

$8 < W_k \leq 11 \%$ та $11 < W_k \leq 15 \%$. Для того, щоб висушити пиломатеріали до першого діапазона кінцевої вологості потрібно мати рівноважну вологість деревини у діапазоні $W_p = 3,5 \dots 5,0 \%$. Для другого діапазону кінцевої вологості значення рівноважної вологості доцільно збільшити до $W_p = 4,0 \dots 6,0 \%$, а для третього діапазону кінцевої вологості значення рівноважної вологості доцільно збільшити до $W_p = 5,0 \dots 8,0 \%$. Якщо прийняти, що середня кінцева вологість атмосферного підсушування становить $\overline{W}_{ka} = 20 \dots 22 \%$, то градієнт сушіння для одноступеневого процесу сушіння становитиме: для першого діапазону кінцевої вологості камерного досушування, $TG = 4,0 \dots 6,3$; для другого діапазону кінцевої вологості, $TG = 3,3 \dots 4,4$; для третього діапазону кінцевої вологості, $TG = 2,5 \dots 4,4$.

Згідно з рекомендаціями фірми Brunner-Hildebrand [2] градієнт сушіння, коли вологість є нижчою за точку насичення, становить для пиломатеріалів і заготовок з деревини сосни, ялини, ялиці, берези – $TG = 4,4$ для всього діапазона товщин матеріалу. Для бука і дуба цей градієнт має менші значення. У бука: для $S_1 < 30$ мм, $TG = 4,2$; для $30 < S_1 < 60$ мм, $TG = 4,0$; для $S_1 > 60$ мм, $TG = 3,8$. У дуба: для $S_1 < 30$ мм, $TG = 4,0$; для $30 < S_1 < 60$ мм, $TG = 3,8$; для $S_1 > 60$ мм, $TG = 3,6$. Отже, дані рекомендації можна прийняти за основу для складання режимів камерного досушування пиломатеріалів.

Література

1. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Brunner-Hildebrand. Die Schnitholz Trocknung (5. Auflage): Buchdruckwerkstätten, Hannover. GmbH, 1987. – 322 s.
3. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів. За редакцією Білея П.В. – Львів: РВЦ, УкрДЛТУ. – 2003 – 72 с.

УДК 674.02:621.923

Доц. О.А. Кійко, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

СПРАЦЮВАННЯ ЖОРСТКОГО АБРАЗИВНОГО ЦИЛІНДРА ЗА ЙОГО ПЕРІОД СТІЙКОСТІ У ПРОЦЕСІ КАЛІБРУВАННЯ-ШЛІФУВАННЯ ДЕРЕВНОСТРУЖКОВОЇ ПЛИТИ

Розроблена імітаційна модель для визначення спрацювання жорстких абразивних циліндрів за їх період стійкості у процесі калібрування-шліфування деревностружкових плит. Здійснено порівняльний аналіз роботи інструментів із врахуванням та без врахування флуктації товщини плити.

Doc. O.A. Kyiko – USUFWT

Actuation of the rigid abrasive cylinder for its period of stability during calibrating – sanding of particle board

The simulation model for definition of rigid abrasive tool's actuation for their period of stability during calibrating – sanding of particle board is designed. The comparative operational analysis of tools with the registration and without the registration variability of particle board thickness is carried out.

Постійне зростання об'ємів продукції у деревообробній та меблевій промисловості спричиняє постійне вдосконалення існуючих технологій. Проблема заміни масивної деревини, як основного конструкційного матеріалу у виробництві меблів, вирішується сьогодні зростаючими темпами використання плитних деревних матеріалів.

Процес калібрування (оброблення в розмір за товщиною) деревностружкових плит є одним із найбільш трудомістким, а відтак таким, що потребує детального вивчення і удосконалення.

В Українському державному лісотехнічному університеті [1-4] розроблений і впроваджений у виробництво жорсткий абразивний циліндр для здійснення процесу калібрування шліфування ДСП – ефективний заміник дорогої і малопродуктивної шліфувальної шкурки. Недоліком проведених в УкрДЛТУ досліджень із вивчення особливостей роботи абразивних циліндрів є те, що у них не враховано випадковий характер товщини оброблюваного матеріалу. Натомість, існуюча різнотовщинність деревностружкової плити (результати попередніх досліджень показали, що різнотовщинність ДСП після пресування може становити 3...4 мм) суттєво впливає на основні показники процесу оброблення.

Таким чином, завданням цієї роботи є визначення спрацювання абразивного інструмента у процесі калібрування-шліфування ДСП із врахуванням флуктації товщини плити.

У результаті обробки даних експерименту, проведеного на імітаційній моделі, отримане рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку для визначення спрацювання шліфувального інструмента за період стійкості для випадку оброблення одним шліфувальним агрегатом, що складається з двох симетрично розміщених абразивних циліндрів:

$$\begin{aligned}
 p = & 0,00003 + 0,00098 \cdot H + 0,51855 \cdot S(H) + 0,00034 \cdot H_H + 0,00002 \cdot V + \\
 & + 0,00002 \cdot V_s - 0,23709 \cdot K_z - 0,11123 \cdot H_{\Pi} + 35,19288 \cdot H \cdot S(H) + \\
 & + 34,80559 \cdot H \cdot H_H - 27,39812 \cdot H \cdot V + 9,48520 \cdot H \cdot V_s - 36,48934 \cdot H \cdot K_z + \\
 & + 0,00004 \cdot H \cdot H_{\Pi} + 53,46620 \cdot S(H) \cdot H_H - 5,11519 \cdot S(H) \cdot V - 1,40680 \cdot S(H) \cdot V_s + \\
 & + 0,01952 \cdot S(H) \cdot K_z - 5,20107 \cdot S(H) \cdot H_{\Pi} + 24,84966 \cdot H_H \cdot V - \quad , (1) \\
 & - 13,48117 \cdot H_H \cdot V_s - 58,02524 \cdot H_H \cdot K_z + 0,00003 \cdot H_H \cdot H_{\Pi} + 2,20161 \cdot V \cdot V_s + \\
 & + 55,15343 \cdot V \cdot K_z - 0,00004 \cdot V \cdot H_{\Pi} - 25,77380 \cdot V_s \cdot K_z + 0,05691 \cdot V_s \cdot H_{\Pi} + \\
 & + 4,19143 \cdot K_z \cdot H_{\Pi} + 0,00001 \cdot H^2 + 0,50117 \cdot S(H)^2 - 30,55861 \cdot H_H^2 - 0,00001 \cdot V^2 + \\
 & + 0,00001 \cdot V_s^2 + 0,68557 \cdot K_z^2 - 0,00211 \cdot H_{\Pi}^2
 \end{aligned}$$

де: p – спрацювання абразивного циліндра за його період стійкості, мкм; H – середня товщина ДСП після пресування, мм; $S(H)$ – середнє квадратичне відхилення товщини плити, мм; H_H – налагоджувальна товщина процесу оброблення – відстань між абразивними циліндрами, мм; V – швидкість різання, м/с; V_s – швидкість подачі, м/хв; H_{Π} – твердість абразивного циліндра, МПа; K_z – коефіцієнт зернистості шліфувальних інструментів.

Збільшення величини середньої товщини плити суттєво збільшує величину p (рис. 1).

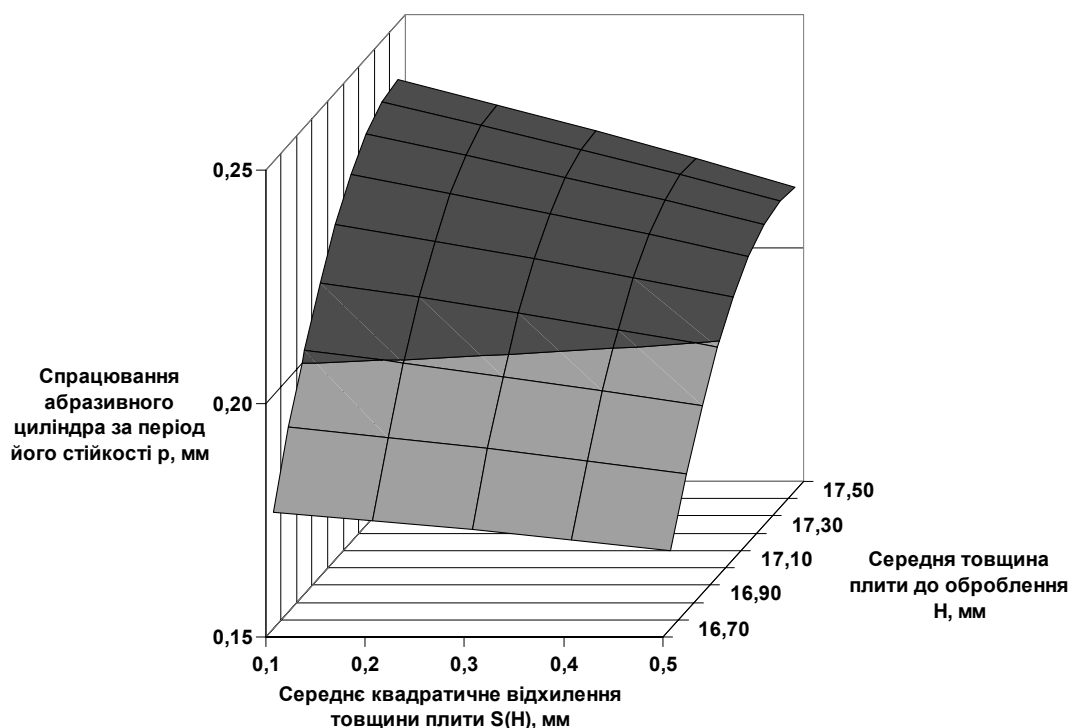


Рис. 1. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від середньої товщини плити після пресування H і середнього квадратичного відхилення товщини плити $S(H)$: налагоджувальна товщина $H_H = 16,45$ мм; швидкість подачі $V_s = 20,5$ м/хв., швидкість різання $V = 24$ м/с; твердість абразивних інструментів: $H_{II} = 245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_Z = 0,3$

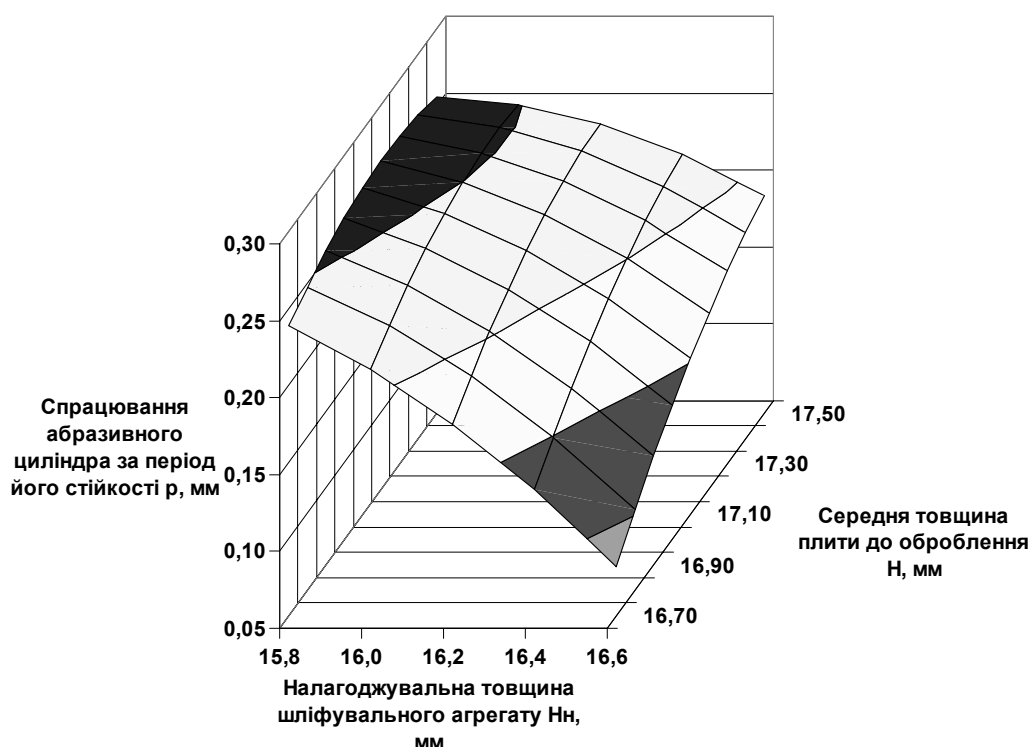


Рис. 2. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від середньої товщини плити після пресування H і налагоджувальної товщини H_n : середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,1$ мм; швидкість подачі $V_s = 20,5$ м/хв., швидкість різання $V = 24$ м/с; твердість абразивних інструментів: $H_{II} = 245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_Z = 0,3$

Інтенсивне збільшення спрацювання шліфувального інструмента в результаті збільшення середньої товщини плити пояснюється зростанням товщини матеріалу, який зішліфовується з оброблюваної поверхні деревностружкової плити. Збільшення сили різання у даному випадку призводить до інтенсивного руйнування містків абразивне зерно – зв'язуючий матеріал.

Збільшення величини середнього квадратичного відхилення за даних умов призводить до зменшення величини спрацювання p (рис. 1). Різна інтенсивність такого зменшення для різних значень H дозволяє припустити наявність різного за характером впливу величини розсіювання на спрацювання інструмента за його період стійкості. Так, за умови, що $S = 0,1$ мм, збільшення величини налагоджувального розміру процесу оброблення та зменшення середньої товщини плити призводять до зменшення величини p (рис. 2), причому інтенсивність цього зменшення залежить від величини H .

Якщо величина середнього квадратичного відхилення $S = 0,3$ мм, то при $H=17,5$ мм збільшення налагоджувальної величини зумовлює наявність ділянки зростання і спадання величини спрацювання (рис. 3).

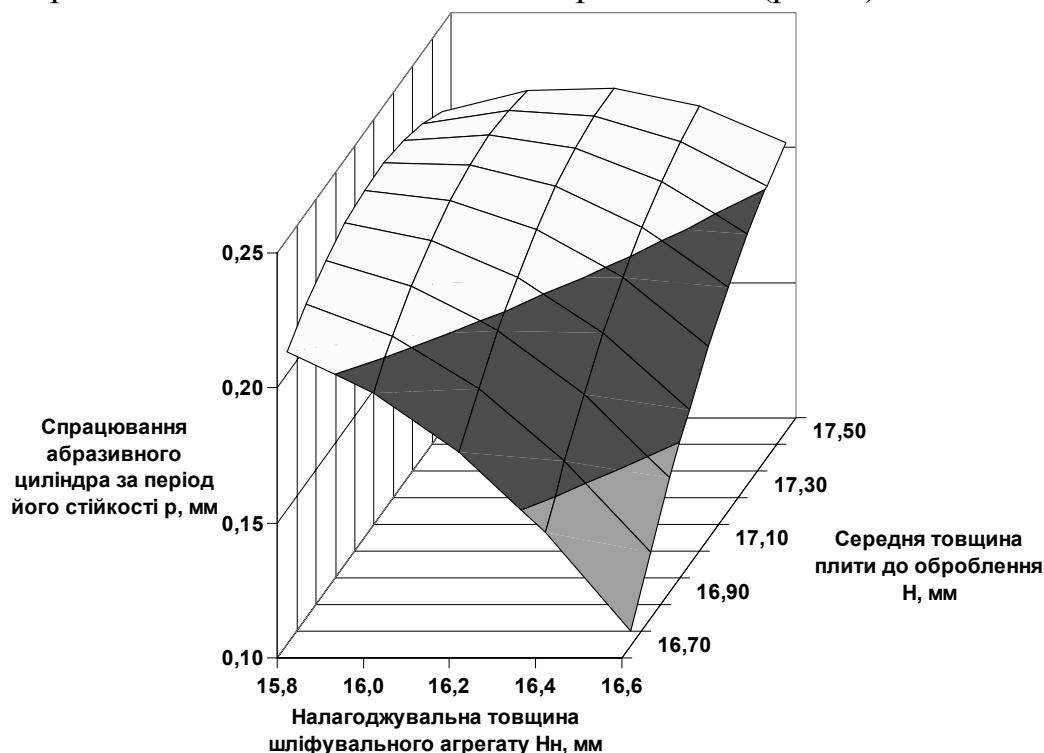


Рис. 3. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від середньої товщини плити після пресування H і налагоджувальної товщини H_n : середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H)=0,3$ мм; швидкість подачі $V_s = 20,5$ м/хв., швидкість різання $V = 24$ м/с; твердість абразивних інструментів: $H_{ц}=245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_z=0,3$

Збільшення величини S до значення $0,5$ мм, за умови постійності величини інших чинників, суттєво змінює картину і призводить вже до збільшення величини спрацювання (рис. 4).

Максимальна кількість ділянок з товщиною плити, близькою до середнього значення $H=17,5$ мм у випадку, коли $S=0,1$ мм, спричиняє зменшення величини спрацювання абразивного інструмента у процесі збільшення на-

лагоджувальної величини оброблення, тобто зменшення товщини стружки, що зішліфовується з оброблюваної поверхні. Цей варіант близький за своєю сутністю до класичного дослідження, проведеного в лабораторних умовах із заготовками, отриманими розкроюванням однієї або декількох повноформатних плит, коли товщину оброблюваної плити наближено можна вважати постійною величиною. Тоді навіть незначне збільшення налагоджувальної величини оброблення (збільшення цієї величини від 15,8 до 16,6 мм призводить до номінального зменшення глибини калібрування шліфування на 0,4 мм) спричиняє за умов малого розсіювання полегшення умов роботи і, як наслідок, зменшення величини спрацювання.

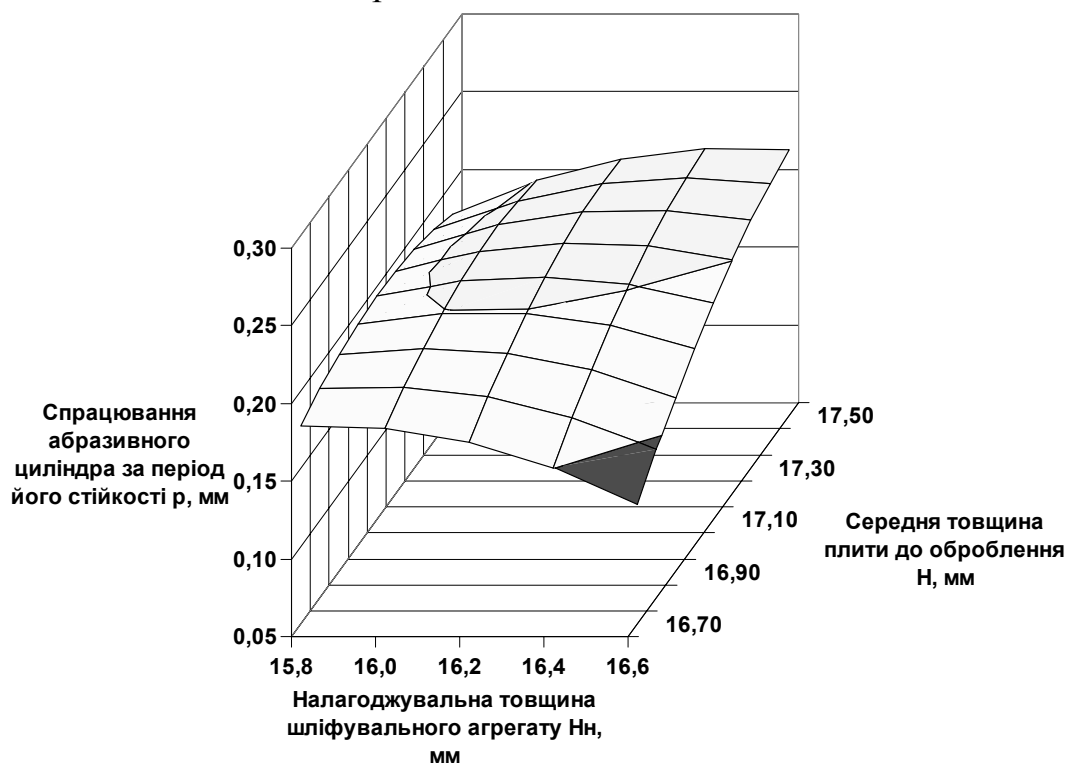


Рис. 4. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від середньої товщини плити після пресування H і налагоджувальної товщини H_n : середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H)=0,5\text{ мм}$; швидкість подачі $V_s = 20,5\text{ м/хв.}$, швидкість різання $V = 24\text{ м/с}$; твердість абразивних інструментів: $H_{ц}=245\text{ МПа}$; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_z=0,3$

Очевидно, що в таких умовах, коли саме в результаті значного розсіювання, обробленню підлягають ділянки плити, товщина яких відрізняється на значну величину від середнього значення (при $H_d=18,7\text{ мм}$ і $H_n=15,8\text{ мм}$ одним циліндром номінально буде з поверхні ДСП зніматись шар товщиною 1,45 мм, а при $H_d=16,7\text{ мм}$ і $H_n=15,8\text{ мм}$ – 0,55 мм) величина спрацювання залежатиме від питомого вкладу у загальну працездатність інструмента наявності ділянок із максимальною та мінімальною товщинами. Характер зміни величини спрацювання при $S=0,5\text{ мм}$ (рис. 2) дозволяє припустити, що збільшення налагоджувальної товщини шліфування (зменшення глибини оброблення) у результаті погіршує умови роботи. Негативні наслідки для роботи абразивного циліндра від збільшення величини розсіювання товщини оброблюваного матеріалу не компенсуються незначним зменшенням глибини оброблення.

Проведений аналіз підтверджує справедливості висновку про те, що характер впливу величини середнього квадратичного відхилення на спрацювання шліфувального циліндра залежить від товщини стружки, яка знімається з оброблюваної поверхні у процесі калібрування-шліфування (рис. 5).

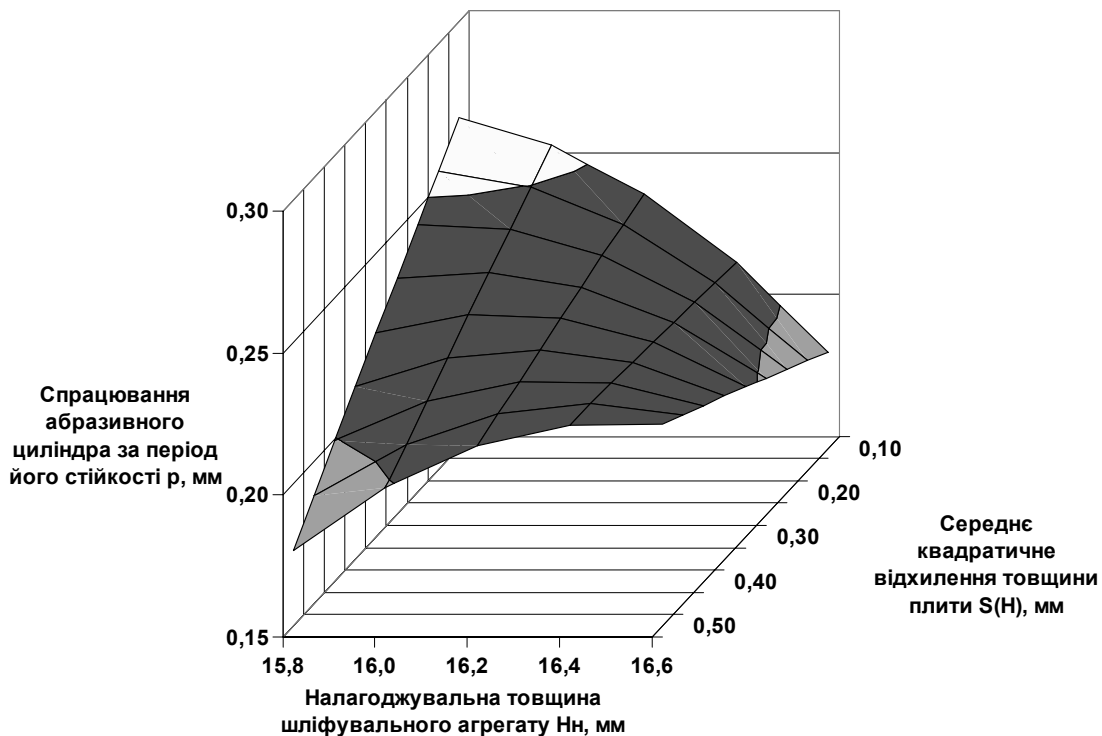


Рис. 5. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від середнього квадратичного відхилення товщини плити $S(H)$ і налагоджувальної товщини шліфувального агрегату H_n : середня товщина плити після пресування $H = 17,5$ мм; швидкість подачі $V_s = 20,5$ м/хв., швидкість різання $V = 24$ м/с; твердість абразивних інструментів: $H_{II} = 245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_Z = 0,3$

Спрацювання абразивного інструмента у процесі калібрування шліфування деревностружкової плити, середнє квадратичне відхилення товщини якої $S = 0,1 \dots 0,28$ мм більше за спрацювання інструмента, що розраховується для випадку оброблення плити незмінної товщини (рис. 6). Якщо $S = 0,28 \dots 0,5$ мм, то спрацювання для випадку флуктації товщини плити менше за спрацювання без врахування розсіювання.

Якщо зменшувати номінальну величину глибини процесу калібрування-шліфування, то спрацювання абразивного інструмента зменшується на незначну величину із зміною середнього квадратичного відхилення від 0,1 до 0,5 мм, або й взагалі починає збільшуватись (рис. 7).

Характер залежності спрацювання інструменту від величини швидкості різання та величини швидкості подачі підтверджує наявність в роботі абразивного циліндра явища інтенсивного спрацювання, самозагострювання та засалювання (рис. 8).

Зменшення твердості шліфувального інструмента та збільшення лінійних розмірів абразивного зерна призводять до послаблення зв'язків зерно-в'язучий матеріал-зерно, що полегшує процес викрашування абразивних зерен з тіла шліфувального інструмента і спричиняє збільшення величини спрацювання за період стійкості (рис. 9).

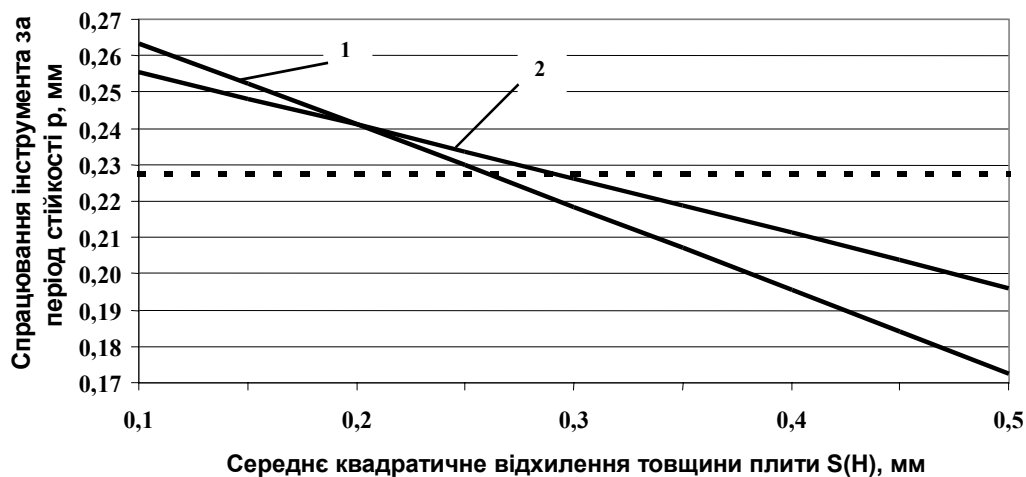


Рис. 6. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості r від середнього квадратичного відхилення товщини плити:
 - - - - рахування флуктації товщини плити; — з врахуванням флуктації товщини плити; 1 – налагоджувальна товщина $H_H=15,78$ мм; 2 – $H_H=15,99$ мм; швидкість різання $V=24$ м/с; швидкість подачі $V_s=20,5$ м/хв; середня товщина плити після пресування $H=17,5$ мм; твердість абразивних інструментів $H_{Ц}=245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_Z=0,3$

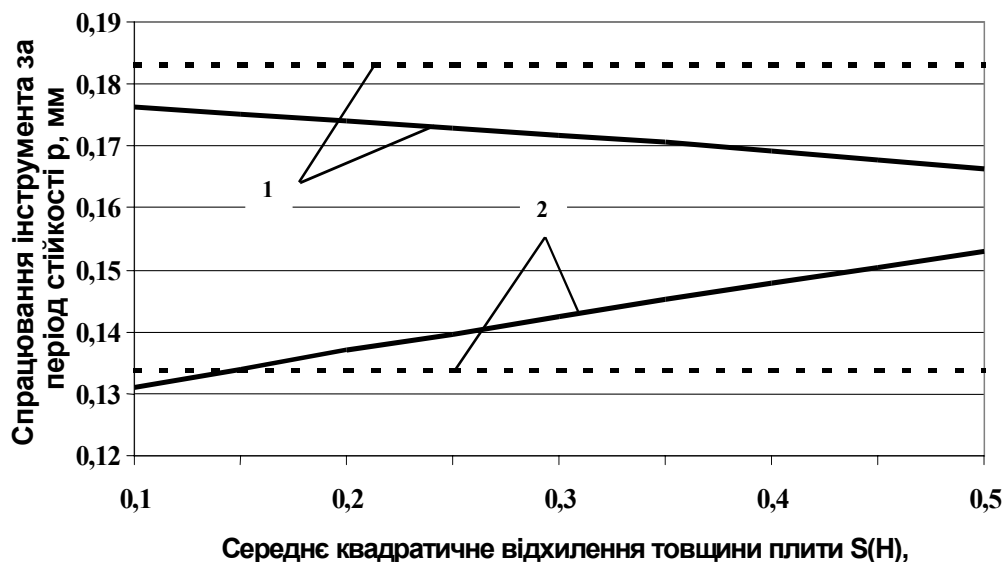


Рис. 7. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості r від середнього квадратичного відхилення товщини плити:
 - - - - без врахування флуктації товщини плити; — з врахуванням флуктації товщини плити; 1 – налагоджувальна товщина $H_H=16,2$ мм; 2 – $H_H=16,41$ мм; швидкість різання $V=24$ м/с; швидкість подачі $V_s=20,5$ м/хв; середня товщина плити після пресування $H=16,7$ мм; твердість абразивних інструментів $H_{Ц}=245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_Z=0,3$

Висновки

Вплив основних чинників на спрацювання абразивних циліндрів суттєво відрізняється від випадку, в якому товщина плити після пресування розглядається як випадкова величина.

Наявність випадкового розсіювання для величини H , як правило, призводить до зменшення величини основних показників калібрування-шліфування.

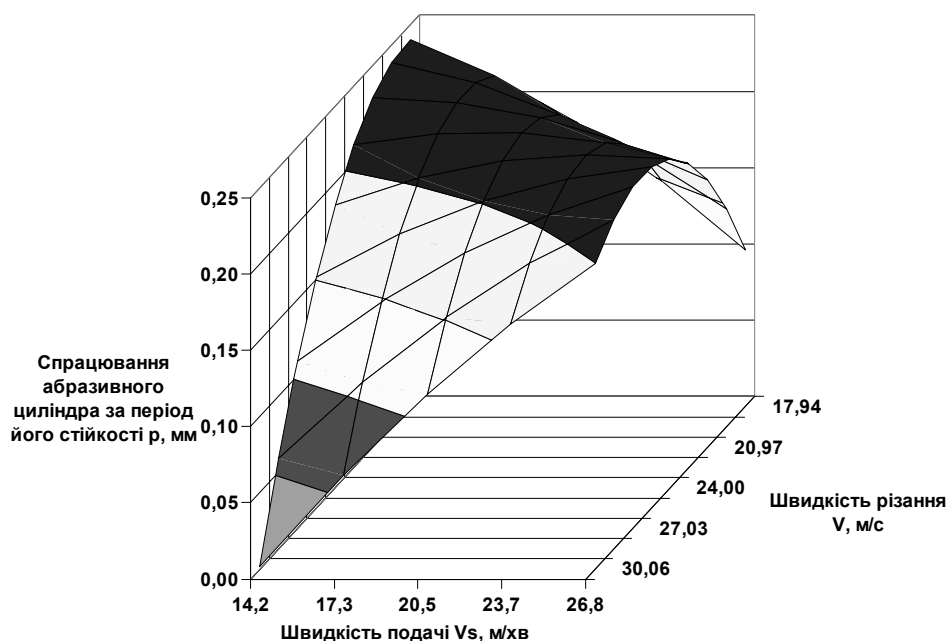


Рис. 8. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від швидкості різання V і швидкості подачі V_s : середня товщини плити після пресування $H = 17,1$ мм; налагоджувальна товщина шліфувального агрегату $H_H = 16,2$ мм; середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,3$ мм; твердість абразивних інструментів: $H_{II} = 245$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів: $K_{ZI} = 0,3$

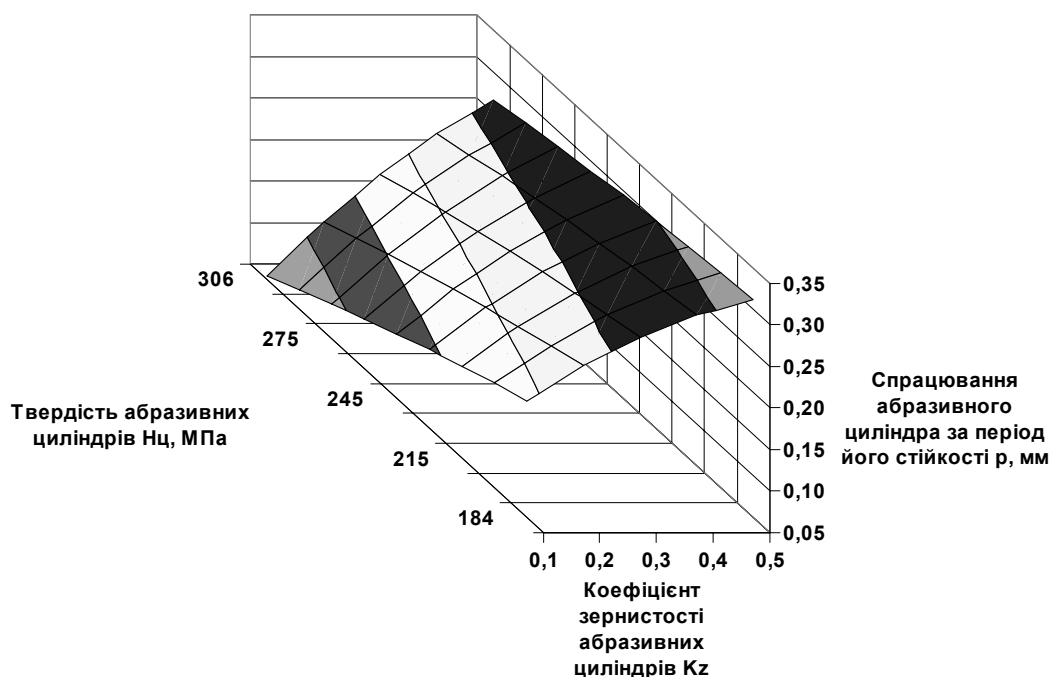


Рис. 9. Залежність спрацювання абразивних циліндрів шліфувального агрегату за період стійкості p від коефіцієнту зернистості абразивних циліндрів K_Z і їх твердості H_{II} : швидкість різання $V = 24$ м/с; швидкість подачі $V_s = 20,5$ м/хв.; середня товщини плити після пресування $H = 17,44$ мм; налагоджувальна товщина шліфувального агрегату $H_H = 16,2$ мм; середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,3$ мм

Обґрунтування ефективності процесу калібрування-шліфування плитних матеріалів без врахування флуктації їхньої товщини призводить до суттєвого спотворення результатів.

Література

1. Яцюк А.И. Новый абразивный инструмент для шлифования древесины. – ДАН УССР, № 11, 1961. – С. 35-39.
 2. Яцюк А.И. Новый способ механической обработки древесины. – Львов: Высшая школа, 1975. – 253 с.
 3. Грицышин С.И. Потай А.А. Особенности шлифования-калибрования плит из стеблей хлопчатника абразивными цилиндрами. Совершенствование технологии и оборудования лесопильно-деревообр. производств. – Тез. докл. к научно-техн. конф. 21-25 сент., 1992, Архангельск, 1992. – С. 39-40.
 4. Кійко О.А., Грицюк Ю.І. Порівняльна оцінка кінематичних особливостей роботи жорстких та еластичних шліфувальних інструментів у деревообробці// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 9.13. – С. 113-122.
-

УДК 647.047

Доц. І.М. Озарків, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

ОСНОВНІ РІВНЯННЯ ПЕРЕНЕСЕННЯ ТЕПЛА І МАСИ В ПРОЦЕСАХ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНО-РАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ ШПОНУ

Наведені основні рівняння тепловологоперенесення в процесі сушіння листових матеріалів при комбінованому (конвективно-радіаційному) способі підведення теплоти, які є базою для діагностики і прогнозування теплообмінних характеристик.

Doc. I.M. Ozarkiv – USUFWT

The main equations of heat and mass transfer in convective-radiation veneer drying study

The main equations of heat and mass transfer in the process of wooden sheets drying combined (convective-radiative) method of heat feeding. These equations are recommended as the basis for heat and mass interchange forecast.

Теоретичні основи сушіння вологих тіл базуються на теорії перенесення тепла і вологи, розробленої О.В. Ликовим та його школою [1,2]. Хоча, окремі випадки розв'язання систем рівнянь перенесення тепла і маси, як і експериментальні дослідження впливу різних факторів на інтенсивність тепломасообміну в процесі сушіння різних матеріалів проведені І.В. Кречетовим, Ю.А. Михайловим, П.Д. Лебедевим, А.С. Гінзбургом, В.В. Красніковим, С.Г. Ільясовим, П.С. Серговським, Г.С. Шубіним, В.А. Книшем, О. Крішером, В.В. Красновим, М.Ю. Лур'є, П.В. Білеєм та багатьма іншими.

Тому зупинимося на основних висновках і положеннях теорії тепломасообміну, які будуть мати пряме відношення до аналізу і розрахунку процесів сушіння плоских листових матеріалів, зокрема й шпону. Особливу цінність будуть мати розв'язки диференціальних рівнянь тепло- й вологоперенесення, які будуть виражені в безрозмірній критеріальній формі, що дозволить повно і досить просто дослідити вплив окремих параметрів як на інтенсивність процесу сушіння, так і знайти співвідношення між важливими тепломасообмінними характеристиками процесу сушіння. Адже обробка експериментальних даних в узагальнених безрозмірних змінних дозволить перенести закономірності одиничних дослідів на цілі групи подібних фізичних