

ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ШЛІФУВАННЯ НА РІЗНОТОВЩИННІСТЬ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ

Проаналізовано літературні джерела щодо впливу різнотовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту. Розглянуто актуальність процесів шліфування дерев'яних поверхонь. Описано проблеми різнотовщинності меблевих щитів. Розглянуто основні проблеми зносостійкості шліфувального інструменту. Розроблено методику дослідження впливу різнотовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту під час оброблення меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни. Отримано регресійні залежності, що описують стан різнотовщинності меблевих порід із деревини бука та сосни залежно від швидкості різання абразивом та зусилля прижиму шліфшкурки. Встановлено, що зусилля прижиму шліфшкурки впливає більше, ніж швидкість різання, а знак мінус при другому факторі (зусилля прижиму) показує зменшення різнотовщинності меблевих щитів. З'ясовано, що зі збільшенням швидкості різання абразивом клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука збільшується різнотовщинність щитової конструкції на 320-622 %, а для клеєної поверхні меблевого щита з деревини різнотовщинність щитової конструкції збільшується на 55-80 %. Встановлено, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 48,82-62,63 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 39,27-90,74 %. Визначено, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до клеєної поверхні меблевого щита з деревини сосни збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 42,90-53,64 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 79,37-120,94 %. Запропоновано шляхи підвищення стійкості шліфувального інструменту під час обробки меблевих щитів різних конструкцій.

Ключові слова: технологія, математична модель, шліфування, бук, сосна, швидкість різання, зусилля прижимання, швидкість подачі, рівняння регресії, меблевий щит.

Актуальність. Виготовлення якісних меблевих виробів із якісних щитових матеріалів безперечно залежить від якості останніх [4, 11, 15-17, 20, 27]. І тут важливим є стан поверхні. Якщо розглядати меблеві щити (МЩ), що виготовляються із розмірно-придатних заготовок, то після їх зрощування в ламелі та склеювання крайками отримуємо в деякій мірі проблемні моменти, зокрема різнотовщинність та формостійкість [8, 9, 14, 19, 22, 23]. Якщо остання залежить від стану вологості ламелей, то різнотовщинність пов'язана з технологічними моментами в процесі склеювання [6, 10, 18]. Забезпечення щитових конструкційних матеріалів номінальною товщиною при мінімальних затратах на шліфування і є актуа-

¹ Петришак Ігор Васильович – канд. техн. наук, доцент, кафедра технологій захисту навколишнього середовища, деревини, безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-487-16-27. E-mail: borason@ukr.net

² Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, д-р техн. наук, професор, кафедра технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-31-75, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661> ResearcherID: ABB-1636-2021 Scopus/authorID=57221587964

³ Гуменюк Жанна Ярославівна – асистент, кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини, безпеки життєдіяльності та соціальних комунікацій. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-478-44-07. E-mail: zhanna.humenyuk@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9453-5812>

льною задачею, яку потрібно вирішувати. Багато вчених приділяли питанням шліфування різних матеріалів та порід [1, 12, 13, 21, 25, 28]. Але це настільки широка тематика, що досліджень в цьому напрямку було багато і ще буде не мало. Практична значимість досліджень – режимні параметри якісного калібрування шліфування меблевих щитів, що зроблені з різних порід дерев [1, 24, 26, 29, 30].

Вирішувана проблема. Проблема, яка вирішувалась – це створення практичних рекомендацій щодо розроблення шляхів з підвищення стійкості шліфувального інструменту під час обробки щитових конструкцій, зокрема меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни, у яких після склеювання ламелей спостерігається різнотовщинність. **Мета роботи** – дослідження впливу режимів шліфування на різнотовщинність меблевих щитів. **Об'єкт** – процеси шліфування та калібрування меблевих щитів. **Предмет** – вивчити вплив режимів шліфування на різнотовщинність меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни.

Аналіз літературних джерел. Проблема різнотовщинності меблевих щитів, склеєних із брускових елементів, є досить поширеною в меблевому виробництві. Це може мати кілька причин та впливати на якість кінцевого продукту. Ось декілька ключових аспектів цієї проблеми:

Причини різнотовщинності: Різні частини деревини можуть висихати з різною швидкістю, що призводить до зміни розмірів окремих брусків. Нерівномірна обробка брусків, наприклад, при пилянні чи шліфуванні, може призвести до різної товщини елементів. Нерівномірний тиск або недостатня точність при склеюванні брусків може спричинити різнотовщинність у склеєному щиті.

Вирішення проблеми: Ретельний контроль вологості брусків перед обробкою і склеюванням. Використання точного обладнання для обробки деревини, щоб забезпечити однакову товщину брусків. Застосування рівномірного тиску під час склеювання і використання якісних клеїв. Виконання ретельної післяобробки, наприклад, калібрування щитів після склеювання, для видалення нерівностей.

Різнотовщинність меблевих щитів може становити серйозну проблему, але з правильним підходом до обробки та контролю якості цю проблему можна мінімізувати. Підвищені вимоги до точності обробки деталей, якості обробки поверхні і, в цілому, до надійності і довговічності роботи готових виробів призвело до значного розвитку технології абразивної обробки. Прогрес в технології переробки деревини і деревинних матеріалів у виробі висуває все нові проблеми застосування абразивної обробки не тільки для кінцевої механічної обробки деталей з метою підготовки поверхонь до наступної технологічної операції опорядження, але й для процесів вирівнювання великих поверхонь плит до наступної технологічної операції личкування, калібрування розмірів деталей із зняттям припуску, формування розмірів деталей, що мають криволінійні профільні поверхні, поділ плитних матеріалів на заготовки, подрібнення деревини на волокно тощо [2, 5, 8, 16].

А сьогодні, як ніколи, актуальним є очищення, наприклад, вживаної деревини голкофрезами та щітковим інструментом, що зазначено в працях вченого С.В. Гайди [3, 14, 18, 21, 22]. Крім того, обробка деревини деревинних матеріалів абразивами може здійснюватися шліфуванням, зачищенням, вигладжуванням, вирівнюванням і поліруванням поверхонь, формуванням розмірів деталей із зняттям припуску, діленням на частини і подрібненням на волокно [24-26, 28-30]. Питанню шліфування деревини і деревинних матеріалів шліфувальною шкуркою прис-

вячено ряд дослідних робіт авторів Я.П. Бугаєнко [1], С.В. Гайда [12, 13, 21], О.А. Кійко [21, 24-26], І.В. Петришак [12, 13, 28-30] та інші.

Наукові дослідження у сфері шліфування щитових клеєних конструкцій включають різноманітні аспекти, які варто враховувати. Одне з досліджень зосереджується на впливі процесу шліфування на адгезію клею до деревини. В цьому дослідженні було вивчено якість поверхні та ефективність клеєння чорної ялини, підготовленої за допомогою планування та шліфування. Було виявлено, що шліфування зі шкуркою зернистістю 80 гарантувало найкращу міцність клеєвого шва, незалежно від швидкості подачі. Інше дослідження оцінило час пресування у виробництві краю склеєних панелей з використанням клею на основі рицинової олії. Було встановлено, що 1 година пресування є недостатньою для формування міцного деревного з'єднання з поліуретановим клеєм. Для досягнення найвищої міцності клеєвого шва у вологих та сухих умовах було рекомендовано 24 години пресування. Окрім цього, було проведено дослідження, спрямоване на оцінку шорсткості поверхні краю після фрезерування середньої щільності волокнистих плит (MDF) та краю склеєних панелей (EGP) з ялини. Виявлено, що якість фрезерованої поверхні значно вища, ніж у пиляної, але навіть фрезерування не гарантує ідеально гладкої поверхні, завжди буде певний ступінь шорсткості. В дослідженні також було вивчено вплив швидкості різання, швидкості подачі та матеріалу та обробки лез на шорсткість краю після фрезерування.

Ці дослідження відображають глибокий інтерес до вивчення процесів шліфування і клеєння в меблевому виробництві, підкреслюючи важливість як технічних, так і технологічних аспектів цих процесів. На жаль, специфічні наукові дослідження, присвячені безпосередньо впливу різновшчинності МШЦ на стійкість шліфувального інструменту, в моєму огляді не були знайдені. Однак, існують дослідження, які розглядають схожі теми, наприклад, вплив різних факторів на міцність та довговічність елементів меблів, таких як якість з'єднань та використання різних типів кріпильних елементів. Ці дослідження можуть надати загальне уявлення про фактори, які впливають на якість меблевого виробництва і потенційно на знос шліфувальних інструментів.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати літературні джерела щодо впливу режимів шліфування на різновшчинність меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни.
2. Побудувати регресійні моделі для з'ясування впливу режимів шліфування на різновшчинність меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни
3. Дослідити динаміку зменшення різновшчинності для меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни залежно від швидкості різання абразивом, від зусилля прижиму абразиву, від зерен абразиву.
4. Запропонувати шляхи підвищення стійкості шліфувального інструменту під час обробки щитових конструкцій.
5. Створити практичні рекомендації щодо раціонального підбору режимів шліфування меблевих щитів для різних порід деревини для допустимої різновшчинності та при максимальній стійкості шліфувальної шкурки.

Матеріали, устаткування та методи досліджень. Для здійснення досліджень впливу різновшчинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту було вибрано дві породи деревини, з яких були зроблені меблеві щити-

ти: Твердолистяна порода бук, як найбільш поширена та ефективно використовується у виробництві клеєних конструкцій. Шпилькова порода сосна, що масово проростає в Україні та широко використовується для виготовлення меблевих щитів. З даний порід були зроблені меблеві щити для здійснення випробувань таких розмірів: 500 x 500 x 20 мм, 500 x 500 x 20 мм.

Експериментальні дослідження зі впливу різновтовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту під час оброблення меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни проводили на двох верстатах: Барабанному шліфувально-калібрувальному верстаті моделі JET-44 з регульованою швидкістю різання з прижимним пристроєм. Двобарабанному шліфувально-калібрувальному верстаті моделі DDS-225 з регульованою швидкістю подачі та різання. Атестацію підібраних та каліброваних меблевих щитів на предмет різновтовщинності виконувати, користуючись приладом: товщиномір Profiline TG-3230 Lite. Також величину різновтовщинності – (різницю між фактично виміряною товщиною після експерименту та номінальною товщиною МЩ, що становить 20 мм), визначали замірами мікрометра після здійснення відповідної операції.

Змінні та постійні фактори для проведення досліджень впливу різновтовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту. Породи для досліджень: бук, сосна. Шліфувальна шкурка на тканинній основі з абразивом з кремнію для проведення досліджень впливу різновтовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту з умов допустимої різновтовщинності та при максимальній стійкості шліфувальної шкурки.

Методи та методична сітка проведення досліджень. Було проведено випробування на підставі матричної таблиці В-плану при зміні 2-х величин для визначення різновтовщинності меблевих щитів номінальною товщиною 20 мм із деревини бука та сосни у залежності від зусилля прижиму шліфшкурки та швидкості різання абразивом (табл. 1.). Для побудови регресійних моделей для кожної породи була використана традиційна методика

Таблиця 1. Матриця В-плану для двох змінних факторів

№ досліджу		Значення вхідних факторів у досліді			
		У натуральному позначенні		У кодованому позначенні	
		V	P	x ₁	x ₂
ПФП 2	1	8	2,4	-1	-1
	2	24	2,4	1	-1
	3	8	6,8	-1	1
	4	24	6,8	1	1
Зіркові точки	5	8	4,6	-1	0
	6	24	4,6	1	0
	7	16	2,4	0	-1
	8	16	6,8	0	1

Вихідний показник процесу шліфування – допустима різновтовщинність меблевих щитів. Початковими вхідними факторами для здійснення досліджень для визначення різновтовщинності меблевих щитів номінальною товщиною 20 мм із деревини бука та сосни на показники процесу зменшення різновтовщинності шляхом шліфувально-калібрувальних операцій: швидкості різання абразивом, V, м/с. ((8-16-24)); швидкості подачі щитової заготовки, V_s, м/с. ((5-7-9)); зусилля при-

жиму шліфшкурки Р, кПа ((2,4-4,6-6,8)); типорозміри шліфшкурки: (1. Р:(60-90); 2. Р:(100-120); 3.Р:(150-180)).

Методика дослідження різновшчинності залежно від швидкості різання. Для кожної породи був проведений експеримент впливу різновшчинності меблевих щитів на стійкість шліфувального інструменту при зміні швидкості різання шліфувальною шкуркою, V, в діапазоні 8-16-24 м/с. Серед постійних факторів при дослідженні різновшчинності взірців меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни згідно прийнятих умов виконання калібрувальних операцій були: Зусилля прижиму шліфшкурки, Р, кПа, приймаємо 4,6 кПа; Швидкість подання заготовки, $V_s=7$ м/хв. Шліфшкурка для здійснення досліджень для визначення різновшчинності меблевих щитів із деревини бука та сосни була взята на тканині, а абразивом служив кремній. Типорозміри шліфшкурки: (1. Р:(60-90); 2. Р:(100-120); 3.Р:(150-180)).

Методика дослідження різновшчинності від питомого тиску притискання. Для кожної породи був проведений експеримент впливу різновшчинності меблевих щитів на стійкість шліфувального інструменту при зміні питомого тиску притискання Р, в діапазоні 2,4-4,6-6,8 кПа. Серед постійних факторів при дослідженні різновшчинності взірців меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни згідно прийнятих умов виконання калібрувальних операцій були: Швидкість різання абразивом кремнію, $V=16$ м./с.. Швидкість подання заготовки, $V_s=7$ м/хв. Шліфшкурка для здійснення досліджень для визначення різновшчинності меблевих щитів із деревини бука та сосни була взята на тканині, а абразивом служив кремній.

Методика дослідження різновшчинності залежно від зернистості абразиву. Для кожного із взірців меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни був здійснений експеримент щодо питомої продуктивності абразиву в $\text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ залежно від зернистості абразиву. Серед змінних факторів при дослідженні різновшчинності взірців меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни згідно прийнятих умов виконання калібрувальних операцій були: типорозміри шліфшкурки: (1. Р:(60-90); 2. Р:(100-120); 3.Р:(150-180)). Серед постійних факторів при дослідженні різновшчинності взірців меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни згідно прийнятих умов виконання калібрувальних операцій були: Зусилля прижиму шліфшкурки, Р, кПа, приймаємо 4,6 кПа; Швидкість різання абразивом кремнію, $V=16$ м/с. Шліфшкурка для здійснення досліджень для визначення різновшчинності меблевих щитів із деревини бука та сосни була взята на тканині, а абразивом служив кремній. Швидкість подання заготовки, $V_s=7$ м/хв.. Вплив зернистості на питому продуктивність абразиву визначали визначенням обсягу (в см^3), (об'єм в см^3) зібраної деревини, яка знімається одним (1) см^2 поверхні шліфувальної шкурки за 1 хв. при умові, що шліфувальна шкурка є ефективно дієздатною, коли питома продуктивність інструменту не нижче $g=4,0 \text{ см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$.

Результати експериментальних досліджень. Отримані результати експериментальних досліджень впливу різновшчинності МЩ із деревини бука на стійкість шліфувального інструменту при зміні швидкості різання абразивом кремнію та зусилля прижиму шліфшкурки наведено у табл. 2. Виконавши статистичну обробку та розрахувавши коефіцієнти рівняння регресії за результатами реалі-

зації В-плану другого порядку для двох змінних, було отримано регресійну модель. Вигляд регресійної моделі при дослідженні різнотовщинності меблевих щитів із деревини бука на стійкість шліфувального інструменту при зміні швидкості різання абразивом кремнію та зусилля прижиму шліфшкурки наступний:

$$y=0,094+0,075x_1-0,091x_2+0,026x_1^2+0,026x_2^2-0,047x_1x_2$$

Аналіз впливу факторів показав, що другий фактор впливає більше, ніж перший, а знак мінус при факторі другому показує зменшення різнотовщинності МЩ із деревини бука.

Таблиця 2. Результати експериментальних досліджень деревини бука

№	Результати y_{ij} висот нерівностей, мкм					Значення в j-й вибірці	Дисперсія в j-й вибірці	Значення критерію Стьюдента
	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}			
1	0,115	0,109	0,112	0,113	0,108	0,111	0,000008	0,8331
2	0,385	0,382	0,379	0,369	0,375	0,378	0,000039	1,1209
3	0,011	0,008	0,010	0,008	0,009	0,009	0,000002	1,3739
4	0,092	0,086	0,087	0,086	0,091	0,088	0,000008	0,9025
5	0,068	0,067	0,071	0,070	0,069	0,069	0,000002	0,0000
6	0,171	0,181	0,169	0,172	0,168	0,172	0,000027	0,0387
7	0,199	0,201	0,195	0,198	0,197	0,198	0,000005	1,3416
8	0,042	0,042	0,044	0,044	0,043	0,043	0,000001	1,1948
Сума						1,07	0,000093	6,8056

Отримані результати експериментальних досліджень вивчення впливу різнотовщинності меблевих щитів із деревини сосни на стійкість шліфувального інструменту при зміні швидкості різання абразивом кремнію та зусилля прижиму шліфшкурки наведено у табл. 3. Виконавши статистичну обробку та розрахувавши коефіцієнти рівняння регресії за результатами реалізації В-плану другого порядку для двох змінних, було отримано регресійну модель. Вигляд регресійної моделі при дослідженні різнотовщинності меблевих щитів із деревини сосни на стійкість шліфувального інструменту при зміні швидкості різання абразивом кремнію та зусилля прижиму шліфшкурки наступний:

$$y=0,169+0,115x_1-0,130x_2+0,005x_1^2+0,030x_2^2-0,087x_1x_2$$

Аналіз впливу факторів показав, що другий фактор впливає більше, ніж перший, а знак мінус при факторі другому показує зменшення різнотовщинності МЩ із деревини сосни.

Таблиця 3. Результати експериментальних досліджень деревини сосни

№	Результати y_{ij} висот нерівностей, мкм					Значення в j-й вибірці	Дисперсія в j-й вибірці	Значення критерію Стьюдента
	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}			
1	0,133	0,125	0,128	0,125	0,131	0,1284	0,000013	0,9503
2	0,581	0,528	0,562	0,578	0,571	0,5640	0,000458	0,7939
3	0,019	0,017	0,019	0,021	0,018	0,0186	0,000002	0,2442
4	0,102	0,107	0,106	0,105	0,103	0,1046	0,000004	0,7716
5	0,095	0,098	0,078	0,085	0,089	0,0890	0,000064	0,0000
6	0,265	0,261	0,254	0,256	0,259	0,2590	0,000019	0,6975
7	0,306	0,301	0,309	0,300	0,301	0,3034	0,000015	0,6136
8	0,099	0,091	0,088	0,094	0,097	0,0938	0,000020	0,6308
Сума	0,5062					1,5608	0,000595	4,7019

Дослідження впливу швидкості різання абразивом на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука сформовано у рис. 1.



Рис. 1. Величина різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука залежно від зусилля прижиму та швидкості різання абразивом

Отримані графічні залежності впливу досліджувачого фактору на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни засвідчують, що зі збільшенням швидкості різання абразивом **меблевого щита з деревини бука** збільшується різнотовщинність щитової конструкції на 320-622 %.

Дослідження впливу швидкості різання абразивом на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини сосни сформовано у рис. 2.

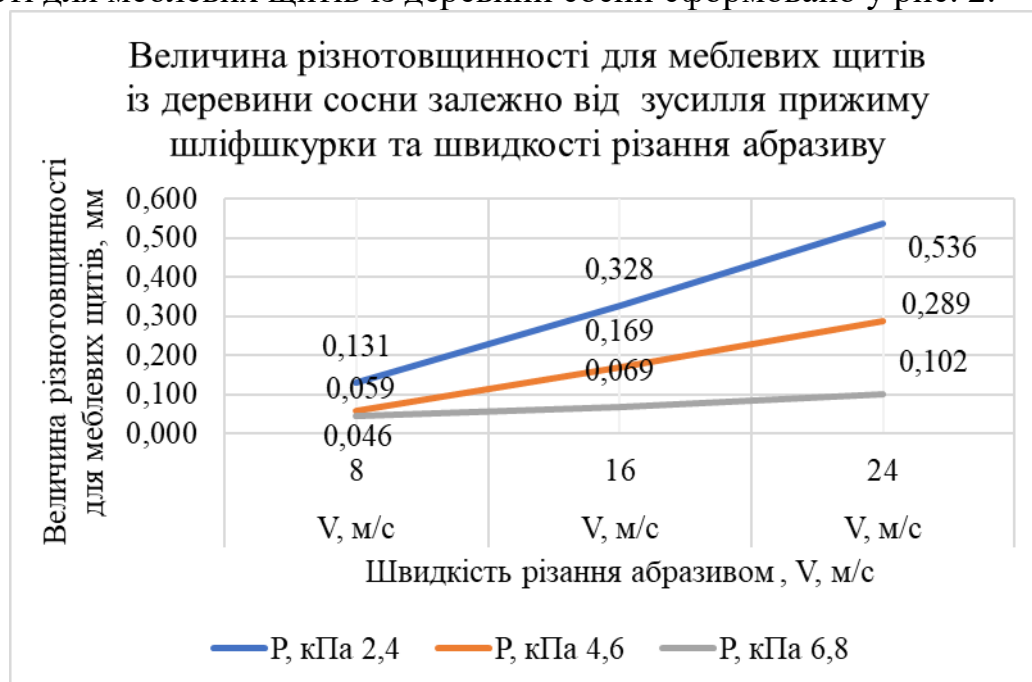


Рис. 2. Величина різнотовщинності для меблевих щитів із деревини сосни залежно від зусилля прижиму шліфшкурки та швидкості різання абразиву

Отримані графічні залежності впливу досліджувачого фактору на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни за-

свідчують, що зі збільшенням швидкості різання абразивом **меблевого щита з деревини сосни** збільшується різнотовщинність щитової конструкції на 55-80 %.

Дослідження впливу зусилля прижиму заготовки на величину різнотовщинності **клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука** сформовано у рис. 3.

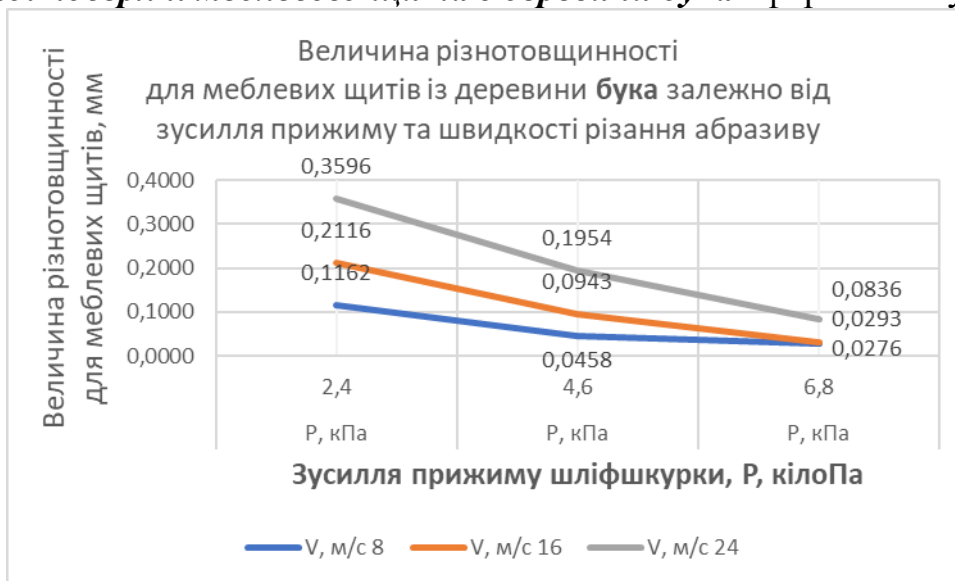


Рис. 3. Величина різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука залежно від зусилля прижиму та швидкості різання абразиву

Отримані графічні залежності впливу досліджуемого фактору на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни засвідчують, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до **клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука** зменшується різнотовщинність щитової конструкції на 67-77 %. Дослідження впливу зусилля прижиму заготовки на величину різнотовщинності для меблевих щитів із деревини сосни сформовано у рис. 4.

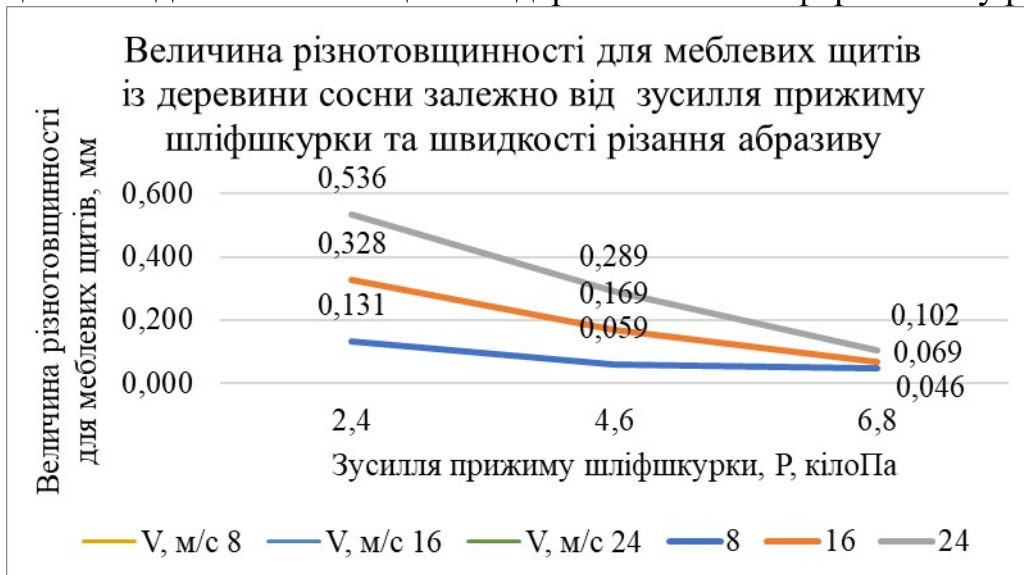


Рис. 4. Величина різнотовщинності для меблевих щитів із деревини сосни залежно від зусилля прижиму шліфшкурки та швидкості різання абразиву

Отримані графічні залежності впливу досліджуемого фактору на величину різнотовщинності для МЩ із деревини бука та із деревини сосни засвідчують, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до **клеєної поверхні меблевого щита з деревини сосни** зменшується різнотовщинність конструкції на 183-423 %.

Дослідження впливу розмірів зерен абразивного інструменту на питому продуктивність шліфшкурки під час оброблення меблевих щитів із деревини *бука* сформовано у рис. 5.

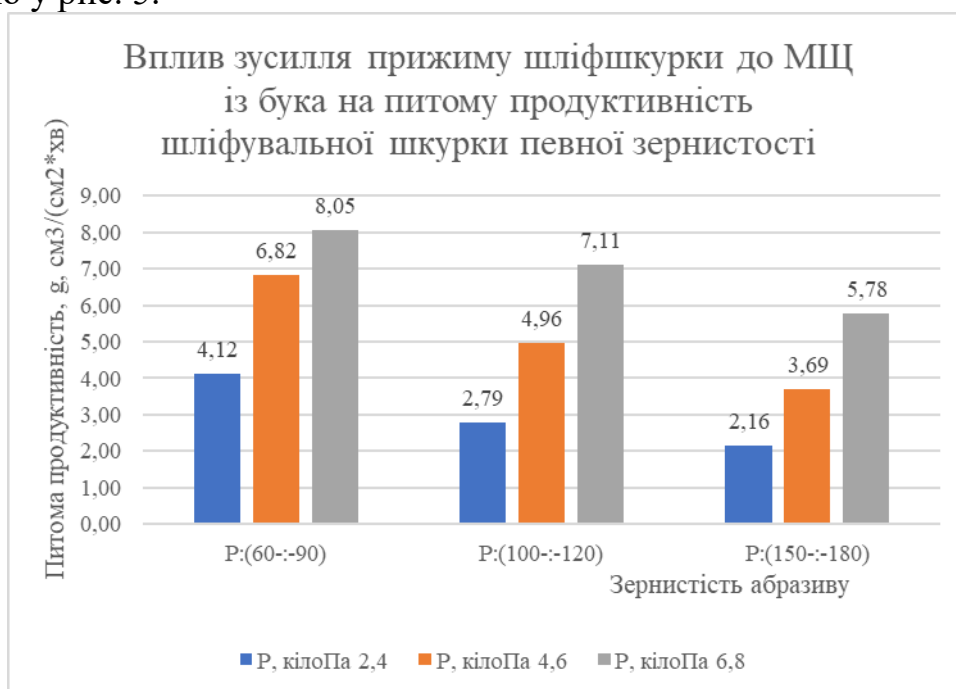


Рис. 5. Вплив зусилля прижиму шліфшкурки до МЩ із бука на питому продуктивність шліфувальної шкурки певної зернистості

Отримані графічні залежності впливу досліджуемого фактору на питому продуктивність шліфшкурки під час оброблення меблевих щитів із деревини *бука* засвідчують, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до *клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука* збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 48,82-62,63 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 39,27-90,74 %.

Дослідження впливу розмірів зерен абразивного інструменту на питому продуктивність шліфшкурки під час оброблення меблевих щитів із деревини *сосни* сформовано у рис. 6.

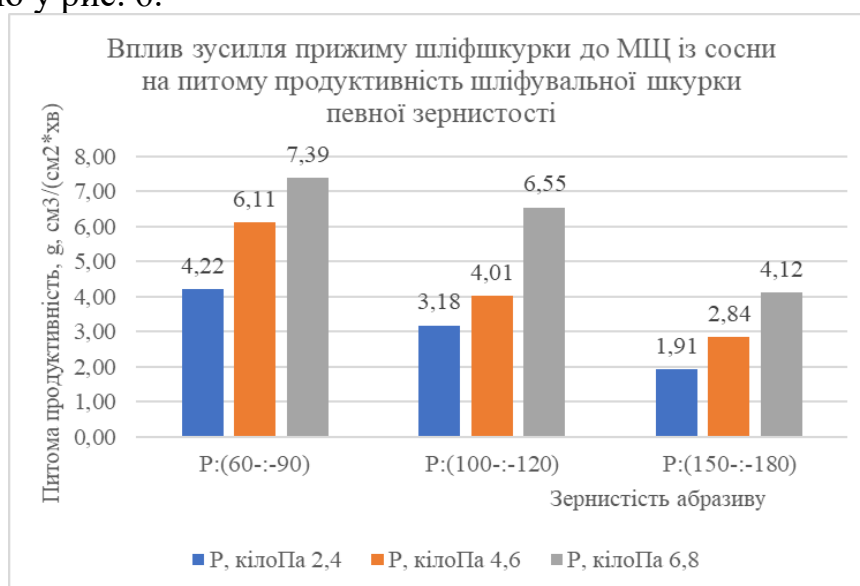


Рис. 6. Вплив зусилля прижиму шліфшкурки до МЩ із сосни на питому продуктивність шліфувальної шкурки певної зернистості

Отримані графічні залежності впливу досліджуючого фактору на питому продуктивність шліфшкурки під час оброблення меблевих щитів із деревини *сосни* засвідчують, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до *клеєної поверхні меблевого щита з деревини сосни* збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 42,90-53,64 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 79,37-120,94 %.

Порівняння впливу породи МЩ із деревини бука та сосни на питому продуктивність залежно від зернистості абразиву, швидкості різання 16 м/с, прижиму 4,6 кПа сформовано у рис. 7.

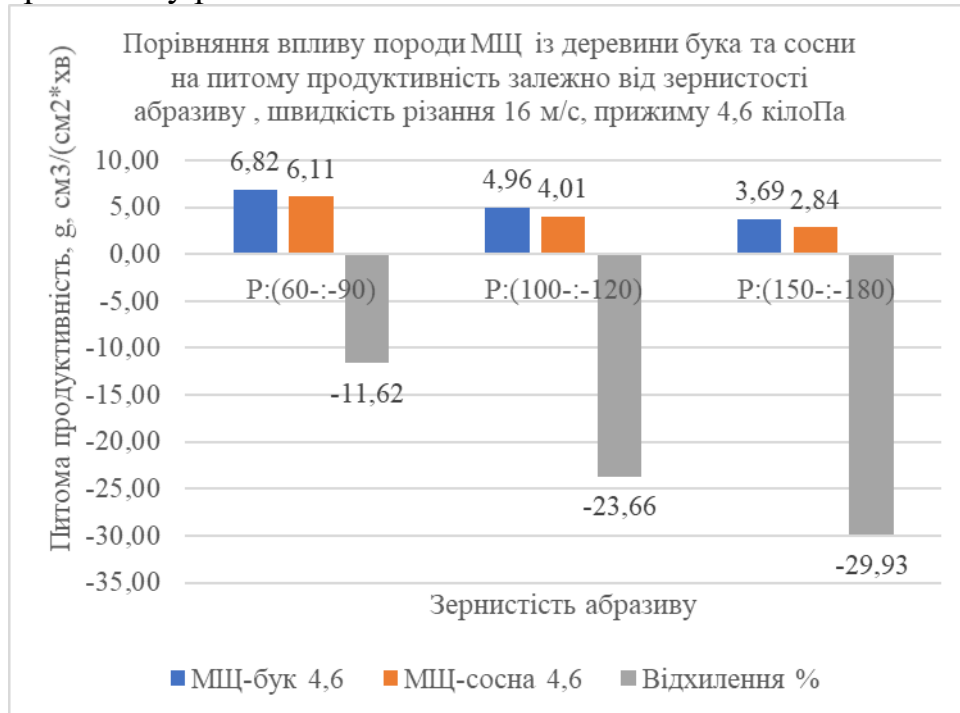


Рис. 7. Порівняння впливу породи МЩ із деревини бука та сосни на питому продуктивність залежно від зернистості абразиву, швидкості різання 16 м/с, прижиму 4,6 кПа

Загальні висновки.

1. Проаналізовано літературні джерела щодо впливу різнотовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту.
2. Розглянуто актуальність процесів шліфування дерев'яних поверхонь. Описано проблеми різнотовщинності меблевих щитів.
3. Розглянуто основні проблеми зносостійкості шліфувального інструменту
4. Розроблено методику дослідження впливу різнотовщинності меблевих заготовок на стійкість шліфувального інструменту під час оброблення меблевих щитів із деревини бука та із деревини сосни
5. Отримано регресійні залежності, що описують стан різнотовщинності меблевих порід із деревини бука та сосни залежно від швидкості різання абразивом та зусилля прижиму шліфшкурки. Встановлено, що зусилля прижиму шліфшкурки впливає більше, ніж швидкість різання, а знак мінус при другому факторі (зусилля прижиму) показує зменшення різнотовщинності МЩ.
6. З'ясовано, що зі збільшенням швидкості різання абразивом *клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука* збільшується різнотовщинність щитової конструкції на 320-622 %, а для *клеєної поверхні меблевого щита з деревини* різнотовщинність щитової конструкції збільшується на 55-80 %.

7. Встановлено, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до **клеєної поверхні меблевого щита з деревини бука** збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 48,82-62,63 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 39,27-90,74 %.

8. Визначено, що зі збільшенням зусилля прижиму заготовки до **клеєної поверхні меблевого щита з деревини сосни** збільшується питому продуктивність шліфшкурки на 42,90-53,64 %, а зі зменшенням розмірів зерен абразивного інструменту зменшується питома продуктивність шліфшкурки на 79,37-120,94 %.

9. Запропоновано шляхи підвищення стійкості шліфувального інструменту під час обробки меблевих щитів різних конструкцій.

Практичні рекомендації

Шляхи підвищення стійкості шліфувального інструменту під час обробки МЩ конструкцій. Шляхи підвищення стійкості шліфувального інструменту включають:

1. Використання високоякісних абразивів, таких як карбід кремнію або корунд.
2. Підбір оптимальної форми, розміру та розташування абразивних зерен.
3. Використання рекомендованих швидкостей різання та тиску під час шліфування. Своєчасне заміщення абразивних елементів та підтримка гостроти.
4. Зниження температури інструменту під час роботи для запобігання передчасного зносу. Вибір інструменту, що відповідає характеристикам оброблюваного матеріалу, наприклад, різної твердості для м'яких та твердих деревин.

Врахування цих аспектів може значно підвищити ефективність та довговічність шліфувального інструменту.

References

1. **Bugaenko Ya.P.** (2010): Do pytannya profil'noho shlifuvannya derevyny [On the issue of profile sanding of wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 36:100-102 (in Ukrainian).
2. **Gayda S., Kiyko O.** (2023): Study of Physical and Mechanical Properties of Post-Consumer Wood of Different Age. *Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty* 66 (212): 00010. <https://doi.org/10.53502/wood-177453>.
3. **Gayda S.V.** (2009): Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 35:63-83.
4. **Gayda S.V.** (2011): Вживана деревина – додатковий ресурс сировини / *Vzhyvana derevyna – dodatkovyy resurs syrovyny* [Recovered wood is additional resource of raw material]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 37(1): 238-244 (in Ukrainian).
5. **Gayda S.V.** (2013): Основи формування класифікатора вторинних деревинних ресурсів / *Osnovy formuvannya klasyfikatora vtorynnykh derevynnykh resursiv* [Bases of secondary wood resources classifier formation]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 11:208-215 (in Ukrainian).
6. **Gayda S.V.** (2014): Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 40:41-51.
7. **Gayda S.V.** (2015): Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49.
8. **Gayda S.V.** (2016): *Ekologo-tehnologicheskiye aspekty pererabotki vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny dlya proizvodstva pressovannykh materialov* [Ecological and technological aspects of recy-

cling post-consumer wood for production compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin of MSFU* 20(3):15-22 (in Russian).

9. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktсий iz vzhivanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:15-25 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184402>.

10. **Gayda S.V.** (2012): Production techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 38: 112-150.

11. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).

12. **Gayda S.V.** (2018): *Mitsnist kombinovanykh stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyny* [Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).

13. **Gayda S.V., Petryshak I.V., Humeniuk Zh.Ya.** (2021): *Vyznachennya vplyvu porody ta rezhymiv shlifuvannya na shorstkist' poverkhni derevyny* [Determination of the influence of rock and grinding modes on the surface roughness of wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 47:5-15 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214701>.

14. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiystosti klejenykh shchytiv iz vzhivanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 69-79 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42164211>.

15. **Gayda, S.V.** (2007): A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:60-63 (in Ukrainian).

16. **Gayda, S.V.** (2007): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Навч. посібн. – Львів: ВМС. – 160 с.

17. **Gayda, S.V.** (2007): Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:55-63 (in Ukrainian).

18. **Gayda, S.V.** (2013): Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex* 185(2):271-280 (in Ukrainian).

19. **Gayda, S.V.** (2017): A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex* 48:34-38 (in Russian).

20. **Gayda, S.V., & Maksymiv, V.M.** (2007): Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:63-73 (in Ukrainian).

21. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020): Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 [1 [107]], 89–97. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>.

22. **Gayda, S., Kiyko, O.** (2020): The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. *Drewno. Prace Naukowe, Doniesienia, Komunikaty = Wood. Research Papers, Reports, Announcements*, 63(206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>

23. **Gayda, S.V., Maksymiv, V.M.** (2007): Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини / *Analiz, osoblyvosti, problemy ta dosvid vykorystannya dodatkovykh resursiv syrovyny – vidkhodiv ta vzhivanoyi derevyny* [Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:63-73 (in Ukrainian).

24. **Kiyko O.A.** (1994): *Novyy instrument dlya chystovoho shlifuvannya derevyny* [A new tool for fine sanding of wood] // *Scientific Bulletin of UNFU* 1:91-94 (in Ukrainian)

25. **Kiyko O.A.** (1995): *Vplyv shvydkosti rizannya, shvydkosti podachi ta velychyny prytyskannya na sylovi pokaznyky protsesu shlifuvannya kombinovanykh zhorstko-pruzhnykh abrazynykh kruhamy* [Influence of cutting speed, feed rate and pressure on the force indicators of the grinding

process by combined rigid-elastic abrasive wheels] // Scientific Bulletin of UNFU 3(1):143-145 (in Ukrainian).

26. **Kiyko O.A.** (1999): *Deyaki konstruktyvni osoblyvosti elastychnykh abrazyvnykh instrumentiv dlya shlifuvannya derevyny* [Some design features of elastic abrasive tools for sanding wood] // Scientific Bulletin of UNFU 9(5):165-168 (in Ukrainian).

27. **Medvid L.M.** (2021): *Vzhyvana derevyna – dodatkovyy rezerv syrovyny dlya konstruktsiynykh materialiv* [Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47:34-46 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214706>.

28. **Petryshak I.V.** (2003): *Doslidzhennya rezhymnykh parametriv protsesu shlifuvannya derevyny buka zhorstko-pruzhnymy abrazyvnymy instrumentamy* [Investigation of regime parameters of beech wood grinding process by rigid-elastic abrasive tools] // Scientific Bulletin of UNFU 13(2):133-136 (in Ukrainian).

29. **Petryshak I.V.** (2003): *Vyznachennya konstruktyvnykh parametriv zhorstko-pruzhnoho abrazyvnoho instrumenta* [Determination of design parameters of rigid-elastic abrasive tool] // Scientific Bulletin of UNFU 13(1):137-142 (in Ukrainian).

30. **Petryshak I.V.** (2006): *Obgruntuvannya strukturnykh parametriv zhorstkopruzhnoho abrazyvnoho instrumenta* [Substantiation of structural parameters of rigid abrasive tool] // Nauk. Bulletin: Coll. scientific and technical work. – Lviv: NLTU of Ukraine. – 2006, issue. 16.3. – P. 70-75.

UDC 684.4.057

Assoc. prof. I.V. Petryshak, Ph.D; prof. S.V. Gayda, Doctor of Sciences; Ph.D, Zh.Ya. Humeniuk – UNFU

Establishing the influence of grinding modes on different thicknesses of furniture panels

Literary sources on the influence of different thicknesses of furniture blanks on the stability of the grinding tool were analyzed. The relevance of processes of grinding wooden surfaces is considered. Problems of different thicknesses of furniture panels are described. The main problems of wear resistance of grinding tools are considered. A methodology for studying the effect of different thicknesses of furniture blanks on the stability of the grinding tool during the processing of furniture boards made of beech wood and pine wood has been developed. Regression dependences were obtained that describe the state of the thickness of furniture species made of beech and pine depending on the speed of cutting with an abrasive and the pressure of the sandpaper. It was established that the clamping force of the grinding wheel affects more than the cutting speed, and the minus sign in the second factor (clamping force) shows a decrease in the accuracy of the furniture board. It was found that with an increase in the abrasive cutting speed of the glued surface of the furniture panel made of beech wood, the thickness variation of the panel construction increases by 320-622%, and for the glued surface of the furniture panel made of wood, the thickness variation of the panel construction increases by 55-80%. It was established that with an increase in the force of clamping the workpiece to the glued surface of the furniture board made of beech wood, the specific productivity of the sandpaper increases by 48.82-62.63%, and with a decrease in the size of the grains of the abrasive tool, the specific productivity of the sandpaper decreases by 39.27-90.74% . It was determined that with an increase in the clamping force of the workpiece to the glued surface of the furniture board made of pine wood, the specific productivity of the sandpaper increases by 42.90-53.64%, and with a decrease in the grain size of the abrasive tool, the specific productivity of the sandpaper decreases by 79.37-120.94%. Ways to increase the stability of the grinding tool during the processing of furniture panels of various designs are proposed.

Keywords: technology, mathematical model, grinding, beech, pine, cutting speed, clamping force, feed rate, regression equation, furniture board,