес пресування діяли такі стабілізуючі фактори: порода деревинних частинок - ялина 40% (загальної кількості), осика 39%, тополя 3%, береза 18%; в'язучий карбанідноформальдегідний олігомер (КФО) із затверджувачем хлористий амоній (NH_4Cl) - 1,2%; вологість стружок до осмолення $3 \pm 1\%$; розподіл початкової вологості за товщиною плити - рівномірний; розподіл вологості проклясоної стружки для зовнішнього і внутрішнього шарів $12 \pm 1\%$, $7 \pm 1\%$ відповідно; формат плити - $0,4 * 0,4$ м.

Таблиця 1.

Фактори	Рівні		
	-1 нижній	0 основний	+1 верхній
δ - товщина плити, мм	12	16	20
T_{II} - температура пресування, °C	180	200	220
d - фракційний склад стружки, мм	7/5	5/3	3/2
ρ - густина плити, кг/м ³	550	690	750
P - кількість в'язучого, %	10	12	14
K - концентрація в'язучого, %	48	52	60
t - час пресування, с	7	8,5	10

Для реалізації двох серій експериментальних досліджень використано план Хартлі для семи факторів. Визначено мінімально необхідну кількість спостережень для отримання достовірної інформації шляхом оцінки дисперсії відтворюваності експериментальних даних. Результати досліджень апроксимовано поліномом другого порядку. Коефіцієнти рівнянь регресії визначено методом найменших квадратів. Адекватність отриманих статистичних моделей перевірено за критерієм Фішера, однорідність дисперсії експерименту - за критерієм Кохрена. Значимість коефіцієнтів регресії оцінено за допомогою критерію Ст'юдента. Вихідними факторами, які характеризують раціональний вибір режимних параметрів і якість пресованих плит на установках безперервної дії і для яких отримано регресійні рівняння, прийнято максимальний парогазовий тиск, температуру і кінцеву вологість плити; час пресування, границі міцності - для статичного згину і розтягу перпендикулярно до пласті плити.

У п'ятому розділі запропоновано спосіб інтенсифікації пресування деревинностружкових плит на установках безперервної дії. На основі аналізу фізико-математичної моделі досліджуваного процесу, розроблених інженерних методів розрахунку гідробаротермічних полів і кінетики твердіння в'язучого, результатів експериментальних досліджень в дисертації розроблено раціональні інтенсифіковані режими безперервного пресування. Виявлено особливості розподілу температурно-вологісних полів і руху парогазової суміші в стружковому пакеті. Зокрема, рівномірний рух металевих стрічок, поступове ущільнення пакету внаслідок конічної конструкції вхідної частини безперервного пресу обумовлюють направлене регулювання руху парогазової суміші назустріч його подачі, чим в деякій мірі досягається попереднє прогрівання пакету перед входом в основну секцію преса. Вищенаведені фактори, а також одночасне нагрівання верхньої і нижньої пластей деревинностружкового пакету обумовлюють необхідну рівномірність розподілу вологи в

поперечному перерізі, а також симетричність розподілу температурного поля в його поверхневих і в середньому шарах.

Дослідження впливу режимів пресування, розмірів пакету на процес тепломасоперенесення в стружковому пакеті, кінетику твердіння в'язучого наведено на рис. 1, 2, 3.

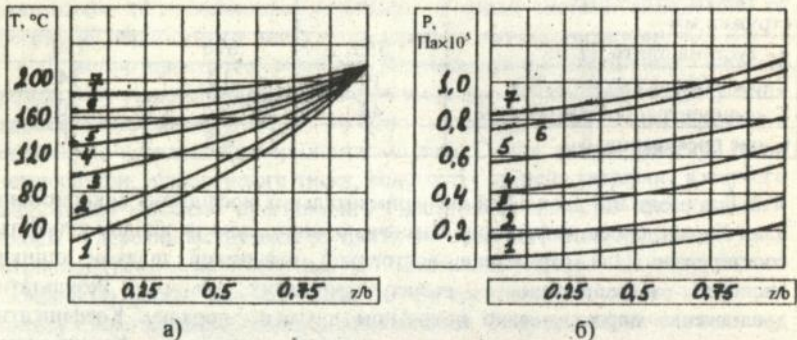


Рис.1. Залежність температури (а) і парогазового тиску (б) за товщиною стружкового пакету густиною $\rho=690 \text{ кг/м}^3$; початкова вологість зовнішнього шару - 12%; внутрішнього - 7%; температура пресування: $T_1=210 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_2=215 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_3=160 \text{ }^\circ\text{C}$; 1-5с; 2-10с; 3-18с; 4-30с; 5-60с; 6-100с; 7-110с.

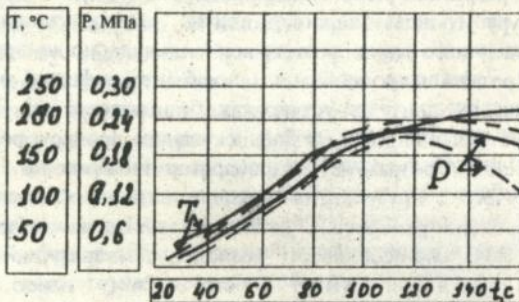


Рис.2 Динаміка зміни температури і тиску парогазової суміші в центрі пакету (— теоретичні криві; --- експериментальні криві).

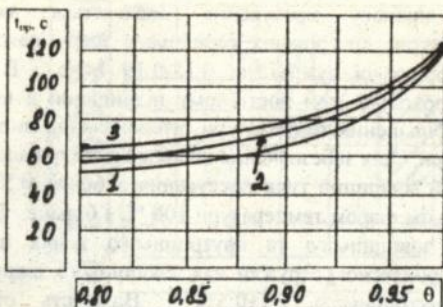


Рис.3 Залежність часу безперервного пресування від ступеня завершення твердіння в'язучого при різних значеннях парогазового тиску: 1 - 0,16МПа; 2 - 0,12МПа; 3 - 0,08МПа.

На рис.4 наведено діаграму пресування та динаміку зміни температури і парогазового тиску на поверхні і в середньому шарі стружкового пакету ($\delta=16$ мм, $\rho=690$ кг/м³) за наступної змінюваної температури плит преса - вхідній секції - 220 °С, середній - 215 °С, вихідній - 165 °С. Встановлено, що досліджуваний безперервний спосіб пресування деревинностружкових плит, наприклад, товщиною 16мм за високих температур 200-220 °С дозволяє скоротити загальний цикл пресування в порівнянні з періодичним при використанні сучасних методів підпресовки до 76с, з них 36с - за рахунок зменшення циклу пресування, а 40с - за рахунок відсутності простоїв преса (час завантаження, вивантаження, посадки плит на дистанційні планки).

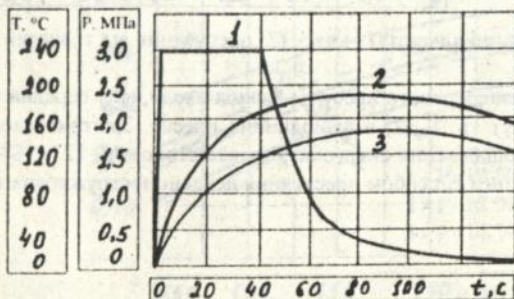


Рис.4 Діаграма пресування (1) та динаміку зміни температури на поверхні (2) і в середньому шарі (3) стружкового пакету товщиною 16мм.

Така інтенсифікація процесу пресування досягається за рахунок збільшення температури прогрівання середнього шару пакету до 130-135 °С і тиску парогазової суміші до 0,18-0,19 МПа. В результаті нагрівання пакету проходить при постійному підвищенні в ньому тиску пари, що веде до збільшення температури інтенсифікації випаровування води і конденсації пари. Для забезпечення вільного виходу вологи з пакету необхідно утримувати зовнішній тиск пресування в межах 0,33-0,35 МПа при досягненні середнім шаром температури 100 °С і більше. Встановлені значення вологості зовнішнього та внутрішнього шарів стружкового пакету: вологість проклеювальної стружки для зовнішнього шару становить $12 \pm 0,5\%$, для внутрішнього $7,5 \pm 0,5\%$. Вологість стружки до проклеювання дорівнює $2 \pm 0,5\%$. На рис. 5 наведено залежності швидкості руху металевих стрічок пресу і часу пресування від товщини плити.

Однією з найвагоміших переваг запропонованого способу є зменшення енерговитрат на процес пресування за рахунок змінної температури пресування. В періодичному способі вона є сталою у всій площині плити пресу. На рис. 6 наведено розподіл $T_{пр}(1)$ по

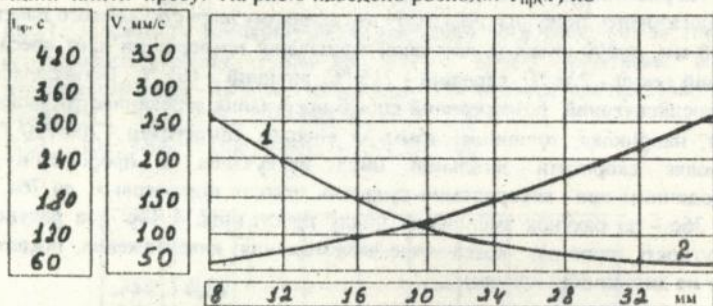


Рис. 5. Залежність швидкості (1) і часу (2) пресування від товщини плити.

довжині плит безперервного пресу (I - секція входу, II - середня секція, III - секція виходу). і $T_{пр}(2)$ в періодичних пресах. Заштрихована область характеризує заощадження енерговитрат, яке становить 12 - 18% в порівнянні з періодичним способом пресування деревинностружкових плит.

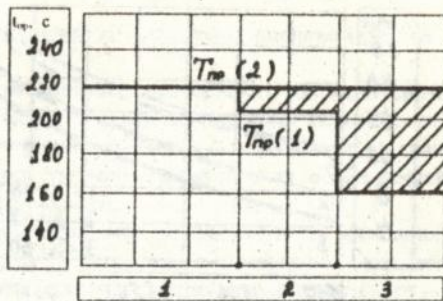


Рис.6. Розподіл температури пресування в безперервному і періодичному пресах.

На рис.8,7 наведено залежності показників міцності деревинностружкових плит на розтяг перпендикулярно до площі і на статичний згин, отримані в результаті експериментальних досліджень. Співставлення їх з аналогічними величинами плит, які виготовлені періодичним способом пресування (за даними Г.М. Шварцмана) показує, що запропонований спосіб безперервного пресування дозволяє покращити фізико-механічні властивості деревинностружкових плит і зменшити дисперсію міцності властивостей.

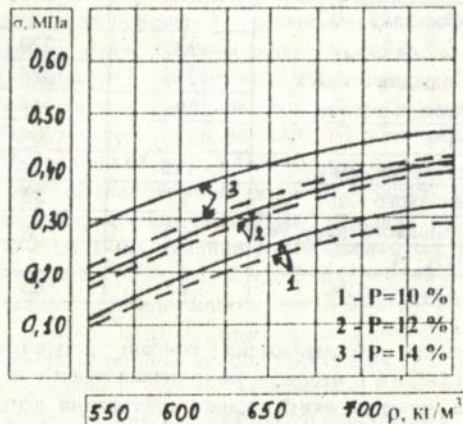


Рис.7. Залежність границі міцності на розтяг перпендикулярно до площі при безперервному (суцільні лінії) і періодичному способах пресування.

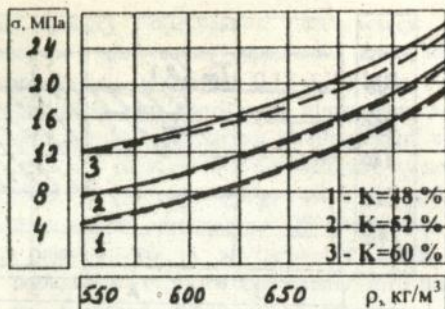


Рис. 8. Залежність границі міцності при статичному згині (суцільні лінії - безперервний спосіб, штрихові - періодичний)

В табл.2 наведено основні режимні параметри для процесу безперервного пресування деревинностружкових плит.

Таблиця 2.

Параметри	товщина плити, мм		
	16	18	22
Густина плити, $\text{кг}/\text{м}^3$	690	690	680
температура пресування, $^{\circ}\text{C}$	секція входу	220	215
	середня секція	215	210
	секція виходу	165	165
час пресування, с	120	134	170
швидкість пресування, $\text{мм}/\text{с}$	150	134	106
вологість зовнішнього шару, %	12	12	12
вологість внутрішнього шару, %	7,6	7,6	7,6
кінцева вологість, %	7	7	7
концентрація в'язучого, %	65	65	65

У підсумках сформульовано основні результати та висновки дисертаційної роботи й отримані на їх основі практичні рекомендації для інтенсифікації технологічного процесу пресування деревинностружкових плит в установках безперервної дії.

Основні результати та висновки роботи

1. На основі термодинаміки необернених процесів синтезовано фізико-математичну модель зв'язаного тепломасоперенесення з одночасним врахуванням внутрішніх об'ємних коефіцієнтів, границі фазового переходу, кінетики твердіння в'язучого та особливостей пресування в установках безперервної дії.
2. Розроблено інженерні методи розрахунку основних технологічних параметрів процесу безперервного пресування, які дають можливість визначити кінетику і динаміку температурно-вологісного поля, тиску парогазової суміші, ступеня завершеності реакції твердіння в'язучого, а також швидкості і часу пресування.
3. На основі аналізу та синтезу фізико-математичної моделі, проведених експериментальних досліджень запропоновано інтенсифіковані режимні параметри процесу безперервного пресування деревинностружкових плит.
4. Встановлено, що інтенсифікація досягається за рахунок збільшення прогрівання температури середнього шару пакета до 130 - 140 °С і тиску парогазової суміші до 0,18 - 0,19 МПа. При досягненні середнім шаром температури 100 °С і більше необхідно утримувати тиск пресування в межах 0,33 - 0,35 МПа. Температуру пресування необхідно змінювати в межах 210 - 225 °С - для вхідної секції плит пресу; 205 - 215 °С - для середньої і 150 - 160 °С відповідно для вихідної секції.
5. Отримано раціональні значення вологості стружки зовнішнього та внутрішнього шарів після осмолення - відповідно $12 \pm 0,5$ % і $7,5 \pm 0,5$ %. Вологість стружки до просмолювання дорівнює $2 \pm 0,5$ %. Концентрація в'язучого для внутрішнього і зовнішнього шарів становить 65 %.
6. Визначено залежність між товщиною деревинностружкового пакету і швидкістю руху безперервного преса. Зокрема, для плит товщиною $\delta=8$ мм $v=22,54$ мм/с; $\delta=16$ мм $v=14,68$ мм/с, а $\delta=30$ мм $v=9,6$ мм/с.
7. Встановлено, що інтенсифіковані режими процесу безперервного пресування деревинностружкових плит дають можливість зменшити час пресування до 7-9 с на 1-мм товщини плити (наприклад, для $\delta=16$ мм, $t_{пр}=7,23$ с; $\delta=24$ мм, $t_{пр}=7,75$ с; $\delta=36$ мм, $t_{пр}=8,24$ с), що на 3-5 % і 7-10 % менше часу пресування плит відповідно в одно- і багатопверхових пресах періодичної дії. При цьому, загальне енергозощадження становить 12-18% від енерговитрат при періодичному способі пресування.
8. Результати дисертаційної роботи використано для технологічного налагодження та апробації лінії безперервного пресування на лісокомбінаті "Осмолода" (м. Брошнів, Івано-Франківська обл.) і для розробки технічного завдання для проектування технологічної лінії пресування деревинностружкових плит в установках безперервної дії.

Позначення

П - пористість пакету, %; К - величина фільтрації, с; ρ - густина, $\text{кг}/\text{м}^3$; ν - ступінь твердіння в'язучого, %; E_f - енергія фазових переходів, Дж/кг; U - вологовміст, %; T - температура, °C; P - тиск, МПа; δ - товщина пакету, мм; C_s , M - концентрація і розхід в'язучого, %; C - теплоємність, Дж/(кг*°C); λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*°C); V - швидкість пресування, мм/с; β_{ik} , β_m - об'ємні коефіцієнти масообміну при конденсації і випаровуванні, $\text{с}^2/\text{м}^2$; R - газова стала, Дж/(кг*°C). Індокси: п - пара; ск - скелет пакету; пн - пара насичена; г - газ; о - початковий; пр - пресування.

Публікації за матеріалами дисертаційної роботи

1. Гірник М.Л., Ганцюк В.М. та ін. Контроль та регулювання технологічних параметрів клеєних матеріалів в деревообробці. - Київ, 1991. - 244 стор.
2. Гірник М.Л., Мазяк З.Ю., Ганцюк В.М. та ін. Математичне моделювання процесів конвективного сушіння. - Київ, Будівельник, -1993. - 248 стор.
3. Ганцюк В.М., Соколовський Я.І., Шикеринець І.М. Експериментальні дослідження механічних характеристик деревинностружкових плит // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 14 стор.
4. Ганцюк В.М., Соколовський Я.І., Шикеринець І.М. Теплофізичні властивості деревинностружкових плит // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 20 стор.
5. Гірник М.Л., Соколовський Я.І., Ганцюк В.М., Ільницький І.М. Теоретичні передумови моделювання тепломасообміну в капілярно-пористих тілах // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 18 стор.
6. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М., Новіков В.І. Теплофізичні процеси нагрівання стружкового пакету // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 19 стор.
7. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М., Шикеринець І.М. Моделювання напружено-деформівного стану в композитних матеріалах в процесі полімеризації // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 78 стор.
8. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М. Сучасний стан в області інтенсифікації процесу пресування деревинностружкових плит // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 16 стор.
9. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М. Сучасний стан в області інтенсифікації процесу пресування деревинностружкових плит // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 27 стор.
10. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М. Моделювання тепломасообмінних процесів при безперервному пресуванні деревинностружкових плит // Препр. - УкрДЛТУ, 1996р. - 20 стор.

11. Соколовський Я.І., Ганцюк В.М., Шикеринець І.М. Інтенсифікація процесу пресування деревностружкових плит безперервним способом, - *Мат. між. наук.-практ. конф. Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу - УкрДЛТУ*. Львів, 27-28 травня 1996р. стор. 40-41.
12. Ганцюк В.М. та ін. А.С. 1656810 СССР. Спосіб виробництва деревностружечних плит. Заявлено 15.07.1989. Опубл. 15.02.1991.

Аннотация. Ганцюк В.М. Интенсификация процесса прессования древесностружечных плит в установках непрерывного действия.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 - процессы механической обработки, станки и инструменты. Украинский государственный лесотехнический университет, Львов, 1996. Рукопись.

Диссертационная работа посвящена разработке технологического процесса горячего прессования древесностружечных плит непрерывным способом.

Исходя из общих теоретических подходов термодинамики необратимых процессов синтезирована физико-математическая модель связанного тепло-массопереноса для непрерывного прессования ДСП с введением внутренних коэффициентов, подвижной границы фазового перехода, кинетики отверждения связующего и особенностей прессования плит в установках непрерывного действия. На основании представленных инженерных методов расчёта модели и экспериментальных исследований определены технологические параметры процесса непрерывного прессования, а также качественные показатели плит. Разработана диаграмма прессования и интенсифицированные режимы процесса. Представлены практические рекомендации для проектирования технологической линии прессования ДСП непрерывным способом.

Abstract. Gantsyuk V.M. The intensification of wood particle boards compaction process at the continuous plants.

Thesis for a candidate of technical sciences degree, speciality 05.03.01. - processes of machine-tools and tools. Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology, Lviv, 1996. Manuscript.

The dissertation work is dedicated to development of wood particle boards continuous hot-compaction process.

Proceed from general theoretic approach of thermodynamics of irreversible processes, the physic-mathematical model of heat-mass transfer for the wood particle boards continuous compaction process correcting the interior coefficients, the mobility boundary of phase transition, the kinetics of binder curing (cure) and the characteristic properties of wood particle boards compaction at the continuous

plants has been synthesized. On the basis of engineering methods of model design and the experimental investigations the technological parameters of continuous compaction process and wood particle boards-quality index have been determined. The compaction diagram and the intensification compaction process regims have been worked out. The practical recommendations for the production line of wood particle boards continuous compaction process have been presented.

Ключові слова: деревинностружкові плити, безперервний спосіб, пресування, тепломасоперенесення, режимні параметри.

Підписано до друку 13.08.96. Формат 60x84/16.

Обсяг 1 друк. лист. 5 см. 4 т. 0. 5 р. 100.
Львів. Личаківська 3. Друкарня УАД.

AB 35.708

AB. 35.708