

УДК 674.213

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-4(22)-238-246

Сергій Бойко, Станіслав Іващенко, Андрій Єрошенко

**ВІДНОВЛЕННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПРИКРАС ФАСАДІВ СТАРОВИННИХ
БУДИНКІВ ЧЕРНІГОВА**

Актуальність теми дослідження. Підвищення продуктивності і рівня автоматизації процесу виготовлення і відновлення елементів дерев'яної архітектури за допомогою сучасного прогресивного обладнання є одним з ефективних шляхів відродження історичних об'єктів дерев'яної архітектури в сучасних умовах.

Постановка проблеми. Необхідність фізичного відновлення великої кількості елементів дерев'яного різьблення на фасадах історичних об'єктів потребує затрат ресурсів як матеріальних, так і людських. Тому розробка високо-технологічних способів відновлення дерев'яного різьблення на історичних фасадах будівель, які дозволяють зберегти ці ресурси, є актуальним завданням з погляду забезпечення високої ефективності процесів механічної обробки виробів із деревини та матеріалів на її основі.

Аналіз досліджень і публікацій. Дерев'яні різьблення на фасадах будинків раніше виготовлялись вручну майстром. Більшість існуючої літератури й зазначені в ній рекомендації належать до ручних методів виготовлення декору фасадів, але зважаючи на велику кількість повторюваних елементів, вони є непродуктивними.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Нині є значна кількість прикладів і пропозицій відновлення цегляних фасадів історичних будівель. Робота з дерев'яними фасадами оздобленими різьбленням має свої особливості, які висвітлені не повною мірою і потребують надання практичних рекомендацій з урахуванням технічних можливостей сучасного обладнання.

Метою статті є аналіз особливостей використання сучасного технологічного обладнання для виготовлення і відновлення елементів дерев'яної архітектури.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто технологію виготовлення дерев'яних елементів декору фасадів будинків за допомогою сучасних систем автоматизованого проектування і верстатів з ЧПК. Проаналізовано вплив на характер обробки оброблюваних матеріалів, виду інструменту й режимів обробки.

Висновки відповідно до статті. У межах участі у некомерційному проєкті «Дерев'яне мереживо Чернігова» було вперше використано верстати з ЧПК і сучасні системи автоматизованого проектування для відновлення дерев'яної архітектури Чернігівщини. Проаналізовано вплив на характер обробки оброблюваних матеріалів, виду інструменту і режимів обробки.

Ключові слова: верстат з ЧПК; різьблення; дерев'яне домобудування; деревообробка; дерев'яне мереживо.

Рис.: 4. Табл.: 1. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Відновлення дерев'яних елементів фасадів старовинних будинків – складний технологічний процес, який включає стадії ескізного проєкту, підготовки виробництва, обробки деревини, фінішні операції, фарбування, складання і монтаж конструкцій. Підвищення продуктивності й рівня автоматизації процесу виготовлення та відновлення елементів дерев'яної архітектури за допомогою сучасного прогресивного обладнання є одним з ефективних шляхів відродження історичних об'єктів дерев'яної архітектури в сучасних умовах.

Постановка проблеми. Чернігівщина є одним з найбільш історичних і мальовничих куточків України. Одна з прикрас нашого регіону – це дерев'яна архітектура прикрашена різьбленням і дерев'яним мереживом. Кожен такий будинок має свою історію і значення в житті міста, але дерево є природним будівельним матеріалом і нажалі з часом, під дією різних факторів, втрачає форму, колір, структуру і руйнується. В місті діє волонтерська ініціатива «Дерев'яне мереживо Чернігова», яка є некомерційним проєктом, що покликаний зберегти дерев'яну архітектуру Чернігівщини та відродити любов та повагу людей до неї [1]. До початку співпраці «Дерев'яного мережива» з кафедрою технологій машинобудування та деревообробки НУ «Чернігівська політехніка» волонтери вирізали елементи дерев'яного оздоблення будинків вручну. Це хоча й відповідає традиціям дерев'яного різьблення, але є дуже складним і трудомістким процесом, а зважаючи на чисельність і геометричну складність елементів, які потребували заміни, такий підхід значно зменшував кількість об'єктів, які могли бути відновленими. З метою зменшення кількості ручної праці і підвищення продуктивності обробки виникла ідея використання сучасних технологій, зокрема фрезерного верстата з ЧПК, для відновлення історичних пам'яток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині мало хто з особливою ретельністю вибирає елементи декору та візерунки, якими прикрашаються фасади будинків, замислюючись про їхнє призначення. Однак раніше кожен елемент візерунка мав своє смислове навантаження і служив для захисту будинку. Сьогодні, на допомогу майстрам дедалі частіше приходять сучасні технології і можливості промислового виробництва, дозволяючи отримувати шедеври й унікальні за красою фасади й будови. Як і раніше дерев'яні елементи декору з'являються на фасадах як результат копіткої праці талановитого майстра. Часто альтернативою є використання готових декоративних елементів, отриманих промисловим способом. Високоточне сучасне обладнання дозволяє отримувати унікальні вироби. При цьому можна отримувати вироби порівняно малої товщини, які складно отримати вручну через природну крихкість деревини. Більшість наявної літератури і зазначені в ній рекомендації належать до ручних методів виготовлення декору фасадів, але враховуючи велику кількість повторюваних елементів, вони є не продуктивні [2; 3; 4]. Кафедра технологій машинобудування та деревообробки НУ «Чернігівська політехніка» має досвід об'ємного фрезерування виробів складної форми, зокрема виробництва меблевих фасадів за допомогою сучасних САМ-систем на верстаті з ЧПК [11]. Пошук джерел і існуючих технологій вказує на відсутність достатньої кількості інформації і рекомендацій щодо використання сучасного деревообробного обладнання з метою відновлення різьблення і мережива дерев'яних фасадів будівель.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Нині є значна кількість прикладів і пропозицій відновлення цегляних фасадів історичних будівель. Робота з дерев'яними фасадами оздобленими різьбленням має свої особливості, які висвітлені не повною мірою і потребують надання практичних рекомендацій з урахуванням технічних можливостей сучасного обладнання.

Метою статті є аналіз особливостей використання сучасного технологічного обладнання для виготовлення і відновлення елементів дерев'яної архітектури.

Виклад основного матеріалу. У статті піде мова про технологію відновлення дерев'яного мережива на старовинних будинках міста Чернігова за допомогою сучасного деревообробного обладнання. Кафедра технологій машинобудування та деревообробки національного університету «Чернігівська політехніка» стала учасником некомерційного проєкту «Дерев'яне мереживо Чернігова». Нині виготовлено елементи декору для фасадів трьох історичних об'єктів, про технологію виготовлення яких і її особливості піде мова.

Найбільш поширені дерев'яні елементи, що зустрічаються на фасадах [5], у відновленні яких нам довелося брати участь, це:

- **підзор** – основний декоративний елемент, часто задає тон всій композиції. За значенням, підзорами називаються широкі карнизи, що створюють візуальне розмежування між основною частиною і горищем. Це декоративна різьблена облямівка карнизів, лиштва і т. ін.;

- **рушник** – коротка дошка, прикрашена різьбленням, що закриває місце стику підзору. Прикрашався елемент зазвичай сонячними символами. Зазвичай на лицьовій частині будинку розташовувалися три рушники. Це символізувало рух сонця по небосхилу – схід, зеніт, захід;

- **сандрик** – це один варіант віконного декору, це невеликий декоративний карниз, він так само може встановлюватися і над дверима, зокрема й у приміщенні, часто має трикутну або сферичну форму;

- **пілястра** – плаский вертикальний, прямокутний у плані виступ, на поверхні стіни, може мати як конструктивну, так і декоративну функції, найчастіше пілястри використовують як декор для оздоблення і ритмічного членування порожнього тла стіни, фасаду, дзвіниці тощо.

Перше з чого починається процес відновлення – це стадія ескізного проєкту. Оскільки дерев'яні елементи фасаду планується виготовляти за допомогою верстата з ЧПК, то результатом цього етапу має бути вектор, що стане основою для підготовки коду управляючої програми. Існує безліч джерел де можна знайти готові векторні малюнки мережива для завантаження і способи створення шаблонів для перенесення їх на заготовку в разі ручного виготовлення деталей [5; 6]. Але в нашому випадку йтиметься про конкретний малюнок мережива і про задачу його відновлення (рис. 1).

Для створення необхідного вектору з використанням сучасних систем автоматизованого проєктування (САПР) достатньо фотографії пошкодженого елемента й габаритних розмірів, які дозволяють встановити відповідний масштаб об'єкту [7; 8]. Вектор будемо створювати за допомогою системи ArtCAM, яка має необхідний набір інструментів для відтворення втраченої частини орнаменту (рис. 1).



Рис. 1. Пошкоджений елемент і відтворений векторний малюнок за допомогою інструментів симетрії

Існує кілька способів створення вектору:

- перший, найшвидший, це функція автоматичного формування вектору на основі растрового малюнку з використанням основного кольору, але враховуючи пошкодження і відсутність частини орнаменту цей спосіб не є ефективним у цьому випадку;
- другий, нанесення кривих на межі орнаменту і копіювання за допомогою інструментів симетрії для відтворення пошкодженої частини. Цей спосіб у цьому випадку дозволяє відтворити втрачені елементи, використовуючи симетричні елементи, що збереглися (рис. 2).

Створений вектор має бути замкнений, не мати розривів, що є обов'язковою умовою його подальшого використання для підготовки управляючої програми для верстата з ЧПК.

У проєктах, що представлені в статті, вектори були створені очільником проєкту «Дерев'яне мереживо Чернігова» Станіславом Іващенко на основі обмірювання елементів фасадів, які потребували заміни.

Наступний етап – це підготовка виробництва, який включає вибір матеріалу заготовки, виробництво заготовок необхідних розмірів, програмування обробки на верстаті з ЧПК. У більшості рекомендацій стосовно вибору матеріалу для виробництва елементів фасаду будівель йдеться про хвойні породи (як більш стійкі до атмосферних впливів, за

рахунок наявності смоли) [5; 9]. До інших вимог слід також віднести відсутність дефектів, що ускладнюють роботу або псують виріб; надлишкову вологу, інакше при висиханні деревина жолобиться і тріскається. Але в нашому випадку йдеться про автоматизацію виробництва й обробку за допомогою фрез, частота обертання яких сягатиме $15000-18000 \text{ хв}^{-1}$ і наявність смоли хвойних порід стала фактором, що ускладнює процес обробки. Обробка здійснюється на верстаті з ЧПК і тому висока твердість деревини (дуб, граб, ясен і т. ін.) – це більше перевага, ніж недолік. А підвищити стійкість до атмосферних і біологічних впливів можна за допомогою засобів фінішної обробки. Породи деревини також різняться за механічними та технологічними властивостями. Однією з головних властивостей деревини є її міцність. Технологічні й механічні властивості деревини також пов'язані між собою [9]. Під час виробництва елементів різьблення для фасадів ми використовували різні породи деревини (рис. 2).

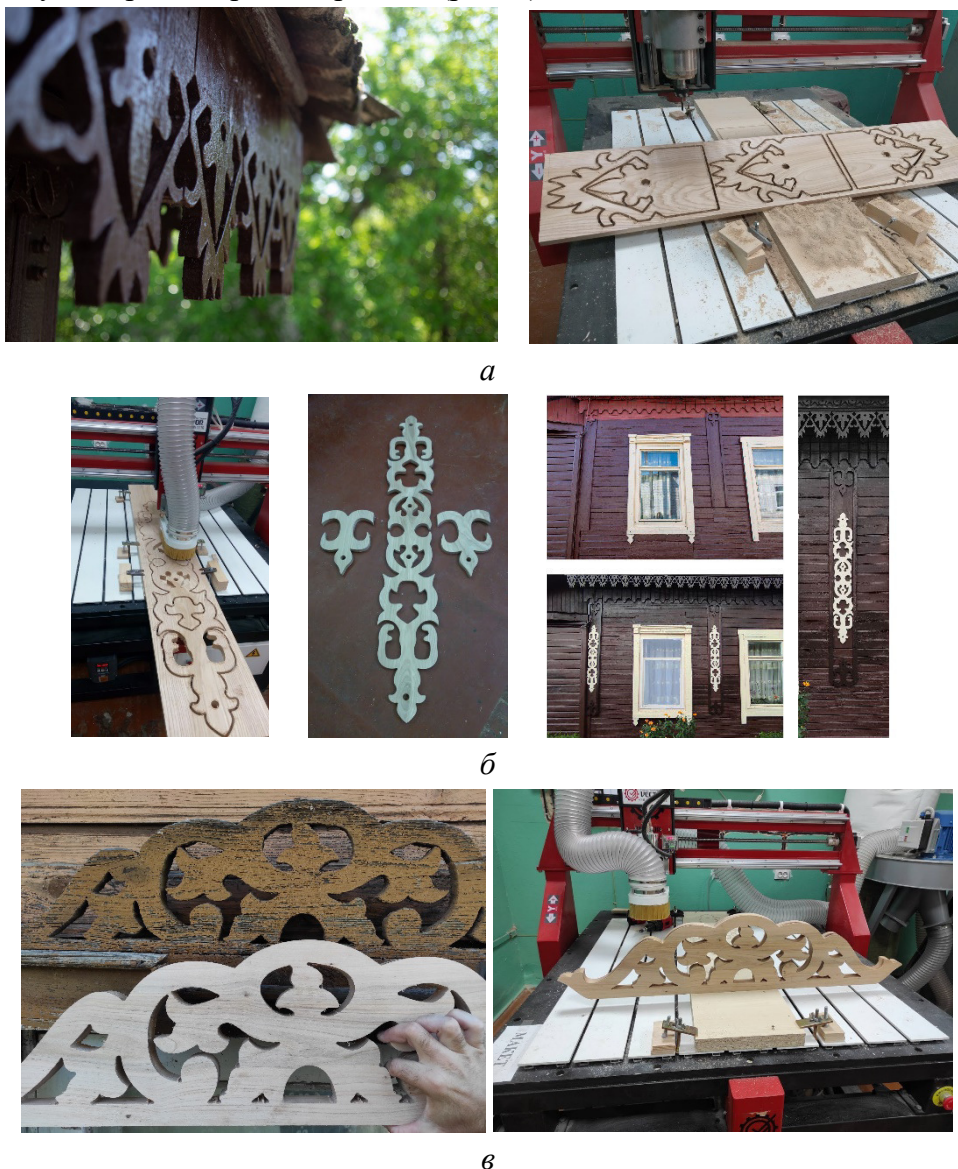


Рис. 2. Виготовлені елементи дерев'яного мережива:

а – елементи підзору, матеріал дуб (м. Чернігів, вул. Зелена, буд. 15); б – елементи пілястр, матеріал дуб (м. Чернігів, вул. Зелена, буд. 15); в – сандрик, матеріал дуб (м. Чернігів, вул. Успенська, буд. 34); г – елементи підзору, матеріал сосна (м. Чернігів, вул. Успенська, буд. 34); д, е – елементи рушника, матеріал сосна (с. Старий Білоус, Чернігівський район)



a

b



c

Рис. 2, аркуш 2

Обробка дерев'яних елементів відбувалась на фрезерному верстаті з ЧПК Vector 1210F, яким обладнана лабораторія кафедри. Верстат дозволяє виконувати 3D фрезерування, гравіювання, обробку по контуру.

Аналізуючи процес механічної обробки за допомогою верстату з ЧПК можна зробити висновки, що сосна досить смолиста, добре обробляється різальним інструментом при невисокій вологості. Сосна є доступним і досить поширеним видом деревини, з якої виготовляють меблі, але внаслідок механічних ушкоджень, на поверхні можуть утворитися вм'ятини, оскільки вона належить до м'яких порід. Наявність високого вмісту смоли викликає налипання на різальних кромках інструменту й забивання стружко-відвідних каналів смолою, як результат під час обробки відчувається підвищена вібрація в зоні різання, поява сколів і збільшення шорсткості обробленої поверхні.

Дуб, на відміну від сосни, надзвичайно міцна і тверда порода, тому під час його обробки різальний інструмент швидше втрачає стійкість і відбувається зношування різальних кромки, що супроводжується появою шуму і вібрації. Товщина заготовок коливалась від 25 до 35 мм залежно від виду елемента, що виготовляється.

Не менш важливим показником використовуваної для різьблення деревини є її вологість. Вона не повинна перевищувати 12%. Тому для виготовлення дерев'яного фасадного декору потрібно обирати не вологі заготовки, а ті, що пройшли етап природної сушки. Альтернативний варіант – придбати пиломатеріал камерної (автоклавної) сушки, оскільки в такому дереві вологи майже не залишається, воно не тріскається, не жолобиться, також не боїться подальшого зволоження.

Для виготовлення дерев'яних елементів фасаду використовувалась кінцева спіральна фреза з викидом стружки вгору, діаметр фрези $\varnothing 6$ мм, кількість різальних кромок $z = 2$. Для обробки більш гострих кутів, які залишались після фрези $\varnothing 6$ мм, було використано також кінцеву спіральну фрезу з відведенням стружки вгору, діаметр фрези $\varnothing 3$ мм, кількість різальних кромок $z = 2$.

Підготовка управляючих програм для обробки необхідних елементів на верстаті з ЧПК виконувалась за допомогою програмного забезпечення ArtCAM. Траєкторію обробки (рис. 3) умовно можна поділити на дві частини: перша – зона контурної обробки, яка визначає межі деталі; друга – зона внутрішньої обробки, частина матеріалу що призначена для видалення.

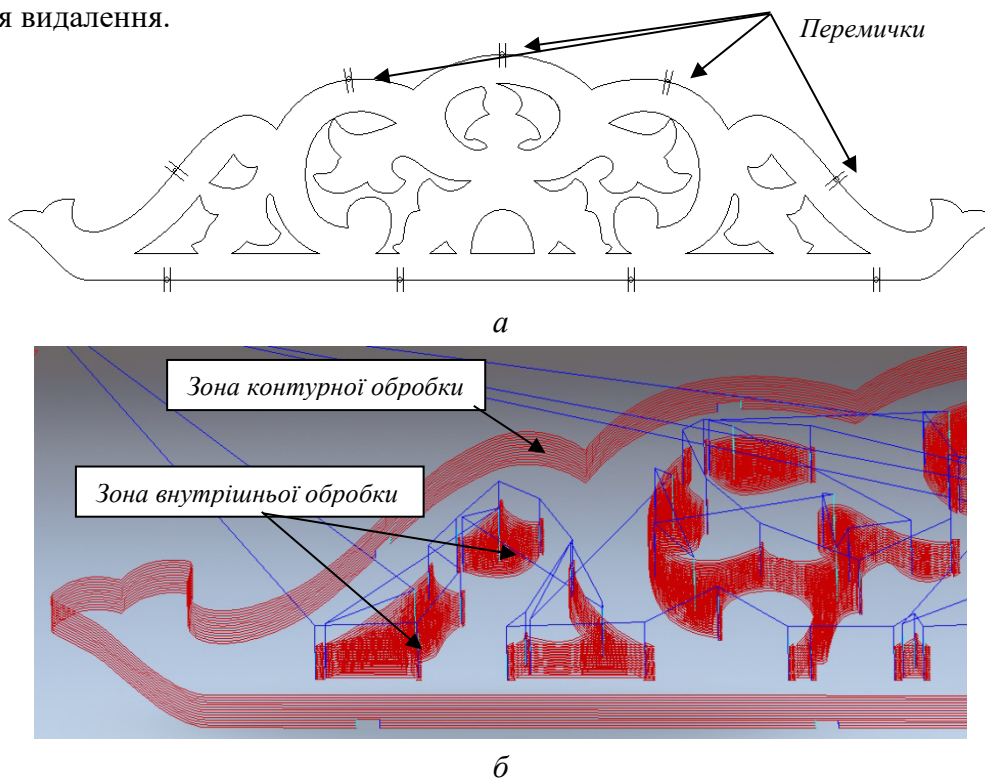


Рис. 3. Підготовка управляючих програм:

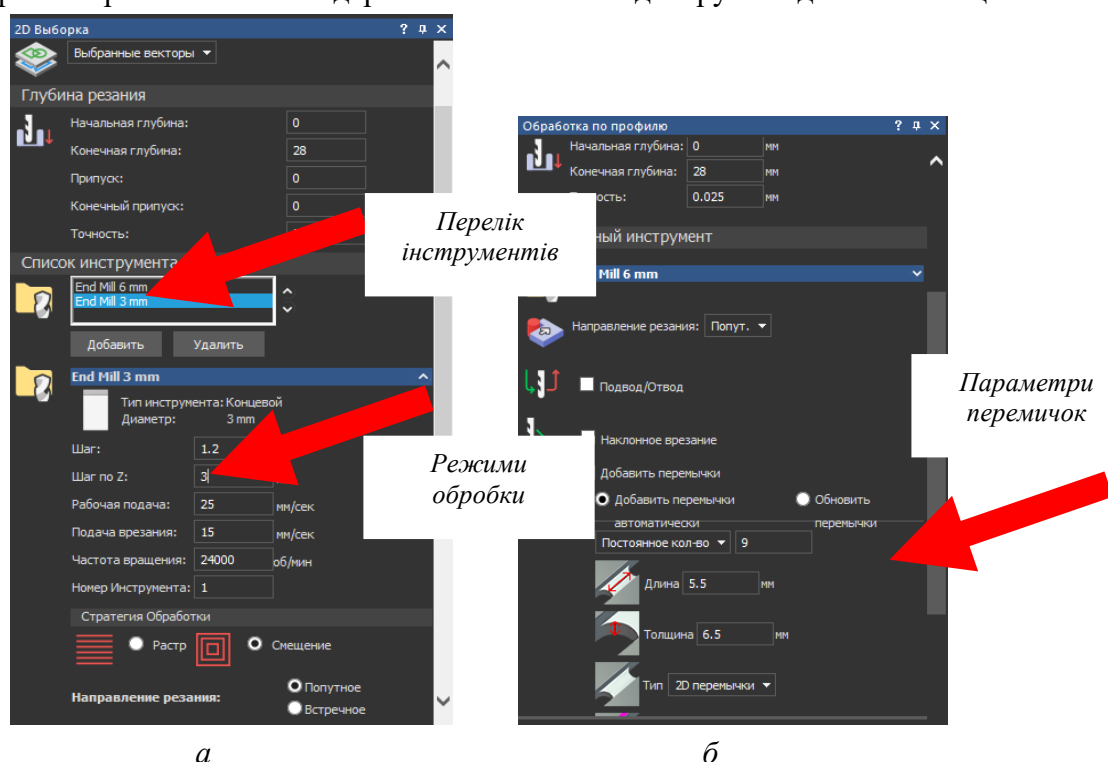
а – вектор дерев'яного елемента; *б* – траєкторія переміщення інструменту (синій – швидкі переміщення, червоний – робочі ходи)

Залежно від виду зони обирається належна стратегія і режими механічної обробки. Для запобігання пошкоджень оброблюваного елемента під час останнього проходу, по зовнішньому контуру передбачені спеціальні перемички, які утримують деталь під час виходу фрези. Кількість і розміри перемичок залежать від розмірів елемента і матеріалу заготовки. Для обробки внутрішньої зони була використана стратегія «2D вибірка», а для контурної обробки – стратегія «Обробка по профілю» (рис. 4).

Враховуючи товщину заготовки 28 мм, контурна і внутрішня обробка проводились за кілька проходів. Глибина різання за один прохід становила: для дубу 3-4 мм, для сосни 5-6 мм. Необхідно враховувати, що на вибір режимів різання, при обробці одного матеріалу одним і тим же інструментом, впливає багато факторів, основним з яких є жорсткість системи верстат-пристрій-інструмент-деталь, охолодження, стратегія обробки, глибина різання за прохід тощо.

Під час фрезерування рекомендується обирати таку стратегію обробки, яка забезпечує безперервне знімання матеріалу із стабільним навантаженням на інструмент. Для отримання допустимої шорсткості поверхні, крок між проходами фрези повинен бути

меншим діаметра фрези. Під час обробки дрібних елементів декору необхідно зменшити швидкість різання, щоб попередити появу сколів і пошкодження. Рекомендації щодо режимів обробки при виготовленні дерев'яних елементів декору наведено в таблиці 1.



а

б

Рис. 4. Вибір стратегії обробки:
а – параметри стратегії «2D вибірка»; б – параметри стратегії «Обробка по профілю»

Таблиця 1

Режими обробки використані при виготовленні дерев'яних елементів декору

Оброблюваний матеріал	Вид виконуваних робіт	Тип фрези	Частота обертів, хв ⁻¹	Подача ХУ, мм/сек	Примітка
Дерево	Контурна обробка. Вибірка	Фреза спіральна, двозаходна: d=3 мм, d=6 мм,	15000-18000	25-40	Зустрічне фрезерування, глибина за прохід не більше діаметру фрези

Висновки відповідно до статті. У межах участі в некомерційному проєкті «Дерев'яне мереживо Чернігова» було вперше використано верстати з ЧПК і сучасні системи автоматизованого проєктування для відновлення дерев'яної архітектури Чернігівщини.

Проаналізовано етапи виробництва дерев'яних елементів декору фасадів будівель з використанням сучасного обладнання. Підвищення продуктивності і рівня автоматизації процесу виготовлення і відновлення елементів дерев'яної архітектури за допомогою сучасного прогресивного обладнання є одним з ефективних шляхів відродження історичних об'єктів дерев'яної архітектури в сучасних умовах.

Аналізуючи процес механічної обробки за допомогою верстата з ЧПК можна зробити висновки, що сосна досить смолиста, добре обробляється різальним інструментом при невисокій вологості. Сосна є доступним і досить поширеним видом деревини, з якої виготовляють меблі, але внаслідок механічних ушкоджень, на поверхні можуть утворитися

вм'ятини, оскільки вона належить до м'яких порід. Наявність високого вмісту смоли викликає налипання на різальних кромках інструменту і забивання стружко-відвідних каналів смолою, як результат, під час обробки відчувається підвищена вібрація в зоні різання, поява сколів і збільшення шорсткості обробленої поверхні.

Дуб, на відміну від сосни, надзвичайно міцна і тверда порода, тому під час його обробки різальний інструмент швидше втрачає стійкість і відбувається зношування різальних кромок, що супроводжується появою шуму і вібрації.

Список використаних джерел

1. Дерев'яне мереживо Чернігова. URL: <https://demer.cn.ua/ua>.
2. Войтович І. Г. Основи технології виробів з деревини : підручник. Львів : ТзОВ «Країна ангелат», 2010. 305 с.
3. DEREVO.info – інформаційний портал деревообробної галузі. URL: www.derevo.info.
4. Радчук Л. И. Основы конструирования изделий из древесины : учеб. пособие. Москва : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 200 с. : ил.
5. Узоры наличников на окна деревянного дома. URL: <https://proekt-sam.ru/rezba/uzory-dlya-nalichnikov.html#i-9>.
6. Дячун З. Й. Конструювання меблів: Корпусні вироби : навч. посіб. Київ : Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2007. Ч. 1. 378 с.
7. Вдовин Р. М. САПР систем автоматизації в АПК : навч. посіб. Київ : НУБіП, 2010. 36 с.
8. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство : пер. с англ. Москва : Мир, 1991. 296 с. ил.
9. Деревинознавство : навч. посіб. / І. С. Вінтонів та ін. Львів : РВВ УкрДЛТУ, 2005. 256 с.
10. У Чернігові коштом громадського бюджету міської ради виготовили й випустили 20 коротких відеосюжетів про зразки дерев'яної архітектури міста XIX-XX століть. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-tourism/3156522-u-chernigovi-znali-20-promorolikiv-pro-derevane-merezivo-mista.html>.
11. Бойко С. В., Єрошенко А. М., Ігнатенко П. Л. Підготовка виробництва меблевих фасадів за допомогою сучасних САМ-систем. *Технічні науки та технології*. 2018. № 1 (11). С. 159-167.

References

1. Dereviane merezhyvo Chernihova [Chernihiv wooden lace]. <https://demer.cn.ua/ua>.
2. Voitovych I.H. (2010). *Osnovy tekhnologii vyrobiv z derevyny [The basic technology of wood]*. TzOV «Kraina Anheliat».
3. DEREVO.info. www.derevo.info.
4. Radchuk, L. I. (2006). *Osnovy konstruirovaniia izdelii iz drevesiny [Basics of designing products from wood]*. HOU VPO MGUL.
5. Uzory nalichnikov na okna dereviannogo doma [Patterns of platbands on the windows of a wooden house]. <https://proekt-sam.ru/rezba/uzory-dlya-nalichnikov.html#i-9>.
6. Diachun, Z. I. (2007). *Konstruiuvannia mebliv. Korpusni vyroby [Furniture design: Cabinet products]*. Vyd. Dim «Kyievo-Mohylianska Akademiia».
7. Vdovyn, R. M. (2010). *SAPR system avtomatyzatsii v APK [CAD automation systems in agriculture]*. NUBiP.
8. Khoks, B. (1991). *Avtomatizirovannoe proektirovanie i proizvodstvo [Computer aided design and manufacturing]*. Mir.
9. Vintoniv I. S. etc. (2005). *Derevynoznavstvo [Wood science]*. RVV UkrDLTU.
10. U Chernihovi koshtom hromadskoho biudzhetu miskoi rady vyhotovyly y vypustyly 20 korotkykh videosyuzhetiv pro zrazky derevianoj arkhitektury mista XIX-XX stolit [In Chernihiv, at the expense of the public budget of the city council, 20 short videos about samples of wooden architecture of the city of the XIX-XX centuries were made and released]. <https://www.ukrinform.ua/rubric-tourism/3156522-u-chernigovi-znali-20-promorolikiv-pro-derevane-merezivo-mista.html>.
11. Boiko, S. V., Yeroshenko, A. M., Ihnatenko, P. L. (2018). Pidhotovka vyrobnytstva meblevykh fasadiv za dopomohoiu suchasnykh CAM-system [Preparation for the production of furniture facades using modern CAM-systems]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1(11), pp. 159-167.

UDC 674.213

*Sergiy Boyko, Stanislav Ivashchenko, Andriy Yeroshenko***RESTORATION OF WOODEN DECORATIONS OF FACADES OF ANCIENT BUILDINGS IN CHERNIHIV**

Urgency of the research. Increasing the productivity and level of automation of the process of manufacturing and restoration of elements of wooden architecture with the help of modern advanced equipment is one of the effective ways to revive the historic objects of wooden architecture in modern conditions.

Target setting. The need to physically restore a large number of wooden carvings on the facades of historic buildings requires resources, both material and human. Therefore, the development of high-tech methods of restoring wood carvings on the historic facades of buildings, which save these resources is an urgent task in terms of ensuring high efficiency of machining of wood products and materials based on it.

Actual scientific researches and issues analysis. Wooden carvings on the facades of houses used to be made by hand by a craftsman. Most of the existing literature and the recommendations given in it concern manual methods of manufacturing of a decor of facades, but considering a large number of repeating elements, they are not productive.

Uninvestigated parts of general matters defining. Currently, there are a significant number of examples and proposals for the restoration of brick facades of historic buildings. Working with wooden facades decorated with carvings has its own features, which are not fully covered and require practical recommendations, taking into account the technical capabilities of modern equipment.

The research objective of this article is to analyse the features of the use of modern technological equipment for manufacturing, and restoration of elements of wooden architecture.

The statement of basic materials. The technology of production of wooden elements of decor of facades of houses by means of modern systems of the automated designing and CNC machines is considered. The influence on the nature of processing of processed materials, type of tool and processing modes is analysed.

Conclusions. As part of the participation in the non-profit project "Wooden Lace of Chernihiv" for the first time used CNC machines and modern computer-aided design systems to restore the wooden architecture of Chernihiv region. The influence on the nature of processing of processed materials, type of tool and processing modes is analysed.

Keywords: CNC machine; carving; wooden architecture; woodworking; wooden lace.

Fig.: 4. Table: 1. References: 10.

Бойко Сергій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування і деревообробки, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Boiko Sergiy – PhD in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of machine building technology and wood processing department, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenko str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: svboyko.cstu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8341-6973>

ResearcherID: G-9798-2014

SCOPUS Author ID: 56736198700

Іващенко Станіслав Костянтинович - автор ідеї та керівник проекту "Дерев'яне мереживо Чернігова".

Ivashchenko Stanislav - author of the idea and leader of the project "Wooden lace of Chernihiv".

Єрошенко Андрій Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Yeroshenko Andriy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of mechanical engineering and wood technology department, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: yeroshenkoam@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-9516>

ResearcherID: G – 6757 – 2014