

Б. В. Петришин, Ю. І. Озимок
Національний лісотехнічний університет України

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГОСТРОТИ НОЖА НА ЯКІСТЬ СТРУГАНОГО ШПОНУ

Наведено умови забезпечення отримання якісного струганого шпону. Проаналізовано особливості загострювання ножів шпоностругальних верстатів, встановлено недоліки процесу готування ножів до роботи, які знижують його продуктивність. Проведено дослідження шорсткості виготовленого струганого шпону на верстаті Cremona TZE 40. Побудовано діаграму залежності шорсткості поверхні від радіуса заокруглення різальної кромки ножа та кількості подвійних ходів ванчеса.

Ключові слова: шпоностругальний верстат, ніж, притискна лінійка, шорсткість поверхні шпону, ванчес.

B. Petryshyn, Yu. Ozymok

STUDY OF THE IMPACT OF BLADE SHARPNESS ON SLICED VENEER QUALITY

This study outlines the conditions necessary to produce high-quality sliced veneer. We analyzed the specifics of sharpening knives for veneer slicing machines and identified deficiencies in the knife preparation process that reduce productivity. Research was conducted on the surface roughness of sliced veneer produced on a Cremona TZE 40 machine. A diagram was then constructed to show the relationship between surface roughness and the knife's cutting edge radius, as well as the number of double strokes of the flitch.

Key words: slicing machine, knife, pressure bar, veneer surface roughness, workpiece.

Вступ. Струганий шпон є одним із найважливіших матеріалів у деревообробній промисловості. Його отримують шляхом стругання деревини на тонкі листи, які зберігають природну структуру і текстуру волокон. Завдяки високим декоративним властивостям, шпон широко використовується у виробництві меблів, облицюванні плитних матеріалів, виготовленні дверей, панелей та інших елементів інтер'єру.

Технологія його виготовлення вимагає ретельного підбору сировини, дотримання температурно-вологісних режимів підготовки деревини, точного налаштування обладнання та оптимального кута загострення струганих ножів.

Якість струганого шпону залежить не лише від технічного стану обладнання, а й від параметрів обробки, якості різального інструменту та професійності обслуговуючого персоналу. Тому вивчення особливостей цього процесу є актуальним для підвищення продуктивності виробництва, зниження витрат матеріалів та забезпечення стабільної якості готової продукції.

Постановка завдань: Одним із ключових показників якості струганого шпону є шорсткість його поверхні, яка безпосередньо впливає на подальше склеювання, оздоблення та експлуатаційні властивості готової продукції.

На формування шорсткості шпону впливають різні чинники: властивості деревини, технічний стан шпоностругального верстата, геометрія та ступінь загострення ножів, режими різання тощо. Невідповідність хоча б одного з цих параметрів може знизити якість шпону, що своєю чергою впливає на загальну якість кінцевого продукту.

У зв'язку з цим актуальним є завдання забезпечення стабільного отримання струганого шпону з оптимальними показниками шорсткості шляхом оптимізації технологічного процесу, вибору ефективного різального інструменту та дотримання відповідних режимів обробки.

Виклад основного матеріалу. Забезпечення нормальної роботи всіх вузлів та систем верстатів для отримання якісного шпону з технічного боку досягається точністю виготовлення верстатів, їх налагодженням та підготування різального інструменту.

Підготовка шпоностругального верстата до роботи включає встановлення ножа і притискної лінійки, регулювання положення кулачків, що обмежують хід супорта (при зубчастій передачі), перевірку упорів проти вильоту супорта, налагодження затискних пристроїв, справність мастильних систем і таке інше.

Технічне налагодження пристрою для винесення листів шпону з порожнини супорта характеризується перевіркою механізму приводу, ступеня натягу тягових органів (пасів) та їх руху без пробуксовки, перевірки якості поверхні шківів (відсутність оливи), зшивки пасів, перевірки механізму підйому, а також систем безпеки.

Якщо тягові органи виконані у вигляді ланцюгів, то ступінь натягу не перевіряється, оскільки вона забезпечується за рахунок жорсткого кінематичного зв'язку.

Налагодження включає також визначення режиму роботи верстата - число ходів супорта і кількість ванчесів, які стругають одночасно.

Розмірне налаштування шпоностругального верстата пов'язане з його налагодженням і полягає в розрахунку необхідних відстаней між лезом ножа і кромкою притискної лінійки, налаштуванні подачі на розрахункову висоту підйому стола за один холостий або подвійний хід супорта.

Забезпечення заданої товщини шпону залежить від геометричної точності верстата, яка визначається взаємним розташуванням повзунів та напрямних, робочих переміщень ножової та притискної траверс, а також від жорсткості системи верстат-інструмент-ванчес. Остання умова є необхідною, тому що в процесі стругання на ванчес діють не тільки сили різання, але і їх горизонтальні та вертикальні складові, що призводить до зміни взаємного положення платформи, супорта та ванчеса. Для забезпечення високої якості шпону перед початком кожної зміни необхідно ставити загострений ніж (тонкий або товстий), правильність загострення якого визначається прямолінійністю леза по всій площині.

Загострювання шпоностругальних ножів є складним і багатоетапним процесом. У ході його виконання необхідно враховувати специфічні конструктивні особливості цих інструментів — зокрема, малий кут загострення ($\beta = 18...21^\circ$) та велику площу задньої поверхні. Через значну довжину ножів їх загострювання виконується на спеціалізованому обладнанні. Досягнення високої якості загострювання можливе лише за умови правильного підбору абразивного інструмента та дотримання оптимальних режимів оброблення. Вибір абразивного круга є одним з ключових етапів підготовки до загострення. При цьому потрібно враховувати такі параметри, як матеріал ножа, спосіб його охолодження під час оброблення, а також конструктивні характеристики інструмента.

Для загострювання шпоностругальних ножів зазвичай використовуються суцільні чашкові абразивні круги відповідно до ДСТУ ISO 603-6:2019. Рекомендовані розміри кругів: діаметр — 150–250 мм, товщина — 63–100 мм. Абразивним матеріалом слугує електрокорунд, зв'язка може бути керамічною або бакелітовою, твердість — від CM2 до CT1, зернистість — 16–40 [2].

Інтенсивність процесу загострювання такими кругами призводить до підвищення температури на поверхні ножа, що негативно впливає на якість загострювання та знижує стійкість інструмента до спрацювання. Підготовка ножів до роботи займає значний час – як на саме загострення, так і на заміну абразивних кругів. Це суттєво позначається на загальній продуктивності процесу.

Притискну лінійку змінюють значно рідше (один раз на місяць), але після установки ножа її обов'язково регулюють для досягання необхідного обтискання. Отримання шпону заданої товщини також залежить від налаштування механізму підйому стола.

Стругальні ножі використовуються для отримання струганого шпону на шпоностругальних верстатах. Виготовляються ножі довжиною до 5500 мм, шириною $B = 150...265$ мм і товщиною $S = 4...22$ мм (за звичай 15 мм). Для кріплення в супорті ножі мають прорізи. Конструкції ножів стругальних верстатів наведено на рис. 1 [2].

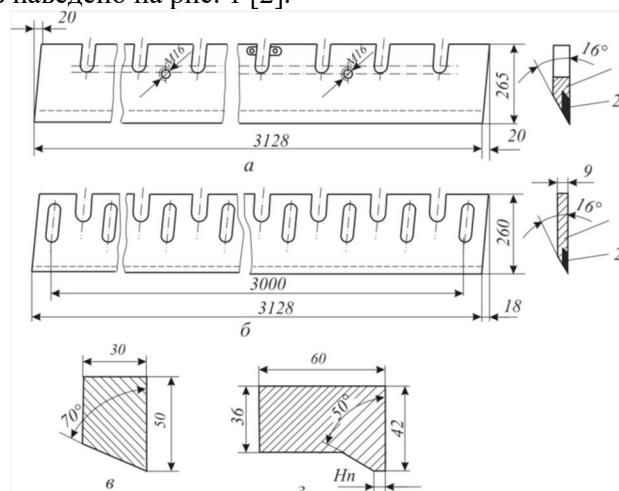


Рис. 1 Конструкції ножів і притискних лінійок шпоностругальних верстатів: а – ніж до чеського верстата ФММ-3100 товстий; б – те ж тонкий; в, г – поперечні перерізи притискних лінійок до шпоностругальних верстатів: 1 – корпус ножа; 2 – робоча (різальна) частина

Прорізи під болти, що виходять на поздовжню поверхню ножа, не перпендикулярні до неї, а розміщені під кутом 5...10°. Це зумовлено нахиленим розміщенням супорта шпоностругального верстата на напрямних. Товсті ножі виготовляють з двошарової сталі (компауд). Робоча частина - з легованої сталі типу 9Х5ВФ, 9ХС, корпус - з м'якої сталі 15. Товщина робочої частини складає від 1/4 до 1/3 товщини ножа, а ширина - від 1/3 до 1/2 ширини ножа. Твердість HRC робочої частини ножа повинна становити 56...62 одиниці.

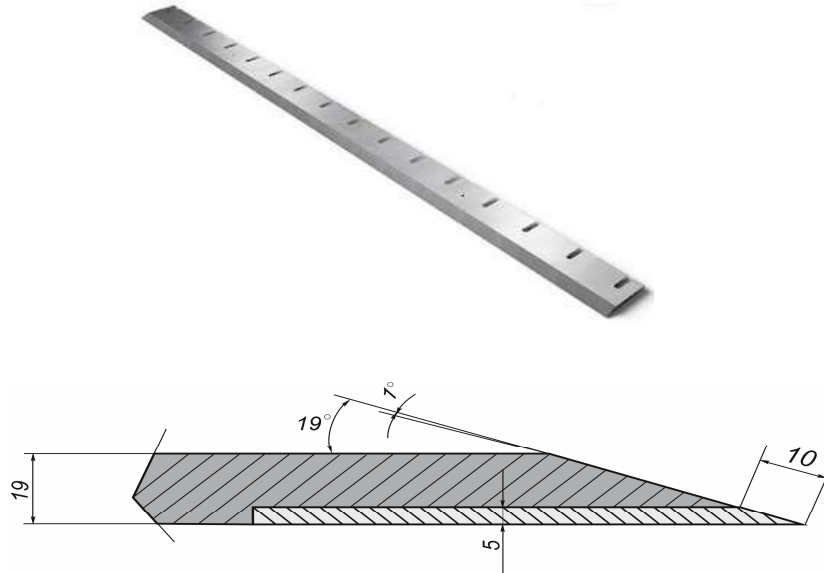


Рис. 2 Загальний вигляд ножа вертикального шпоностругального верстата Cremona TZE 40, який використовувався під час експерименту: *а* – загальний вигляд; *б* – схема з лінійними та кутовими параметрами.

Процес стругання шпону проходив за наступних умов: порода деревини – дуб; вологість деревини – 60%; довжина заготовки – 4000 мм; товщина шпону – 0,5 мм; ширина листа шпону – 20 мм; кількість подвійних ходів за хвилину 20...80 ходів/хв. Експеримент виконувався спочатку гострим ножом радіус заокруглення різальної кромки становив $\rho=10$ мкм, а потім в затупленім, радіус заокруглення різальної кромки становив $\rho=80$ мкм.

Експериментальні дослідження шорсткості струганого шпону

Дослідження шорсткості виготовленого струганого шпону на верстаті Cremon TZE 40 виконаємо у вигляді активного експерименту за В-планом з двома чинниками [3].

На основі аналізу чинників впливу на шорсткість струганого шпону встановлено, що найбільший вплив серед усіх наявних чинників має кількість подвійних ходів n (хв⁻¹) механізму різання за одну хвилину. Також чинником вибираємо гостроту ножа шпоностругального верстата, яка характеризується радіусом заокруглення ріжучої кромки ρ (мкм). З літератури відомо, що зі збільшенням затупленості інструменту якість оброблення деревини знижується. Обґрунтування вибору чинників описано вище. Параметром оцінювання прийнято шорсткість обробленої поверхні $R_{m\ max}$.

Отже, в результаті експериментальних досліджень необхідно встановити таку залежність:

$$R_{m\ max} = f(n; \rho);$$

Область визначення кількості подвійних ходів становить 20...90 ходів/хв. Враховуючи реальні режими, при яких здійснюється стругання шпону на виробництві, область інтересу вибираємо в межах 20...80 ходів/хв.

Гострота ножа шпоностругального верстата визначається радіусом заокруглення різальної кромки, значення якого можуть бути в межах 10...80 мкм. Саме ці значення варто прийняти за область інтересу, оскільки вони визначають реальний період тривкості інструменту.

Зведені дані області визначення та області інтересу основних чинників показано в табл.1, а в табл. 2. Розпишемо область інтересу по рівнях.

Табл. 1

Області визначення та області інтересу основних чинників впливу на шорсткість струганого шпону

Назва чинника	Познач.	Од. вимір.	Значення			
			Область визначення		Область інтересу	
			мін.	макс.	мін.	макс.
Кількість подвійних ходів	n	ход./хв	20	90	20	80
Радіус заокруглення ножа	ρ	мкм	10	100	10	80

В більшості випадків під час дослідження процесів механічного оброблення деревини зв'язок між чинниками і вихідними параметрами з достатньою точністю можна описати рівнянням не вище другого порядку.

Рівняння регресії в кодових значеннях для досліджуваної залежності має вигляд [3]:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 \quad (1)$$

де, b_0, b_1, b_2, b_{12} – коефіцієнти рівняння регресії.

Для планування експерименту вибираємо В-план, так як він має порівняно високі характеристики точності коефіцієнтів рівняння регресії. Особливістю В-плану є те, що зоряне плече у всіх випадках дорівнює одиниці (-1).

Табл. 2

Область інтересу основних чинників впливу на шорсткість струганого шпону

Чинник	Основний рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Інтервал зміни	Кодове значення чинника
Кількість подвійних ходів	50	80	20	30	X_1
Радіус заокруглення леза	45	80	10	35	X_2

Реалізація алгоритму оброблення результатів багаточинникового експерименту у вигляді прикладної програми на ЕОМ забезпечує високу швидкість та точність виконання громіздких розрахунків і виключає можливість помилок. Використання для розроблення даної програми середовища MS Excel дозволяє у зручній формі виводити проміжні результати поетапного виконання розрахунків, що забезпечує можливість їх послідовного аналізу на кожному з етапів.

Методика визначення шорсткості обробленої поверхні

В результаті проведення досліджень відповідно плану експерименту, отримано взірці шпону (рис. 3) при різних значеннях чинників впливу відповідно до номера досліджу.



Рис. 3 Взірці струганого шпону отримані під час проведення експериментальних досліджень

Отримані взірці шпону розглядались з допомогою мікроскопа для вимірювання шорсткості ТСП 4 (рис. 4) у лабораторії кафедри технологічних машин і технічного сервісу.

Для оброблення отриманих результатів дослідження шорсткості поверхні струганого шпону потрібно застосувати прикладну програму *matplan* у середовищі *Excel*, що дозволить отримати рівняння регресії та побудувати графічні залежності.



Рис. 4 Вимірювання шорсткості шпону за допомогою мікроскопа ТСП 4

Результати дослідження шорсткості поверхні шпону

Результати експериментальних досліджень, виконаного за В-планом другого порядку відповідно до підготовленої методики, показано у табл. 3. Оброблення результатів експериментальних досліджень виконано за допомогою прикладної програми *matplan* у середовищі *Excel*.

Табл. 3

Результати експериментальних досліджень шорсткості поверхні шпону, виконаного за В-планом

№ досл.	Кодові значення чинників		Натуральні значення чинників		R _{m max} , мкм			
	X ₁	X ₂	n, ход./хв	ρ, мкм	Результати повторень дослідів			Сер. знач.
					1	2	3	
1	-1	-1	20	10	35	30	40	35
2	+1	-1	80	10	45	50	40	45
3	-1	+1	20	40	65	60	70	65
4	+1	+1	80	40	80	85	90	85

Рівняння для якості поверхні струганого шпону отримане під час проведених експериментів в кодових значеннях має вигляд:

$$R_{m \max} = 57,5 + 7,5X_1 + 17,5X_2 + 2,5X_1X_2 \quad (2)$$

Умова адекватності одержаного рівняння виконується, тому вважаємо що результати рівняння регресії з достатньою точністю узгоджені з результатами експерименту.

Отже, за одержаним рівнянням можна аналізувати величину впливу кожного з чинників на значення параметра шорсткості шпону струганого шпону, а також прогнозувати величину кожного з параметрів при будь-яких значеннях чинників, що знаходяться в межах між верхнім (+1) та нижнім (-1) рівнями.

На основі аналізу рівняння регресії для визначення шорсткості шпону можна виділити таке:

- величина першого чинника (кількості ходів) впливає на якість шпону у 2,3 рази менше, ніж величина другого чинника (гостроти інструменту);
- із збільшенням коефіцієнта і першого, і другого чинників рівняння регресії, які мають додатне значення якість шпону погіршуватиметься
- мінімального значення шорсткості шпону можна досягти під час роботи гострим ножом при мінімальній кількості подвійних ходів/хвилину;
- найбільшою шорсткістю поверхні шпону буде в процесі стругання при максимальних значеннях величин радіуса заокруглення ріжучої кромки ножа та кількості подвійних ходів/хв стола з ванчесом;
- якщо значення обидвох чинників знаходитимуться на нульових рівнях, шорсткість поверхні струганого шпону на верстаті Cremona TZE 40 становитиме 57,5 мкм, що і відповідає значенню вільного члена одержаного рівняння;

- коефіцієнт b_{12} свідчить про те, що існує взаємодія чинників, тобто радіус заокруглення ріжучої кромки ножа та кількість подвійних ходів ванчеса впливають один на одного.

Щоб на основі рівняння регресії в кодових значеннях чинників отримати рівняння регресії в натуральних значеннях чинників, скористаємось формулою згідно методики планування експерименту.

Рівняння регресії шорсткості в натуральних значеннях чинників має вигляд:

$$R_{m \max} = 53,571 - 0,857n + 0,952\rho + 0,024n\rho \quad (3)$$

Рівняння регресії в натуральних значеннях чинників дає можливість побудувати діаграму залежності шорсткості поверхні від впливу цих чинників, за якою можна провести більш детальний аналіз.

Використовуючи рівняння регресії у натуральних значеннях виконуємо за допомогою програми MS Excel побудову діаграми залежності шорсткості поверхні радіуса заокруглення різальної кромки ножа та кількості подвійних ходів ванчеса (рис. 5).

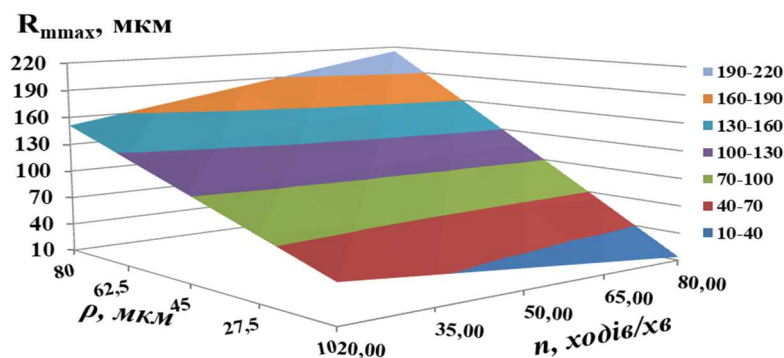


Рис. 5 Діаграма залежності шорсткості поверхні радіуса заокруглення різальної кромки ножа та кількості подвійних ходів ванчеса

З діаграми шорсткості поверхні видно, що за умови мінімальних значень чинників впливу видно, що значення шорсткості є найменшим і становить 13,73 мкм. Під час роботи гострим ножом, із збільшенням кількості подвійних ходів/хв, шорсткість поверхні дещо знижується. Тоді як під час роботи затупленим ножом, із збільшенням кількості подвійних ходів/хв, шорсткість поверхні збільшується. Тобто, умовою забезпечення найякіснішої поверхні шпону можна вважати стругання шпону гострим ножом при максимальній кількості подвійних ходів (на максимальній швидкості різання). По мірі збільшення затуплення ножа якість поверхні шпону поступово погіршується.

З діаграми видно що гостра ножа має значно більший вплив на шорсткість поверхні шпону, порівняно з кількістю подвійних ходів. Враховуючи вимоги провідних європейських виробників меблевої продукції до шорсткості шпону на рівні 100-120 мкм та аналізуючи отримані результати досліджень можна зробити висновок, що для отримання якісного шпону потрібно щоб ніж працював в межах періоду стійкості 10...60 мкм.

Дані результати отримано після роботи ножа впродовж 4 год, коли радіус заокруглення леза ножа становив приблизно 80 мкм. Після цих чотирьох годин роботи ніж на підприємстві знімають для перегострення. З вище сказаного випливає, що для отримання якісного шпону ніж потрібно знімати після 3 год роботи, коли радіус заокруглення різальної кромки становить близько 60 мкм.

Також для збільшення періоду стійкості ножа варто розглядати способи зміцнення поверхні його різальної частини, загострення ножа кругами з перервною робочою поверхнею [7].

Висновки:

1. Визначено основні чинники впливу на шорсткість поверхні шпону для проведення експериментальних досліджень: кількість подвійних ходів/хв та радіус заокруглення леза ножа.

2. На основі отриманих результатів експерименту на шпоностругальному верстаті встановлено, що для забезпечення найякіснішої поверхні шпону потрібно різати гострим ножом при максимальній кількості подвійних ходів (на максимальній швидкості різання). Після 2 годин роботи ножа для отримання якісного шпону рекомендуємо знижувати швидкість різання.

3. Враховуючи вимоги провідних європейських виробників меблевої продукції до шорсткості шпону на рівні 100-120 мкм та аналізуючи отримані результати досліджень можна зробити

висновок, що для отримання якісного шпону потрібно щоб ніж працював в межах періоду стійкості 10...60 мкм.

4. Відповідно для отримання якісного шпону ніж потрібно знімати після 3 год роботи, коли радіус заокруглення леза ножа становить близько 60 мкм. Отже, потрібно розробити науково-обґрунтовані способи підвищення періоду стійкості шпоностругального ножа для можливості стругання шпону з високою якістю впродовж робочої зміни (8 год).

Список використаних джерел:

1. Кірик М. Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів: Підручник для вищих навчальних закладів / М. Кірик – Львів: КН, 2006. – 412с.
2. Кірик М. Д., Григор'єв А. С. Підготовка дереворізальних інструментів до роботи та їх експлуатація: Підручник для вищих навчальних закладів / М. Кірик, А. Григор'єв – Львів: НЛТУ України, 2013. – 342с.
3. Пилипчук М. І., Григор'єв А. С., Шостак В. В. Основи наукових досліджень: Підручник / М. І. Пилипчук, А. С. Григор'єв, В. Шостак – Львів: Видавництво «Знання», 2007. – 270с.
4. Білей П. В., Довга Н. Д., Ханик Я. М. та інш. Методологія наукових досліджень технологічних процесів: Навчальний посібник / П. В. Білей, Н. Д. Довга, Я. М. Ханик та інш. – Л.: Панорама, 2003. – 182с.
5. Озимок Ю. І., Бень О. І. Шостак В. В. Досліджування температури на поверхні загострювання луцильних ножів. Науковий вісник НЛТУ України: збірн. наук. праць. Львів. 2020, том 30, №1. – С. 115-120.
6. Озимок Ю. І., Бень О. І. Шостак В. В. Вплив температури, що виникає на поверхні загострювання луцильних ножів, на мікротвердість леза. Збірник матеріалів IV міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження" 2020. – С. 63-65 (м. Івано-Франківськ 2020).
7. Yuriy Ozymok, Ben Ihor, Shostak Volodymyr. Substantiation of regimes applied when sharpening veneer peeling lathe knives by a multi-cup abrasive disk. Journal PRO LIGNO, Brasov, Romania, 16 (4), 2020.
8. Шостак В. В., Савчук Я. І., Ковальчук Г. М., Озимок Ю. І., Савич М. М. Основи розрахунку та конструкції дерево обробного обладнання: підручник / В. В. Шостак, Я. І. Савчук, Г. М. Ковальчук, Ю. І. Озимок, М. М. Савич: за ред. В. В. Шостака. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 392 с.