

УДК 674.02:621.923

Доц. О.А. Кійко, канд. техн. наук;

доц. Г.А. Матвеева, канд. пед. наук – НЛТУ України, м. Львів

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ЗАГОТОВОК ФАНЕРИ І MDF, ЩО НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЮТЬ УМОВИ ІЗ РІЗНОТОВЩИННОСТІ ТА ВИСОТИ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ У ПРОЦЕСІ ЇХ КАЛІБРУВАННЯ-ШЛІФУВАННЯ ЖОРСТКИМ АБРАЗИВНИМ ЦИЛІНДРОМ

Вперше у процесі дослідження калібрування-шліфування MDF та фанери за допомогою імітаційного моделювання визначено частку заготовок, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності та висоти мікронерівностей оброблюваної поверхні.

Assoc. prof. O.A. Kiyko; assoc. prof. G.A. Matveeva – NUFWT of Ukraine, L'viv

Determination of purveyances particle of plywood and MDF, which dissatisfy condition from thickness and height of inequalities of the processed surface in the process of their calibration-sanding by hard abrasive cylinder

First in the process of research of calibration-sanding of MDF and plywood by an imitation design certainly particle of purveyances which dissatisfy a requirement from thickness and heights inequalities of the processed surface

Внаслідок оброблення даних експерименту, виконаного на імітаційній моделі, отримано рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку для визначення частки деталей MDF, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності для випадку оброблення одним шліфувальним агрегатом, що складається з двох симетрично розташованих абразивних циліндрів (вираз 1 – для кодованих значень, 2 – для натуральних значень).

$$\begin{aligned}
 Y = & 11,56577 + 25,050 \cdot X_1 + 8,599 \cdot X_2 + 46,800 \cdot X_3 + \\
 & + 0,03824 \cdot X_4 - 0,06471 \cdot X_5 + 0,10001 \cdot X_6 - 0,84988 \cdot X_7 - \\
 & - 2,32814 \cdot X_1 \cdot X_2 + 12,96550 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,98438 \cdot X_1 \cdot X_4 + 3,12812 \cdot X_1 \cdot X_5 - \\
 & - 3,26562 \cdot X_1 \cdot X_6 - 13,04688 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,36406 \cdot X_2 \cdot X_3 + 3,17812 \cdot X_2 \cdot X_4 + \\
 & + 3,00938 \cdot X_2 \cdot X_5 - 5,87969 \cdot X_2 \cdot X_6 - 1,70156 \cdot X_2 \cdot X_7 - 3,16563 \cdot X_3 \cdot X_4 - \\
 & - 3,14688 \cdot X_3 \cdot X_5 - 1,70156 \cdot X_3 \cdot X_6 - 5,87969 \cdot X_3 \cdot X_7 + 0,25937 \cdot X_4 \cdot X_5 - \\
 & - 0,12188 \cdot X_4 \cdot X_6 + 0,08438 \cdot X_4 \cdot X_7 - 0,02813 \cdot X_5 \cdot X_6 - 0,05937 \cdot X_5 \cdot X_7 - \\
 & - 0,36406 \cdot X_6 \cdot X_7 + 15,89542 \cdot X_1^2 - 3,05458 \cdot X_2^2 + 35,14542 \cdot X_3^2 - \\
 & - 4,35459 \cdot X_4^2 - 5,10458 \cdot X_5^2 - 4,75459 \cdot X_6^2 - 5,50458 \cdot X_7^2
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 Bp = & 0,00025 - 0,01411 \cdot H + 0,00002 \cdot S(H) - 0,00242 \cdot H_H - \\
 & - 0,01508 \cdot v - 0,00410 \cdot v_s - 0,00010 \cdot K_z - 27,34351 \cdot H_{\Pi} - \\
 & - 0,00003 \cdot H \cdot S(H) - 4,75542 \cdot H \cdot H_H + 2,40109 \cdot H \cdot v + 1,60867 \cdot H \cdot v_s - \\
 & - 5,56884 \cdot H \cdot K_z + 0,31044 \cdot H \cdot H_{\Pi} + 0,00007 \cdot S(H) \cdot H_H + 3,47363 \cdot S(H) \cdot v + \\
 & + 5,51842 \cdot S(H) \cdot v_s - 0,00012 \cdot S(H) \cdot K_z - 0,72828 \cdot S(H) \cdot H_{\Pi} - 2,51994 \cdot H_H \cdot v - \\
 & - 1,95239 \cdot H_H \cdot v_s + 0,49322 \cdot H_H \cdot K_z + 0,97474 \cdot H_H \cdot H_{\Pi} + 0,01917 \cdot v \cdot v_s - \\
 & - 0,12371 \cdot v \cdot K_z - 0,00049 \cdot v \cdot H_{\Pi} - 0,35047 \cdot v_s \cdot K_z + 0,00542 \cdot v_s \cdot H_{\Pi} + \\
 & + 0,03959 \cdot K_z \cdot H_{\Pi} + 0,00032 \cdot H^2 + 0,00002 \cdot S(H)^2 + 5,49991 \cdot H_H^2 + \\
 & + 0,00343 \cdot v^2 + 0,15325 \cdot v_s^2 + 152,46200 \cdot K_z^2 + 0,01277 \cdot H_{\Pi}^2
 \end{aligned} \quad (2)$$

Збільшення величин середньої товщини плити та її середнього квадратичного відхилення збільшують частку плит MDF, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності (рис. 1).

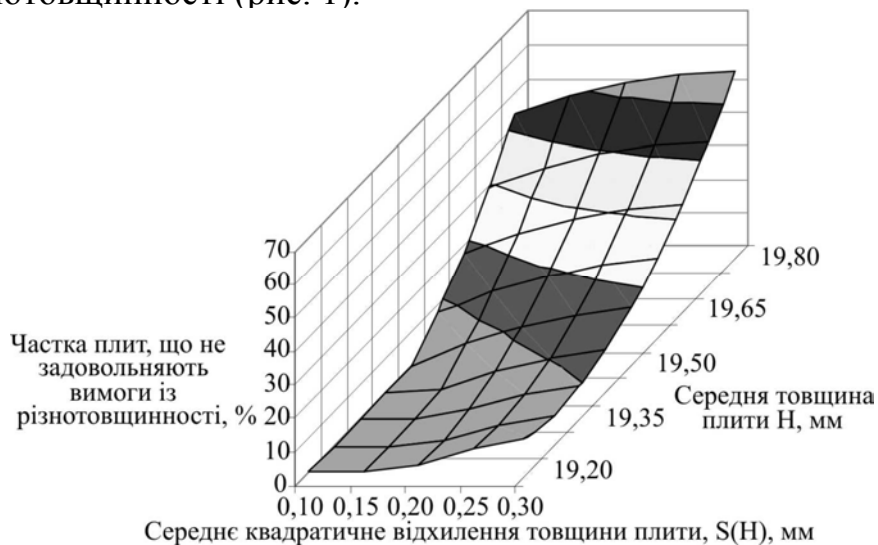


Рис. 1. Залежність частки плит, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності у процесі калібрування-шліфування MDF від середньої товщини плити після пресування H і середнього квадратичного відхилення товщини плити $S(H)$: налагоджувальна товщина $H_H = 19,0$ мм; швидкість подачі $v_s = 12,0$ м/хв.; швидкість різання $v = 25$ м/с; твердість абразивних інструментів $H_{Ц} = 130$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_Z = 0,3$

На відміну від випадку із калібруванням-шліфуванням ДСП, вплив величини $S(H)$ на кількість деталей MDF, граничні відхилення за товщиною яких більші за нормативно допустимі, відрізняється незмінністю характеру залежності у всьому інтервалі варіювання величини розсіювання (рис. 1).

У процесі досліджень на імітаційній моделі ми встановили, що існує визначений діапазон зміни величини для середньої товщини плити та налагоджувальної товщини оброблення ($H = 19,2 \dots 19,46$ мм; $H_H = 18,80 \dots 19,20$ мм), за якого всі плити MDF, що підлягають калібруванню-шліфуванню, задовольняють нормативні вимоги із різнотовщинності (рис. 2).

Вплив величин швидкості подачі та швидкості різання (рис. 3) у цьому випадку є аналогічним результатам досліджень оброблення ДСП жорсткими абразивними циліндрами. Характерними особливостями залежності частки бракованих деталей від величини режимних чинників у процесі оброблення як ДСП, так і MDF можна вважати такі:

- збільшення величин швидкості різання та швидкості подачі не призводить до істотної (наприклад такої, як у випадку вивчення впливу середньої товщини плити чи налагоджувальної товщини процесу оброблення) зміни кількості плит, що не відповідають вимогам із різнотовщинності;
- спостерігається наявність яскраво вираженого максимуму вихідної величини приблизно в середині інтервалу варіювання вхідних незалежних факторів.

Як видно з рис. 4, вплив твердості абразивних циліндрів та лінійних розмірів зерен жорстких шліфувальних інструментів у процесі оброблення плит MDF на кількість деталей, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності, після здійснення калібрування-шліфування за своєю сутністю аналогічний впливу величини режимних чинників.

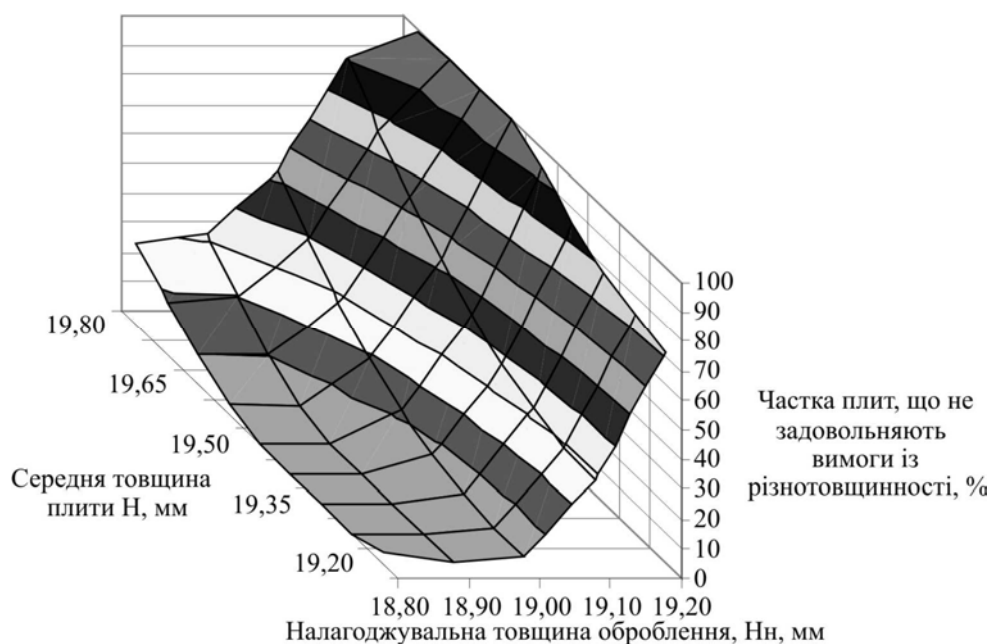


Рис. 2. Залежність частки плит, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності у процесі калібрування-шліфування MDF від середньої товщини плити після пресування H і налагоджувальної товщини H_n : середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,2$ мм; швидкість подачі $v_s = 12,0$ м/хв.; швидкість різання $v = 25$ м/с; твердість абразивних інструментів $H_{ц} = 130$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_z = 0,3$

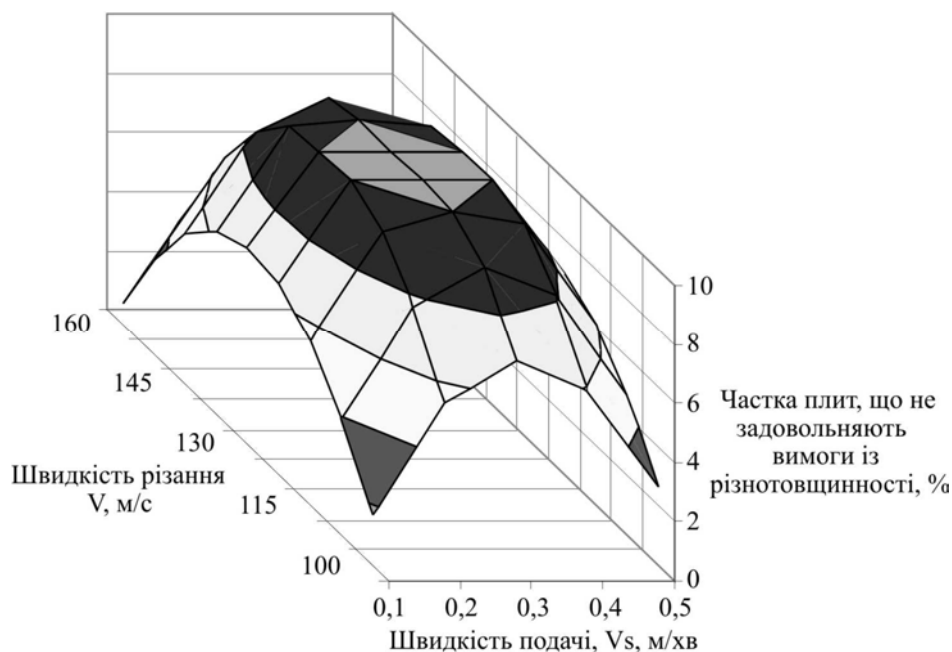


Рис. 3. Залежність частки плит, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності у процесі калібрування-шліфування плити MDF від швидкості різання v і швидкості подачі v_s : середня товщина плити після пресування $H = 19,5$ мм; налагоджувальна товщина $H_n = 19,0$ мм; середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,2$ мм; твердість абразивних інструментів $H_{ц} = 130$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_z = 0,3$

Наявність у цьому випадку яскраво виражених ділянок зменшення і збільшення вихідної величини, очевидно, пояснюється особливостями структури та фізико-механічних властивостей плит MDF (порівняно із деревинно-стружковими плитами), які і спричиняють у процесі зміни розмірів абразив-

них зерен та міцності їх закріплення в тілі інструмента присутність ознак, що визначають процес калібрування-шліфування, як інтенсивне спрацювання, самозагострювання чи засалювання.

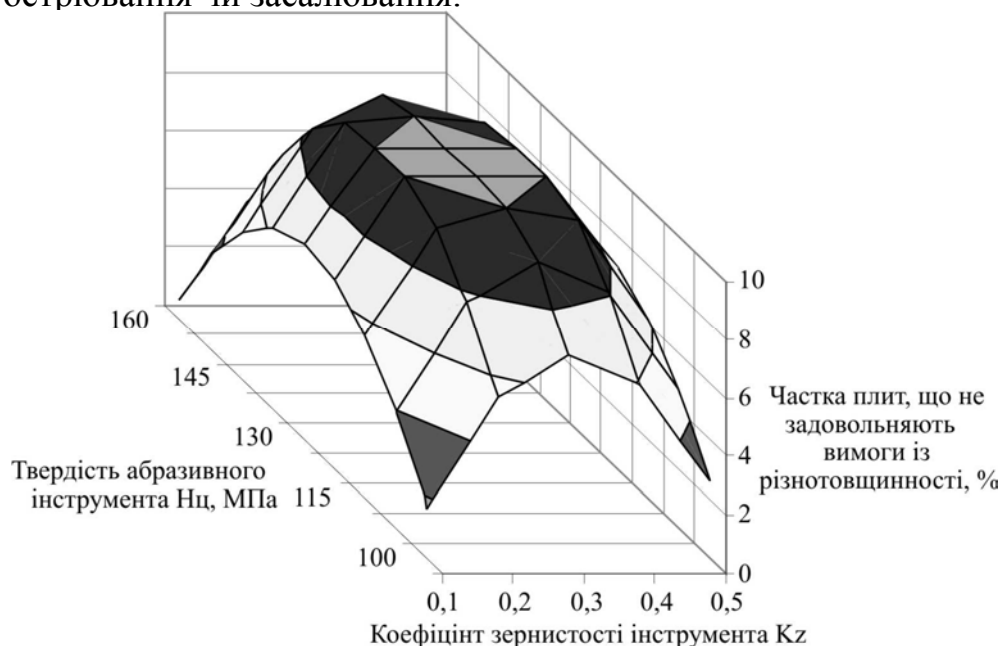


Рис. 4. Залежність частки плит, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності у процесі калібрування-шліфування плити MDF від коефіцієнту зернистості абразивних циліндрів K_z і їх твердості $H_{\text{ц}}$: швидкість різання $v = 25$ м/с; швидкість подачі $v_s = 12$ м/хв.; середня товщина плити після пресування $H = 19,50$ мм; налагоджувальна товщина $H_H = 19,0$ мм; середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,3$ мм

Внаслідок оброблення даних експерименту, виконаного на імітаційній моделі, отримано рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку для визначення частки деталей, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності для випадку оброблення фанери одним шліфувальним агрегатом, що складається з двох симетрично розташованих абразивних циліндрів (вираз 3 – для кодованих значень, 4 – для натуральних значень).

$$\begin{aligned}
 Y = & -0,37169 - 0,00166 \cdot X_1 + 0,00384 \cdot X_2 - 0,00162 \cdot X_3 + 0,00286 \cdot X_4 - \\
 & - 0,00963 \cdot X_5 + 0,00499 \cdot X_6 - 7,68730 \cdot X_1 \cdot X_2 + 2,05314 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,07187 \cdot X_1 \cdot X_4 + \\
 & + 0,07188 \cdot X_1 \cdot X_5 - 3,17939 \cdot X_1 \cdot X_6 - 2,04062 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,08435 \cdot X_2 \cdot X_4 + \\
 & - 0,08436 \cdot X_2 \cdot X_5 - 7,49876 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0,09072 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,06582 \cdot X_3 \cdot X_5 + \\
 & + 2,04064 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,14073 \cdot X_4 \cdot X_5 - 0,08445 \cdot X_4 \cdot X_6 + 0,08430 \cdot X_5 \cdot X_6 + \\
 & + 0,40896 \cdot X_1^2 + 1,08380 \cdot X_1^2 \cdot X_2 - 0,40844 \cdot X_1^2 \cdot X_3 + 0,01030 \cdot X_1^2 \cdot X_4 - \\
 & - 0,01462 \cdot X_1^2 \cdot X_5 + 1,12566 \cdot X_1^2 \cdot X_6 + 0,40896 \cdot X_2^2 + 1,07520 \cdot X_2^2 \cdot X_1 - \\
 & - 0,41039 \cdot X_2^2 \cdot X_3 + 0,01546 \cdot X_2^2 \cdot X_4 - 0,00422 \cdot X_2^2 \cdot X_5 + 1,12653 \cdot X_2^2 \cdot X_6 + \\
 & + 0,40895 \cdot X_3^2 + 1,09509 \cdot X_3^2 \cdot X_1 + 1,04240 \cdot X_3^2 \cdot X_2 + 0,01397 \cdot X_3^2 \cdot X_4 - \\
 & - 0,01728 \cdot X_3^2 \cdot X_5 + 1,11442 \cdot X_3^2 \cdot X_6 + 0,40895 \cdot X_4^2 + 1,05586 \cdot X_4^2 \cdot X_1 + \\
 & + 1,04128 \cdot X_4^2 \cdot X_2 - 0,41368 \cdot X_4^2 \cdot X_3 - 0,01238 \cdot X_4^2 \cdot X_5 + 1,13248 \cdot X_4^2 \cdot X_6 + \\
 & + 0,40896 \cdot X_5^2 + 1,08053 \cdot X_5^2 \cdot X_1 + 1,03739 \cdot X_5^2 \cdot X_2 - 0,40968 \cdot X_5^2 \cdot X_3 + \\
 & + 0,01436 \cdot X_5^2 \cdot X_4 + 1,11137 \cdot X_5^2 \cdot X_6 + 0,40895 \cdot X_6^2 + 1,10938 \cdot X_6^2 \cdot X_1 + \\
 & + 1,04257 \cdot X_6^2 \cdot X_2 - 0,40932 \cdot X_6^2 \cdot X_3 + 0,01492 \cdot X_6^2 \cdot X_4 - 0,01322 \cdot X_6^2 \cdot X_5 \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_p = & -0,35263 - 0,00166 \cdot H + 0,00384 \cdot S(H) - 0,00162 \cdot H_H + 0,00286 \cdot v - \\
 & - 0,00984 \cdot v_s + 0,00512 \cdot H_{\text{ц}} + 34,3063 \cdot H \cdot S(H) - 5,30746 \cdot H \cdot H_H - 0,17752 \cdot H \cdot v + \\
 & - 0,04226 \cdot H \cdot v_s + 1,17593 \cdot H \cdot H_{\text{ц}} + 0,94652 \cdot S(H) \cdot H_H + 0,06186 \cdot S(H) \cdot v + \\
 & - 0,07154 \cdot S(H) \cdot v_s - 0,71125 \cdot S(H) \cdot H_{\text{ц}} - 0,22538 \cdot H_H \cdot v - 0,02617 \cdot H_H \cdot v_s +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 1,07533 \cdot H_H \cdot H_{Ц} + 0,25618 \cdot v \cdot v_S + 0,03997 \cdot v \cdot H_{Ц} - 0,04595 \cdot v_S \cdot H_{Ц} + \\
 &- 0,13117 \cdot H^2 - 0,17657 \cdot H^2 \cdot S(H) + 0,88010 \cdot H^2 \cdot H_H - 0,00990 \cdot H^2 \cdot v - \\
 &- 0,01706 \cdot H^2 \cdot v_S - 0,16874 \cdot H^2 \cdot H_{Ц} + 0,41823 \cdot S(H)^2 + 1,88199 \cdot S(H)^2 \cdot H - \\
 &- 0,31346 \cdot S(H)^2 \cdot H_H + 0,01511 \cdot S(H)^2 \cdot v - 0,00421 \cdot S(H)^2 \cdot v_S + 0,74297 \cdot S(H)^2 \cdot v_S + \\
 &- 0,73359 \cdot H_H^2 - 0,56519 \cdot H_H^2 \cdot H - 1,19512 \cdot H_H^2 \cdot S(H) + 0,00307 \cdot H_H^2 \cdot v - \\
 &- 0,01075 \cdot H_H^2 \cdot v_S + 0,05886 \cdot H_H^2 \cdot H_{Ц} - 0,03092 \cdot v^2 + 0,00946 \cdot v^2 \cdot H + \\
 &+ 0,00090 \cdot v^2 \cdot S(H) + 0,00164 \cdot v^2 \cdot H_H - 0,00536 \cdot v^2 \cdot v_S - 0,00059 \cdot v^2 \cdot H_{Ц} + \\
 &- 0,08803 \cdot v_S^2 + 0,02317 \cdot v_S^2 \cdot H - 0,00292 \cdot v_S^2 \cdot S(H) + 0,01399 \cdot v_S^2 \cdot H_H + \\
 &+ 0,00141 \cdot v_S^2 \cdot v - 0,00479 \cdot v_S^2 \cdot H_{Ц} - 0,20104 \cdot H_{Ц}^2 + 0,02202 \cdot H_{Ц}^2 \cdot H + \\
 &- 0,01303 \cdot H_{Ц}^2 \cdot S(H) - 0,01218 \cdot H_{Ц}^2 \cdot H_H - 0,00003 \cdot H_{Ц}^2 \cdot v + 0,00079 \cdot H_{Ц}^2 \cdot v_S \quad (4)
 \end{aligned}$$

Існують для величин середньої товщини фанери та її середнього квадратичного відхилення такі числові інтервали, за дотримання яких у процесі калібрування-шліфування виконуються вимоги із різнотовщинності для всієї партії оброблюваного матеріалу (рис. 5). Усереднена частка якісних оброблених заготовок у даному випадку є більшою ніж після калібрування-шліфування ДСП і MDF, що пояснюється значно більшим існуючим розсіюванням та більш жорсткими вимогами до товщини деревинностружкових та деревинноволокнистих плит середньої щільності.

У процесі оброблення MDF одним шліфувальним агрегатом, який складається з двох жорстких абразивних циліндрів, збільшення середнього квадратичного відхилення $S(H)$ товщини цих матеріалів спричиняло збільшення частки заготовок, товщина яких не відповідала нормативним вимогам. Вплив величини $S(H)$ у процесі абразивного оброблення фанери залежить від величини H . Так, якщо $H=18,0 \dots 18,5$ мм, то збільшення розсіювання призводить до збільшення частки бракованих деталей, але якщо $H=18,5 \dots 19,0$ мм, то спостерігаємо, навпаки, – зменшення таких деталей із ростом величини $S(H)$.

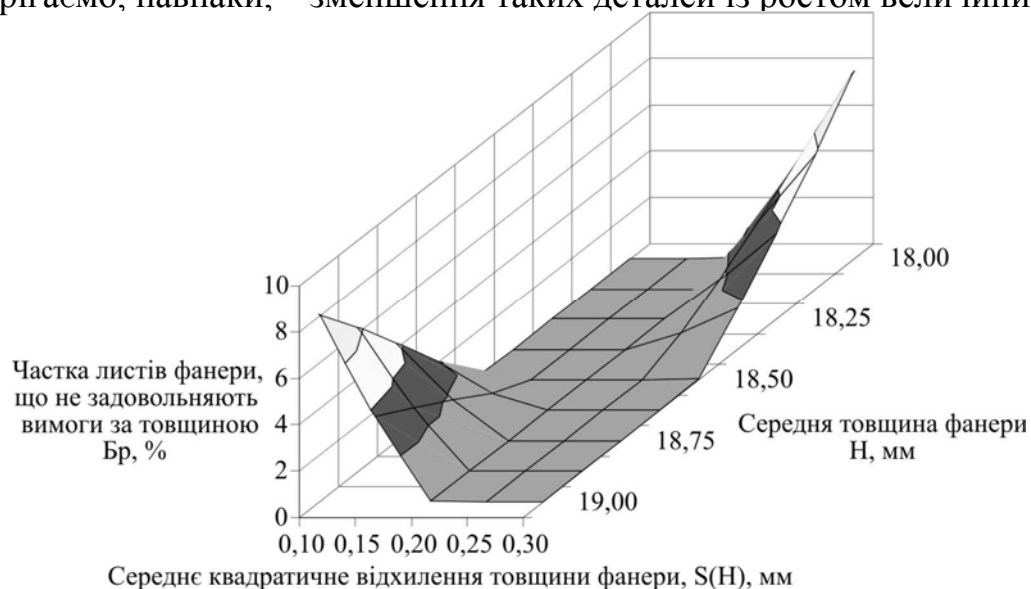


Рис. 5. Залежність частки листів фанери, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності від її середньої товщини H і середнього квадратичного відхилення товщини $S(H)$: налагоджувальна товщина $H_H = 17,40$ мм; швидкість подачі $v_s = 15,0$ м/хв.; швидкість різання $v = 27,5$ м/с; твердість абразивних інструментів $H_{Ц} = 120$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_Z = 0,3$

Зміна характеру залежності $Br=f(S(H))$ для калібрування фанери пояснюється несиметричністю поля допуску товщини, оскільки саме для фанери,

величини нижнього і верхнього граничних відхилень не є рівними. Цією ж причиною можна пояснити і характер впливу налагоджувальної товщини оброблювання на частку бракованих деталей при $H=18,0\ldots 18,5$ мм (рис. 6). У процесі калібрування-шліфування ДСП і MDF збільшення відстані між абразивними циліндрами призводить до зменшення кількості бракованих деталей.

Вплив величин швидкості різання і швидкості подачі на частку бракованих деталей відрізняється наявністю двох різних за характером ділянок (рис. 7). У середині інтервалу варіювання режимних факторів частка заготовок, товщина яких після абразивного оброблення не задовольняє вимоги із різнотовщинності, прямує до свого мінімального значення.

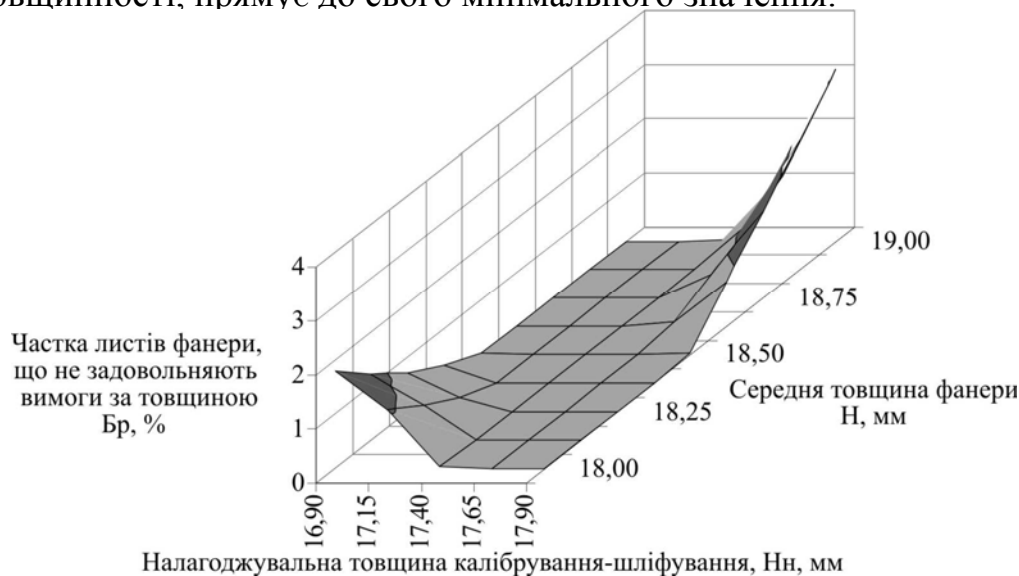


Рис. 6. Залежність частки листів фанери, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності від її середньої товщини H і налагоджувальної товщини H_n : середнє квадратичне відхилення товщини фанери $S(H) = 0,2$ мм; швидкість подачі $v_s = 15,0$ м/хв.; швидкість різання $v = 27,5$ м/с; твердість абразивних інструментів $H_{ц} = 120$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_z = 0,3$

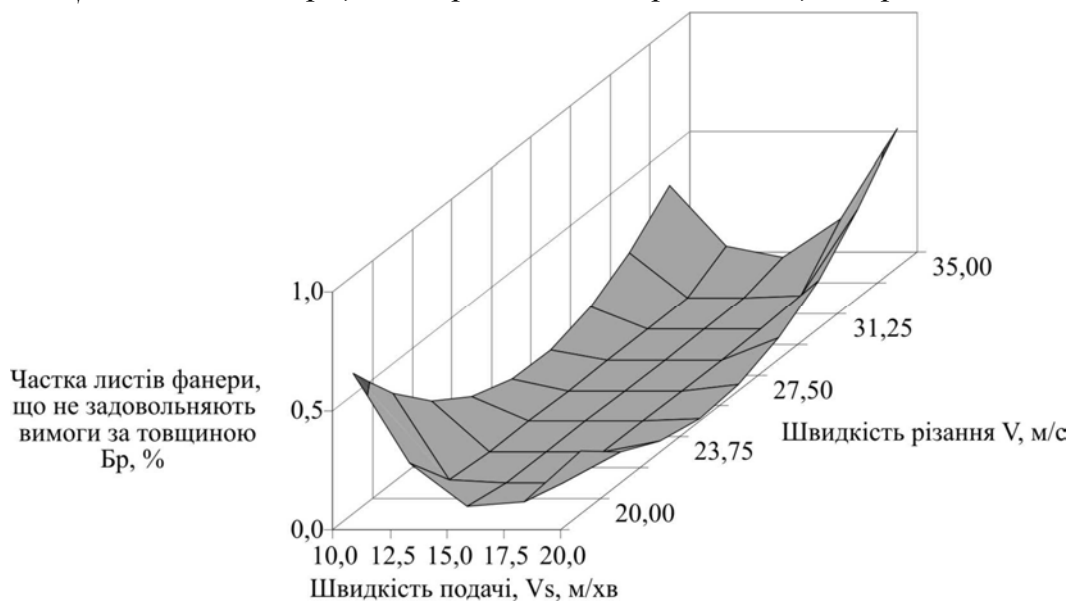


Рис. 7. Залежність частки листів фанери, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності від швидкості різання v і швидкості подачі v_s : середня товщина фанери $H = 18,5$ мм; налагоджувальна товщина $H_n = 17,4$ мм; середнє квадратичне відхилення товщини плити $S(H) = 0,2$ мм; твердість абразивних інструментів $H_{ц} = 120$ МПа; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_z = 0,3$

Спільними особливостями характеру залежностей $B_p=f(v)$ та $B_p=f(v_s)$ для випадків калібрування-шліфування ДСП, MDF і фанери є такі:

- симетричність та нелінійність кривих графічного представлення залежностей;
- зміна величини режимних факторів здійснює менш істотний вплив на частку бракованих після оброблення плит чи листів порівняно із зміною величини середньої товщини матеріалу та налагоджувальної товщини.

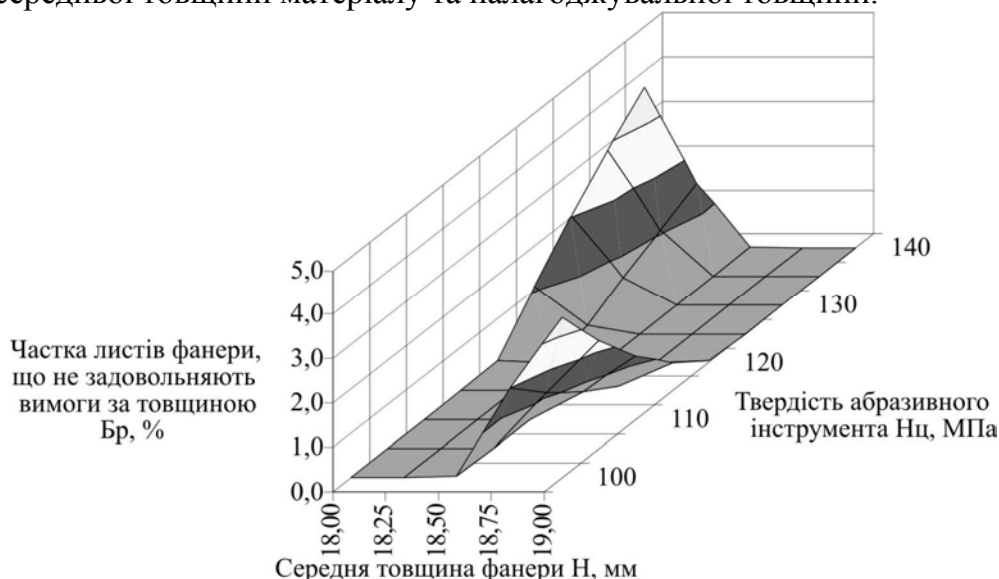


Рис. 8. Залежність частки листів фанери, що не задовольняють вимоги із різнотовщинності від середньої товщини фанери H і твердості інструмента H_c : швидкість різання $v = 27,5 \text{ м/с}$; швидкість подачі $v_s = 15 \text{ м/хв.}$; середнє квадратичне відхилення товщини фанери $S(H)=0,2 \text{ мм}$; налагоджувальна товщина $H_H = 17,4 \text{ мм}$; коефіцієнт зернистості абразивних циліндрів $K_Z=0,3$

Зміна твердості абразивних циліндрів призводить до зміни частки листів фанери, товщина яких задовольняє нормативні вимоги за товщиною, причому, якщо середня товщина фанери зафіксована на нижньому інтервалі варіювання, то збільшення твердості спричиняє збільшення частки бракованих листів, а якщо $H \rightarrow \max$, то спостерігаємо протилежну за сутністю впливу картину (рис. 8).

УДК 674.05.055 Аспір. Р.Р. Климаш; проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів; викл. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук –
Коломийський політехнічний коледж

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ АСПІРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Описано вплив гідравлічного опору фільтрувальної станції на режим роботи децентралізованої аспіраційної системи. На експериментальному стенді виконано дослідження роботи вентилятора у разі зміни навантаження на спільній мережі. Проаналізовано результати досліджень і наведено висновки та рекомендації.

Ключові слова: очисна станція, децентралізована аспіраційна система, продуктивність, спільна робота, вентилятор.