

УДК 684.4.057 Доц. С.В. Гайда¹, д-р техн. наук; доц. І.В. Петришак², к. т. н.; доц. Г.В. Сомар³, к. т. н. – НЛТУ України, doi: <https://doi.org/10.36930/42204601>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОРОДИ ТА РЕЖИМІВ ШЛІФУВАННЯ НА ПИТОМУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ШЛІФУВАЛЬНОЇ ШКУРКИ

Досліджено, що порода деревини впливає на показники процесу шліфування: шорсткість поверхні, питому продуктивність шкурки, роботоздатність шкурки, зусилля різання, які в загальному залежать також від швидкості різання та подачі, зусилля притискання, зернистості абразиву. Підтверджено, що питома продуктивність шкурки під час шліфування ялини вища на 14,25-18,77 %, ніж при обробці деревини дуба. Встановлено, що із збільшенням швидкості подачі висота нерівностей зростає, оскільки збільшується товщина стружки, яка знімається одним активнодіючим зерном. Це суттєво проявляється для порід дерев з меншою густиною та твердістю. Досліджено, що зі збільшенням швидкості подачі під час оброблення поверхні деревини дуба збільшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 24,62-31,40 %, а у ялини – на 23,14-24,02 %. Встановлено, що зі збільшенням часу шліфування під час оброблення поверхні деревини дуба зменшується питома продуктивність шкурки на 162,68-190,40 %, а у ялини – на 114,29-176,09 %. Питома продуктивність шкурки під час шліфування ялини вища на 18,90-22,47 %, ніж при обробці деревини дуба. Підтверджено, що із збільшенням зернистості абразиву чистота шліфованої поверхні погіршується, тобто величина шорсткості обробленої поверхні прямо-пропорційна зернистості абразиву. З'ясовано, що наявність в ялини масел спричиняють швидке засалювання шкурки, тобто до пониження її роботоздатності. Встановлено, що послідовність використання поставів шкурок сприяють підвищенню продуктивності шліфування та отримання чистоти потрібного класу. Для здійснення ефективного шліфування з отриманням якісної поверхні рекомендуються такі вхідні величини обробки: швидкість різання 20-30 м/с; швидкість подачі 6-8 м/хв; питома зусилля притискання 2,2-4,4 кПа; зернистість шкурок: P180-P150; P120-P100; P90-P60.

Ключові слова: технологія, шорсткість, шліфування, дуб, ялина, швидкість різання, зусилля прижимання, швидкість подачі, питома продуктивність шліфувальної шкурки.

Актуальність. Для абразивної обробки деревини і деревинних матеріалів на сучасному етапі розвитку науки і техніки застосовуються інструменти на еластичній і жорсткій основі. Інструментом з еластичною основою є шліфувальна шкурка. До інструментів, які мають жорстку основу, належать шліфувальні круги і циліндри. Абразивна обробка в основному застосовується для підготовки поверхонь деталей до опорядження, калібрування заготовок з метою забезпечення точності їх розмірів, а також для шліфування лакових покриттів. Як ріжучий інструмент більшою мірою використовується шліфувальна шкурка, що складається з тканинної або паперової основи, абразивних зерен і клею-зв'язки. Характеристиками, що визначають шліфувальну шкурку, є матеріалу, його зернистість, щільність насипання зерен на основу, матеріал основи, клей-зв'язка і вологостійкість. Шліфувальна шкурка повинна задовільнити такі вимоги: основа шкурки повинна протистояти розриву і надмірному видовженню під дією зусиль, що вини-

¹ Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +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

² 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. Email: borason@ukr.net

³ Сомар Галина Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-347-25-55. Email: s.gv@ukr.net

кають в процесі шліфування; абразивний матеріал повинен бути зносостійким, твердим міцним в поєднанні з крихкістю, бути однорідним і достатньо міцно закріпленим на основі шкірки. Підвищені вимоги до точності обробки деталей, якості обробки поверхні і, в цілому, до надійності і довговічності роботи готових виробів призвело до значного розвитку технології обробки [7-15]. Сьогоднішні меблеві вироби – це високоякісні та конкурентноспроможні меблі, які чекають на свого покупця у якісному виготовленні із сучасних матеріалів та комплектуючих. Якісне опорядження перш за все гарантоване на якісно підготовленій поверхні, зокрема шліфованій. Тому актуальним постає питання ефективного шліфування при раціональних режимах роботи відповідного обладнання.

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 очищення поверхонь від забруднень. І це актуально для очищення та перероблення вживаної деревини [16-46].

Шліфування, як технологічна операція, в переважній більшості є завершуючим етапом механічної обробки деталей при виготовленні меблів та інших виробів з деревини і деревинних матеріалів, хоча в ряді випадків деталей після шліфування піддається опорядженню. 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. Шліфування і зачищення, як технологічні операції, є завершальним етапом механічної обробки деталей. Завершуючи механічну обробку, шліфування і зачищення покликані забезпечити високу якість обробленої поверхні. Трансформація деревинних матеріалів і конструкцій виробів із деревини породжує нові методи обробки, нові види інструменту, нові підвищені вимоги щодо його стійкості, ріжучих властивостей. Все це, звичайно, ставить практичні завдання, виконання яких залежить від вирішення наукових проблем. Проблемами шліфування, зокрема питаннями використання різного шліфувального інструменту для отримання якісних поверхонь під опорядження займалися вчені В.А. Багрійчук [1], А.А. Береніс [2, 3], Я.П. Бугаєнко [4], Б.М. Буглай [5], О.А. Кійко [47-49], І.В. Петришак [50-52], Ю.П. Попов [53], Б.Н. Рудаков [55], А.Ф. Кашталъян [6], І.М. Заяць [56]. Їхні роботи були спрямовані на пошук оптимальних режимів шліфування різних матеріалів на різних типах верстатів. В основному досліджувались вплив породи матеріалу, що шліфується, матеріалу абразиву та його зернистості, питомого зусилля притискання, швидкостей різання та подачі, різних технічних характеристик шліфувальних шкірок на якість шліфованої поверхні, питому продуктивність, стійкість інструменту та інші показники. Шліфувальна шкірка, як відомо, являє собою гнучку основу, на поверхні якої знаходиться один або більше шарів абразивного зерна. Оскільки грані зерен не мають однакової ріжучої здатності і неоднаково виступають над поверхнею шкірки, то процес шліфування не має стабільних умов.

Крім цього, притискання шліфувальної шкірки до оброблюваного матеріалу може здійснюватися через м'яку підкладку, що утруднює можливість обробки плоских поверхонь з високим ступенем точності. В цьому випадку в основному забезпечується потрібна гладкість і чистота поверхні. В процесі шліфування більш виступаючої грані зерен знімають стружку більшої товщини і, щоб запобігти їх викришуванню та викиданню цілих зерен із зв'язки під дією сил різання, основа шкірки і зв'язка повинні забезпечити пружне відтискання зерен. В той же час грані зерен, що втратили ріжучу здатність в процесі роботи, повинні бути усунуті з основи. Таким чином, шліфувальна шкірка повинна мати підвищену еластичність основи і зв'язки.

Роботу шліфувальної шкірки до повного зносу поділяють на три періоди. В перший період роботи шкірки питома продуктивність різко зменшується. Цей період робо-

ти шкурки вважають якби "правкою" її робочої поверхні: окремі, значно виступаючі над поверхнею зерна і ті, що не міцно закріплені на основі, відломлюються і викришуються із зв'язки. Другий період роботи шкурки характеризується більш стабільною питомою продуктивністю. При збільшенні часу роботи шкурки в цьому періоді продуктивність зменшується внаслідок поступового затуплення абразивних зерен і забивання міжзернових просторів стружкою. Час роботи шкурки в другому періоді найбільший і залежить від багатьох факторів. Робота шкурки в третьому періоді характеризується втратою абразивними зернами ріжучих властивостей та інтенсивним засалюванням, що супроводжується значним виділенням тепла внаслідок тертя ковзання тупих зерен по оброблюваній поверхні. В цьому випадку шкурка повністю втрачає свою шліфуючу здатність.

Перший і другий періоди визначають час роботи шкурки, характеризуючи її стійкість. Водночас з тим стійкість шкурки залежить від матеріалу абразиву, зернистості та щільності, насипання його на основу, питомого зусилля притискання, швидкостей різання і подачі, породи матеріалу та інших факторів. Вчений Б.М. Буглай вважає, що із усіх факторів, що впливають на якість поверхні, основним є зернистість абразиву. Автор вказує, що із збільшенням зернистості абразиву чистота шліфованої поверхні погіршується. Таким чином, до основних показників процесу шліфування шкуркою можна віднести якість обробленої поверхні, стійкість шкурки і силові параметри. Багато вчених приділяли питанням шліфування різних матеріалів, інструменту і порід. Дослідження впливу породи деревини на показники процесу шліфування є актуальним і сьогодні.

Проблема, яка вирішувалась – це створення практичних рекомендацій щодо раціонального підбору режимів шліфування для різних порід деревини.

Мета – дослідження впливу породи деревини на показники процесу шліфування.

Об'єкт досліджень – процеси шліфування поверхонь деревини різних порід. **Предмет досліджень** – дослідити вплив породи та складових режиму шліфування на питому продуктивність шліфувальної шкурки для дуба та ялини.

Завдання досліджень: Провести дослідження впливу породи та складових режиму шліфування на питому продуктивність шліфувальної шкурки на прикладі дуба та ялини. Отримати залежності впливу породи деревини на питому продуктивність шліфувальної шкурки для деревини дуба та ялини залежно від зернистості абразиву, від питомого тиску притискання, від швидкості подачі, від часу шліфування. Отримати залежності впливу породи деревини на зусилля різання шліфувальної шкурки прийнятих для деревини дуба і ялини залежно від часу шліфування. Створити практичні рекомендації щодо раціонального підбору режимів шліфування для різних порід деревини.

Матеріали, устаткування та методи досліджень. Для здійснення досліджень впливу породи деревини на показники процесу шліфування нами було вибрано дві породи деревини: Твердолистяна порода дуб, як найбільш поширена та ефективно використовується у виробництві меблів елітних конструкцій. Шпилькова порода ялина, що масово проростає в Україні та широко використовується деревообробними та меблевими підприємствами для виготовлення виробів з деревини. З даних порід були нарізані взірці для здійснення випробувань. Розмір взірців кожної породи становив та мав такі габарити : 300 x 50 x 20 мм; 400 x 30 x 20 мм; 300 x 20 x 20 мм. Взірці розпилювались на багатопилковому верстаті, а торцювались на звичайній торцювальній установці – радіальній пилі. Частина взірців проходили чотирибічне фрезерування (це 70 %) інші не були фрезеровані. Експериментальні дослідження зі шліфування проводили на двох верстатах: Крайко-шліфувальному верстаті GL-150 з регульованою швидкістю різання та який укомплектований автоматичним подавальним та прижимним пристроєм; Калібрувально-шліфувальному верстаті моделі Nice-650 з регульованою швидкістю різання та подачі.

Змінні та постійні фактори для проведення досліджень впливу породи деревини на основні показники процесу шліфування. Породи для досліджень для встановлення раціональних показників процесу машинного шліфування поверхонь під опорядження : дуб, ялина. Шліфувальна шкурка на тканинній основі з абразивом з кремнію для забезпечення показника шорсткості не більше 16 мкм. Вихідний показник процесу шліфування – питома продуктивність шліфувальної шкурки, який виражається об'ємом стружки (см^3), яка знімається з 1 см^2 поверхні деревини шліфувальною шкуркою за 1 хв, $\text{г}, \text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ та роботоздатність (стійкість) шліфувальних шкурок (час шліфування), $\text{т}, \text{хв}$. Вхідні змінні фактори (показники) процесу шліфування поверхонь деревини під час досліджень впливу породи деревини на основні показники процесу машинного шліфування поверхонь під опорядження: швидкість різання, $u, \text{м/с}$ (10-20-30); швидкість подачі, $V_s, \text{м/хв}$ (6-8-10); питоме зусилля притискання $P, \text{кПа}$ (2,2-4,4-6,6)); зернистість шкурок в новому маркуванні: P180-P150; P120-P100; P90-P60.

Методика дослідження питомої продуктивності шліфувальної шкурки залежно від зернистості абразиву. Для кожної породи був проведений експеримент впливу породи деревини на питому продуктивність шліфувальної шкурки, $\text{г}, \text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ при змін зернистості абразиву: (1. P90-P60; 2. P120-P100; 3. P180-P150). **Вхідні постійні фактори** для проведення досліджень впливу породи деревини на показники процесу шліфування поверхонь були: питоме зусилля притискання, $P = 4,4 \text{ кПа}$; швидкість різання, $V = 20 \text{ м/с}$, швидкість подачі, $V_s = 8 \text{ м/хв}$. **Методика дослідження питомої продуктивності шліфувальної шкурки залежно від питомого тиску притискання.** Для кожної породи був проведений експеримент впливу породи деревини на питому продуктивність шліфувальної шкурки, $\text{г}, \text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ при зміні питомого тиску притискання P , в діапазоні 2,2-4,4-6,6 кПа. **Вхідні постійні фактори** для проведення досліджень впливу породи деревини на основні показники процесу машинного шліфування поверхонь були: Швидкість різання, $V = 20 \text{ м/с}$; Швидкість подачі, $V_s = 8 \text{ м/хв}$.

Методика дослідження питомої продуктивності шліфувальної шкурки залежно від часу шліфування. Для кожної породи був проведений експеримент впливу породи деревини на питому продуктивність шліфувальної шкурки, $\text{г}, \text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ протягом часу шліфування 20 хв, 40 хв, 60 хв. **Вхідні постійні фактори** для проведення досліджень впливу породи деревини на основні показники процесу шліфування поверхонь були: Питоме зусилля притискання, $P = 4,4 \text{ кПа}$; Швидкість різання, $V = 20 \text{ м/с}$; Швидкість подачі, $V_s = 8 \text{ м/хв}$.

Результати та обговорення. Вплив зернистості абразиву на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 1.

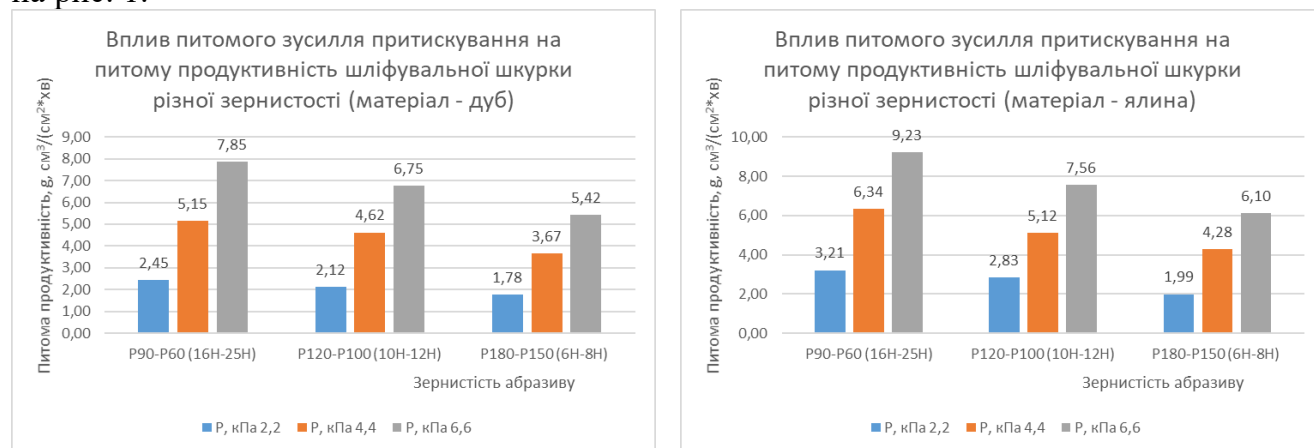


Рис. 1. Залежність питомої продуктивності від зернистості абразиву

Графічна інтерпретація залежностей свідчить, що зі зменшенням зернистості абразиву *під час оброблення поверхні деревини дуба* зменшується питома продуктивність

шліфувальної шкурки на 37,67-44,83 %, а у **ялини** – на 51,31-61,31 %. Порівняльний вплив зернистості абразиву на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 2.

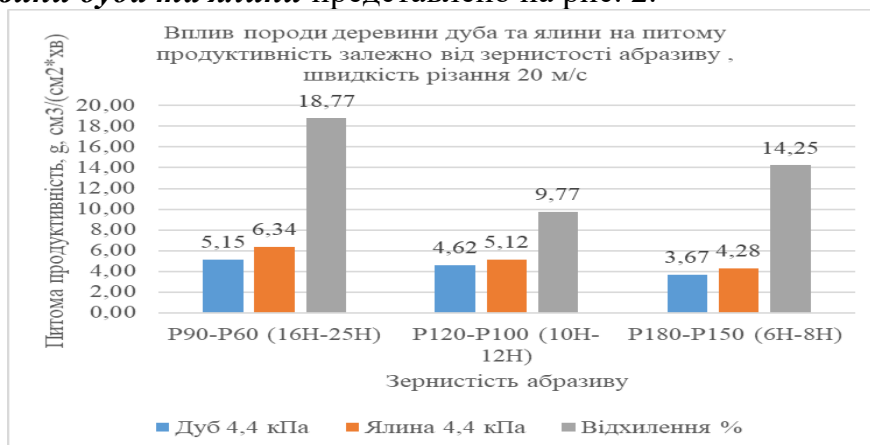


Рис. 2. Порівняння питомої продуктивності шкурки від зернистості абразиву

Графічна інтерпретація порівняльних залежностей питомої продуктивності шліфувальної шкурки від зернистості абразиву *під час оброблення поверхні деревини дуба та ялини* свідчить, що на питома продуктивність шліфувальної шкурки ялини краща на 18,77 % при зернистості абразиву P90-P60 (16H-25H), і на 14,25 % при зернистості абразиву P180-P150 (6H-8H).

Вплив питомого тиску притискання на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 3

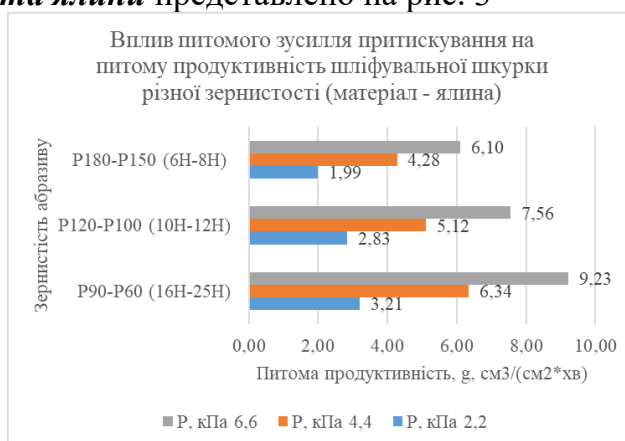
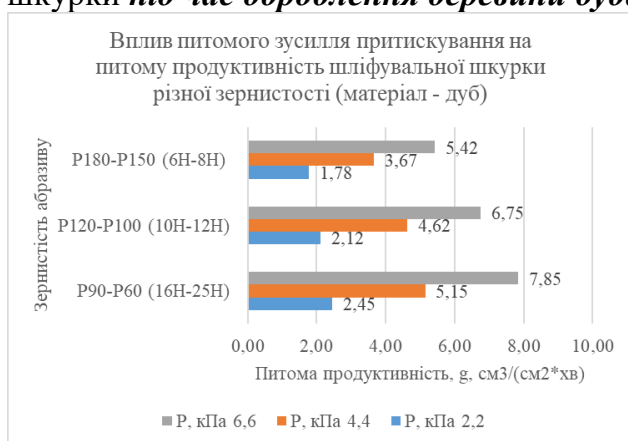
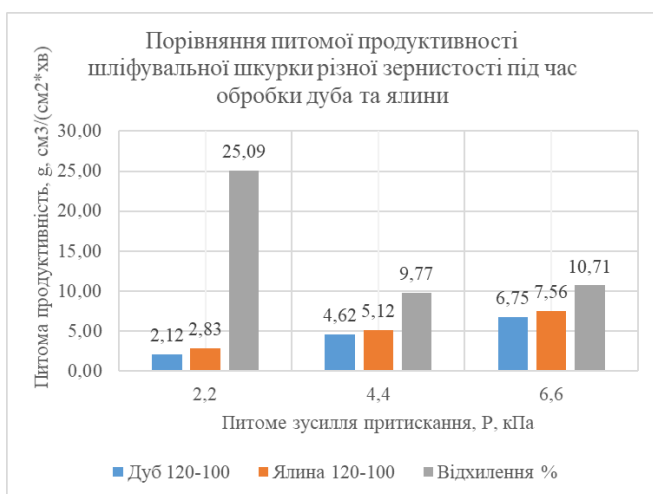


Рис. 3. Залежність питомої продуктивності від зусилля притискання



Графічна інтерпретація залежностей свідчить, що зі збільшенням питомого тиску притискання *під час оброблення поверхні деревини дуба* збільшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 67,16-68,69 %, а **ялини** збільшується на 62,57-67,38 %. Порівняльний вплив питомого тиску притискання на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 4.

Рис. 4. Порівняння питомої продуктивності шкурки від зусилля притискання

Графічна інтерпретація порівняльних залежностей питомої продуктивності шліфувальної шкурки від питомого тиску притискання *під час оброблення поверхні дере-*

вини дуба та ялини свідчить, що на питома продуктивність шліфувальної шкурки ялини краща на 25,09 % при питомого тиску притискання 2,2 кПа і на 10,71 % при питомого тиску притискання 6,6 кПа.

Вплив швидкості подачі на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 5.

Графічна інтерпретація залежностей свідчить, що зі збільшенням швидкості подачі *під час оброблення поверхні деревини дуба* збільшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 24,62-31,40 %, а у **ялини** – на 23,14-24,02 %.

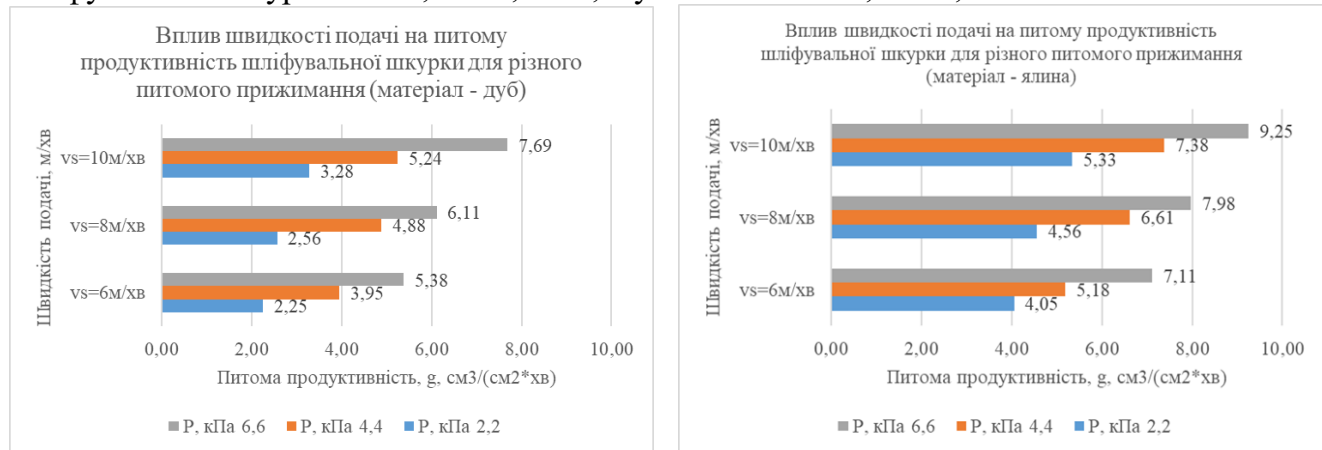


Рис. 5. Залежність питомої продуктивності від швидкості подачі

Порівняльний вплив швидкості подачі на питому продуктивність шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 6.

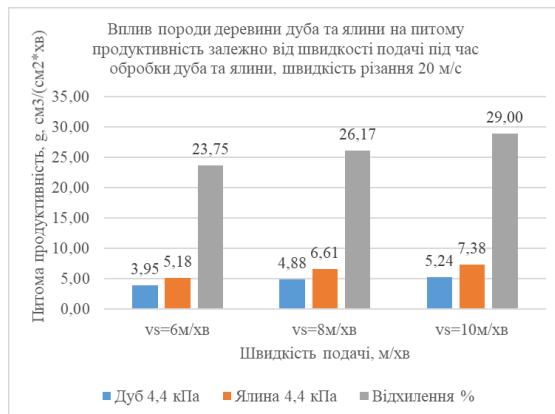


Рис. 6. Порівняння питомої продуктивності шкурки від швидкості подачі

Графічна інтерпретація порівняльних залежностей питомої продуктивності шліфувальної шкурки від швидкості подачі *під час оброблення поверхні деревини дуба та ялини* свідчить, що на питома продуктивність шліфувальної шкурки ялини вища на 23,75 % при швидкості подачі 6 м/хв і на 29,00 % при швидкості подачі 10 м/хв. Вплив часу шліфування (стійкості) на питому

продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 7.

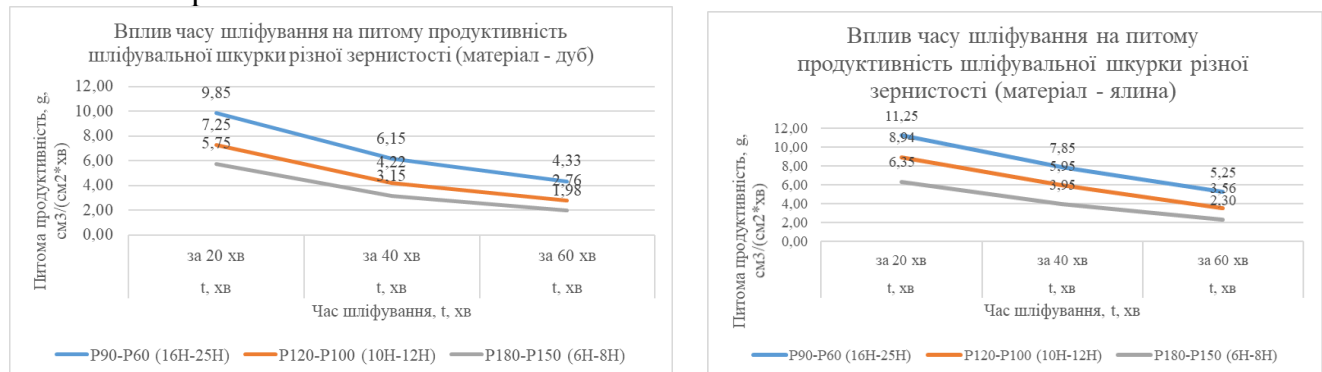
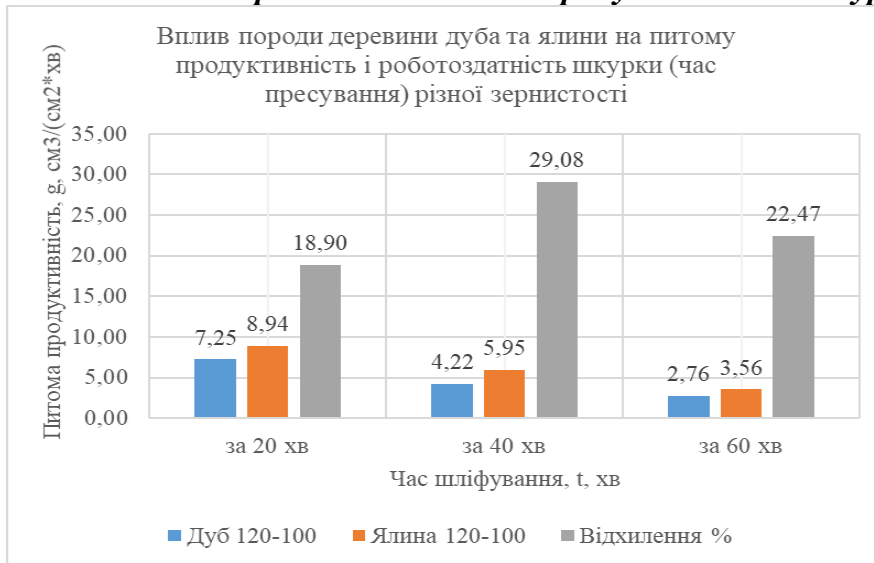


Рис. 7. Залежність питомої продуктивності від часу шліфування

Графічна інтерпретація залежностей свідчить, що зі збільшенням часу шліфування *під час оброблення поверхні деревини дуба* зменшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 162,68-190,40 %, а ялини зменшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 114,29-176,09 %. Порівняльний вплив часу шліфування

на питому продуктивність шліфувальної шкурки *під час оброблення деревини дуба та ялини* представлено на рис. 8.

Рис. 8. Порівняння питомої продуктивності шкурки від часу шліфування



Графічна інтерпретація порівняльних залежностей питомої продуктивності шліфувальної шкурки від часу шліфування *під час оброблення поверхні деревини дуба та ялини* свідчить, що на питома продуктивність шкурки ялини

Висновки та пропозиції.

1. Проаналізовано, що до основних показників процесу шліфування шкуркою можна віднести якість поверхні, пи-

тому продуктивність, стійкість шкурки.

2. Досліджено, що порода деревини впливає на показники процесу шліфування: шорсткість поверхні, питому продуктивність шкурки, роботоздатність (стійкість) шкурки, зусилля різання, які в загальному залежать також від швидкості різання та подачі, зусилля притискання, зернистості абразиву.

3. Підтверджено, що на питому продуктивність шкурки впливає величина питомого зусилля притискання, швидкість подачі, зернистість абразиву, порода деревини (густина, твердість).

4. Досліджено, що зі зменшенням зернистості абразиву під час оброблення поверхні деревини дуба зменшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 37,67-44,83 %, а у ялини – на 51,31-61,31 %. Питома продуктивність шліфувальної шкурки під час шліфування ялини вища на 14,25-18,77 %, ніж при обробці деревини дуба.

5. Встановлено, що зі збільшенням питомого тиску притискання під час оброблення поверхні деревини дуба збільшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 67,16-68,69 %, а у ялини – на 62,57-67,38 %.. Питома продуктивність шліфувальної шкурки під час шліфування ялини вища на 10,71 -25,09 % , ніж при обробці деревини дуба.

6. Встановлено, що із збільшенням швидкості подачі висота нерівностей зростає, оскільки збільшується товщина стружки, яка знімається одним активнодіючим зерном. Це характерно для порід дерев з меншою густиною та твердістю. Досліджено, що зі збільшенням швидкості подачі під час оброблення поверхні деревини дуба збільшується на питома продуктивність шкурки на 24,62-31,40 % а у ялини – на 23,14-24,02 %. Питома продуктивність шліфувальної шкурки під час шліфування ялини вища на 23,75-29,00 % , ніж при обробці деревини дуба.

7. З'ясовано, що стійкість шкурки залежить від матеріалу абразиву, зернистості, питомого зусилля притискання, швидкостей різання і подачі, породи матеріалу та інших факторів. Встановлено, що зі збільшенням часу шліфування під час оброблення поверхні деревини дуба зменшується на питома продуктивність шліфувальної шкурки на 162,68-190,40 %. а у ялини – на на 114,29-176,09 %.. Питома продуктивність шліфувальної шкурки під час шліфування ялини вища на 18,90-22,47 %, ніж при обробці деревини дуба.

8. Підтверджено, що із збільшенням зернистості абразиву чистота шліфованої поверхні погіршується, тобто величина шорсткості обробленої поверхні прямо-пропорційна зернистості абразиву. Виявлено, що гострота шкурки відіграє важливу роль, тобто на початковому етапі роботи шкурки при всіх однакових умовах нерівність обробленої поверхні більша, ніж при роботі притупленої шкурки.

9. Встановлено, що зі збільшенням питомого зусилля притискання шкурки до оброблюваного матеріалу шорсткість зростає, що пов'язано із збільшенням товщини знятої стружки за ра-

хунок проникнення активно працюючих зерен в деревину, особливо м'яких порід деревини. Тобто, зокрема для деревини дуба перепад (збільшення) шорсткості був незначним, ніж для хвойної деревини ялини. Отже, зростання висоти нерівності обробленої поверхні знаходиться в прямій залежності від збільшення питомого зусилля притискання.

10. Проведеними експериментальними дослідженнями встановлено, що продуктивність шкурки при всіх однакових умовах значною мірою залежить від породи. Зокрема, наявність в ялини масел та камеді спричиняють швидке засалювання шкурки, тобто понижують її роботоздатність. На відміну від шліфування деревини ялини, стійкість шкурки під час шліфування деревини дуба у 1,5-2 рази вища.

11. Дослідженнями виявлено, що наявність на шліфованій поверхні деревини дуба та ялини дрібних зрощених сучків, що спрямовані перпендикулярно до оброблюваної поверхні, можуть давати певні місцеві підгоряння, а також ворситість та моховитість, але на поверхні дуба вони значно менші.

12. Встановлено, що послідовність використання поставів шкурок (1. P90-P60 (16H-25H); 2. P120-P100 (10H-12H); 3. P180-P150 (6H-8H) сприяють підвищенню продуктивності шліфування та отримання чистоти потрібного класу.

13. Встановлено, що під час шліфування деревини ялини питома продуктивність на 20-40 % вища, ніж під час шліфування деревини дуба.

14. Для здійснення ефективного шліфування з отриманням якісної поверхні (порід дуба і ялини) рекомендуються такі вхідні величини обробки: швидкість різання 20-30 м/с; швидкість подачі 6-8 м/хв ; питоме зусилля притискання 2,2-4,4 кПа; зернистість шкурок: P180-P150; P120-P100; P90-P60.

References

1. **Bagriychuk V.A.** (1983). *Optimizatsiya protsessa kalibrovaniya plitnykh drevesnykh materialov zhestkim abrazivnym instrumentom* [Optimization of the process of calibration of board wood materials with a rigid abrasive tool]. Abstract of PhD.. Lviv, 25 p. (in Ukrainian)
2. **Berenis A.A.** (1976). *Nekotoryye voprosy kinetiki shlifovaniya krugaykh detaley na lentochnom bestsentrovom stanke* [Some questions of the kinetics of grinding circles on a beltless centerless machine]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 6: 23-29 (in Russian)
3. **Berenis A.A.** (1977). *Issledovanye protsessa bestsentrovoho shlyfovanyia kruhlykh derevyannykh detaley*. [Study of the process of centerless grinding of round wooden parts]. Abstract PhD. – Lviv. – 25 p. (in Russian)
4. **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).
5. **Buglay B.M.** (1957). *Issledovanye y normalyzatsyya chystoty poverkhnosti drevesyny* [Investigation and normalization of wood surface cleanliness]. Abstract of the doctor of technical sciences. Moscow, 36 p. (in Russian)
6. **Castalian A.F.** (1952). *Shlifovaniye drevesiny* [Sanding wood]. Abstract of PhD. Moscow, 21 p. (in Russian)
7. **Gayda S.V.** (1998). *Основи створення гнучких автоматизованих виробництв* [Basics of creating flexible automated production]. – Lviv. – 149 p. (in Ukrainian).
8. **Gayda S.V.** (1999). *Проблеми та перспективи роботизації меблевої промисловості* [Problems and prospects of robotics in the furniture industry]. Scientific Bulletin of UNFU 9.5:192-195. (in Ukrainian).
9. **Gayda S.V.** (2000). *Визначення стійкості та міцності вертикальних стінок корпусних меблевих виробів* [Determination of stability and strength of vertical walls of case furniture products]. Scientific Bulletin of UNFU 10.3:127-129. (in Ukrainian).
10. **Gayda S.V.** (2000). *Матеріали для виготовлення виробів з деревини* / Materials for the Production of wood Products. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukrainian).
11. **Gayda S.V.** (2000). *Особливості розрахунку корпусних виробів на міцність* [Peculiarities of strength calculation of hull products]. Scientific Bulletin of UNFU 10.2:150-154. (in Ukrainian).
12. **Gayda S.V.** (2002). *Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України* [Peculiarities and prospects of robotization of the furniture industry of Ukraine]. Scientific Bulletin of UNFU 12.5:38-40. (in Ukrainian).

13. **Gayda S.V.** (2003). Гнучкі виробничі модулі для виготовлення ґратчастих меблевих виробів [Flexible production modules for the production of lattice furniture products]. *Scientific Bulletin of UNFU* 13.2:120-122. (in Ukrainian).
14. **Gayda S.V.** (2004). Інтегровані технології меблевого виробництва [Integrated technologies of furniture production]. *Scientific Bulletin of UNFU* 14.4:118-121. (in Ukrainian).
15. **Gayda S.V.** (2007). Дослідження концентрації операцій у сучасному меблевому виробництві / *Doslidzhennya kontsentratsiyi operatsiy u suchasnomu meblevomu vyrobnytstvi* [Research of concentration of operations in modern furniture Production]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:73-79 (in Ukrainian).
16. **Gayda S.V.** (2007). Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material in Europe and Ukraine]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:55-63 (in Ukrainian).
17. **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).
18. **Gayda S.V.** (2013). The technological solutions for recycling of post-consumer wood. *Proceedings of I International Interdisciplinary Scientific Conference Formation of stable outlook as the basis of sustainable development (Ukraine, Lviv, 14-16 March 2013)* UNFU: Lviv, 5-11.
19. **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).
20. **Gayda S.V.** (2013). Розроблення технології виробництва паливних гранул на основі енергетичного потенціалу вживаної деревини [Development of technology for the production of fuel pellets based on the energy potential of used wood]. *Scientific Bulletin of UNFU* 23.14:83-93. (in Ukrainian).
21. **Gayda S.V.** (2013). *Tekhnologii ta rekomendatsii do vikoristannya vzhivanoi derevini v derevoobroblyenni* [Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 39(1):48-67, (in Ukrainian).
22. **Gayda S.V.** (2014). *Sposoby podgotovki k pererabotke vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny iglofrezernymi i shchotochnymi stankami* [Preparation methods for processing of post-consumer wood (PCW) needle-milling and brushing machines]. *Actual problems of forest complex* 40:65-69 (in Russian).
23. **Gayda S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood. *Actual problems of forest complex* 43:175-179, (in Russian).
24. **Gayda S.V.** (2015). *Tekhnologii i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnykh plit iz vzhivanoi derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1).145-152 (in Ukrainian).
25. **Gayda S.V.** (2016). *Ekologo-tekhnologicheskiye aspekty pererabotki vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny dlya proizvodstva pressovannykh materialov* [Ecological and technological aspects of recycling post-consumer wood for production compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin of MSFU* 20(3).15-22 (in Russian).
26. **Gayda S.V.** (2016). *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).
27. **Gayda S.V.** (2016). Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnologichni pidkhody do poverkhnevoho ochyshchennya vzhivanoyi derevyny holkofrezernym instrumentom* [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. *Bulletin of KhNTUA* 178:3-11 (in Ukrainian).
28. **Gayda S.V.** (2017). *Tekhnologiya i svoystva mebel'nogo shchita iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [A technology and properties of furniture board made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38, (in Russian).
29. **Gayda S.V.** (2017). Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryynyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhivanoyi derevyny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>
30. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>

31. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).
32. **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* 44:14-24 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184402>
33. **Gayda S.V.** (2018). Технологія МДФ-фасадів / *Tekhnolohiyi MDF-Fasadiv* [MDF Facade Technologies]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:70-83 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184410>
34. **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).
35. **Gayda S.V.** (2019). Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvostry vzhyvanoyi derevyny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 45:38-49 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194506>
36. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2019). Дослідження технологічних процесів виготовлення ліжок двоспальних різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnolohichnykh protsesiv vyhotovlennya lizhok dvospal'nykh riznykh konstruktсий* [A investigation of technological processes of making beds of double different designs]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 45:21-31 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194504>
37. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2013). Технология очистки вторично используемой древесины иглофрезерными станками [The technology of cleaning recycled wood with needle milling machines] // *Actual problems and prospects of the development of LPK: materials II NTK.*, September 9-11, 2013 – Kostroma. – P. 36-39. (in Russian).
38. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 185-192. <https://doi.org/10.15421/411834> (in Ukrainian)
39. **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>.
40. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. *Poznan : Drewno*, 63 (206), 77-102. doi: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>.
41. **Gayda S.V., Kshyvetsky B.Ya.** (1999). Техніко-економічні характеристики деревообробної фабрики майбутнього [Technical and economic characteristics of the woodworking factory of the future]. *Scientific Bulletin of UNFU* 9.3:83-85. (in Ukrainian).
42. **Gayda S.V., Lesiv L.E.** (2019). Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvostry vzhyvanoyi derevyny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 45:39-46 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194506>
43. **Gayda S.V., Maksymiv V.M., Kiyko O.A., Ferenc O.B.** (2013). Залишки деревини та деревина після споживання. Класифікація. Терміни та визначення [Wood residues and post-consumer wood. Classification. Terms and definitions] / *Agreement No. 08.24-11-1: draft international standard ISO.* – Lviv: NLTU of Ukraine – 53 p. (in Ukrainian).
44. **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 vzhyvanoyi 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).
45. **Gayda S.V., Nikityuk L.O.** (1998). До питання застосування екстрагованої деревини для плитного виробництва [On the issue of using extracted wood for slab production]. *Scientific Bulletin of UNFU* 8:75-77. (in Ukrainian).
46. **Gayda S.V., Voronovich V.V.** (2011). Investigation of the features of bending of post-consumer wood // *Proceedings of the Conference, Mari State University.* – 190-192 (in Russian).
47. **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)
48. **Kiyko O.A.** (1995). *Vplyv shvydkosti rizannya, shvydkosti podachi ta velychyny prytyskannya na sylovi pokaznyky protsesu shlifuvannya kombinovany zhorstko-pruzhnymy abrazyvnymy 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)

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

50. **Petryshak I.V.** (2003). *Doslidzhennya rezhymnykh parametriv protsesu shlifuvannya derevyiny buka zhorstko-pruzhnyimi abrazyvnymi 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)

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

52. **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.

53. **Popov Yu.P.** (1964). *Issledovanye rabotosposobnosti shlyfoval'noy shkurky* [Study of the efficiency of the grinding skin]. Abstract of PhD. Moscow, 23 p. (in Russian)

54. **Pyzhurn A.A.** (1984). *Issledovanye protsessov derevoobrabotky* [Research of woodworking processes]. Moscow: Forest Industry, 232 p. (in Russian)

55. **Rudakov B.N.** (1940). *Issledovannya kachestva shlyfovannoy poverkhnosti drevesyny* [Research of quality of the polished surface of wood]. Abstract of PhD. Moscow, 20 p. (in Russian)

56. **Zayatz I.M.** (2001). *Obrobka derevini i derevinnikh materialiv abrazivami* [Abrasive treatment of wood and wood materials]. Lviv: Atlas. 219 p. (in Ukrainian).

УДК 684.4.057

Assoc. prof. S.V. Gayda, Doctor of Sciences; assoc. prof. I.V. Petryshak, Ph.D. ; assoc. prof. G.V. Somar, Ph.D. – UNFU

Study of the influence of breed and grinding modes on the specific productivity of grinding skin

It is investigated that wood species influences the indicators of grinding process: surface roughness, specific skin productivity, skin efficiency, cutting force, which in general also depend on the speed of cutting and feeding, pressing force, abrasive grain size. It is confirmed that the specific productivity of the skin during the grinding of spruce is higher by 14.25-18.77% than when processing oak wood. It is established that with the increase of the feed rate the height of the irregularities increases, as the thickness of the chips, which is removed by one active grain, increases. This is significant for tree species with lower density and hardness. It is investigated that with the increase of the feed rate during the treatment of the oak wood surface the specific productivity of the sanding skin increases by 24.62-31.40%, and in spruce – by 23.14-24.02%. It is established that with the increase of grinding time during the treatment of the oak wood surface the specific productivity of the skin decreases by 162.68-190.40%. and in spruce – by 114.29-176.09%. The specific productivity of the skin during the grinding of spruce is higher by 18.90-22.47% than when processing oak wood. It is confirmed that with increasing grain size of the abrasive, the purity of the polished surface deteriorates, ie the value of the roughness of the treated surface is directly proportional to the grain size of the abrasive. It was found that the presence of oils in spruce causes rapid salinization of the skin, ie to reduce its efficiency. It was found that the sequence of use of the positions of the skins help to increase the productivity of grinding and obtain the purity of the desired class. To carry out effective grinding to obtain a quality surface, the following input processing values are recommended: cutting speed 20-30 m / s; feed speed 6-8 m / min; specific clamping force 2.2-4.4 kPa; grain size of skins: P180-P150; P120-P100; P90-P60.

Keywords: technology, roughness, grinding, oak, spruce, cutting speed, pressing force, feed speed, specific productivity of grinding skin.