

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ лісового і садово-паркового господарства

УДК 62-529

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ
Лісового і садово паркового
господарства
Лакида П.І.
(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2022 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Технологій та дизайну виробів з
деревини
Пінчевська О.О.
(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему Обґрунтування доцільності використання лазерних верстатів з ЧПУ в технологічних процесах оброблення деревини
Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»
Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми
докт. техн. наук, проф.
(науковий ступінь та вчене звання)
Пінчевська О.О.
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
канд. техн. наук, доц.
(науковий ступінь та вчене звання)
Снірочкін А.К.
(підпис) (ПІБ)

Виконав
Рижак А.В.
(підпис) (ПІБ)

Київ – 2022 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
ННІ лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ**Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з деревини

д.т.н., проф _____ Пінчевська О.О.

науковий ступінь, вчене звання (підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2022 р.

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**Рижаку Артуру Володимировичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

(код і назва)

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»Орієнтація освітньої програми освітньо-професійнаТема магістерської кваліфікаційної роботи Обґрунтування доцільності використання лазерних верстатів з ЧПУ в технологічних процесах оброблення деревини

затверджена наказом ректора НУБіП України від «19» 10 2021 р. № 1766 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 03 листопада 2022 року

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Звіти з наукової роботи кафедри та «КВІТУ Деревообробки». Результатипопередніх експериментальних досліджень за обраною тематикоюПерелік питань, що підлягають дослідженню:1. Детальний аналіз існуючого обладнання для виконання лазерної різки деревини та деревинних матеріалів2. Інноваційні способи різання деревини з використанням верстатів з ЧПУ3. Обґрунтування доцільності використання лазерних верстатів під час виготовлення виробів з деревини та деревино-композиційних матеріалів

Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. За останні роки деревообробна промисловість перетворилась у високо механізоване виробництво, яке забезпечує стабільний ріст об'ємів випуску матеріалів та виробів з деревини в основному за рахунок технологічного переобладнання підприємств. Підвищення вимог до якості виробів веде за собою нововведення нової нормативно-технічної документації. Збільшується ступінь уніфікації і нормалізації виробів.

Економічно вигідно мати обладнання, яке за ступенем автоматизації і складності технічних рішень відповідає характеру виробництва. Великі підприємства мають потребу у високопродуктивному автоматизованому обладнанні і можуть забезпечити підтримку його технічного стану. Підприємствам з невеликим обсягом виробництва краще мати напівавтоматичні і механізовані верстати, які не потребують складного обслуговування. Ці вимоги враховуються заводами-виробниками.

Завдяки впровадженню в технологічний процес високопродуктивного обладнання значно збільшиться річний випуск продукції, виробничі потужності будуть використовуватись максимально, а це призведе до зниження собівартості продукції і значного підвищення прибутків.

Метою роботи є обґрунтування доцільності використання лазерних верстатів з ЧПУ в технологічних процесах виготовлення меблевих виробів з деревини та деревино-композиційних матеріалів.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач: проаналізувати існуючі типи обладнання для виконання лазерної різки деревини та деревинних матеріалів, охарактеризувати інноваційні способи різання деревини з використанням верстатів з ЧПУ для вибору найбільш раціонального способу виготовлення виробів з декоративними елементами; обґрунтувати доцільність використання лазерних верстатів під час виготовлення виробів з деревини та деревино-композиційних матеріалів.

Об'єкт дослідження – процес різання деревини з використанням лазерних верстатів з ЧПУ з метою скорочення часу обробки та ресурсоощадного використання деревини під час виготовлення меблевих виробів.

Предмет дослідження – встановлення найбільш раціональних режимів різання деревино-композиційних матеріалів з підбором необхідного для цього обладнання.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає у запропонованій методиці вибору найбільш раціонального обладнання з ЧПУ для виконання лазерного різання деревини та деревино-композиційних матеріалів, а також вибору найбільш раціональних режимів різання.

Прикладна значущість полягає у обґрунтуванні доцільності використання лазерних верстатів з ЧПУ для виготовлення готових до вжитку меблевих виробів з деревино-композиційних матеріалів.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Основна частина викладена на 74 сторінках, проілюстрована 12 рисунками та 34 таблицями. Список використаної літератури включає 14 назв.

У вступі обґрунтовано доцільність та актуальність обраної теми магістерської роботи.

У першому розділі проаналізовано основні складові частини лазерних верстатів з ЧПУ та охарактеризовано принципи їх роботи. Як і будь-який інший тип верстата з ЧПУ, лазерний різак з ЧПУ використовує комп'ютерне числове управління та комп'ютерні інструкції (G-код) для виконання послідовності операцій різання. Проте, лазерні різак з ЧПУ дещо відрізняються від звичайних верстатів з ЧПУ за своєю конструкцією та способом різання. Лазерне різання з ЧПУ-це безконтактний процес, заснований на термічній обробці. Лазерний різак з ЧПУ оснащений лазерною голівкою, що містить фокусуючу лінзу лазера і сопло.

У другому розділі проведено дослідження іновативних технологій в обробці матеріалів станками з ЧПУ. Верстати з ЧПУ відіграють дуже важливу

роль у багатьох галузях промисловості, і вони швидко розвиваються. Деякі з технологій, що з'явилися останнім часом, є обов'язковими як для користувачів, так і для виробників в деяких галузях промисловості. Тому важливо дослідити різні типи сучасного обладнання, щоб продемонструвати, як вони впливають на четверту промислову революцію та можуть бути використані під час виготовлення виробів з деревини.

У третьому розділі запропоновано методику для вибору найбільш раціонального обладнання що оцінюються як за кількісними, так і за якісними показниками. Використано метод експертних оцінок, метод розставляння пріоритетів та метод аналізу ієрархій. На підставі проведених розрахунків зроблено вибір лазерного верстату з ЧПУ для виготовлення меблевих виробів з деревино-композиційних матеріалів.

У четвертому розділі запропоновано виріб для виготовлення обраним в попередньому розділі верстатом та проведено дослідження з вибору найбільш раціонального режиму різання для забезпечення максимальної продуктивності обладнання за умови отримання виробу необхідного рівня якості.

Ключові слова: деревино-композиційні матеріали, меблеві вироби, лазерні верстати з ЧПУ, швидкість різання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ.....	9
1.1. Принцип роботи лазерного гравірувального верстата.....	9
1.2. Волоконно-оптичний лазерний гравер.....	12
1.3. Типи верстатів для лазерного різання з ЧПУ.....	13
1.4. Переваги лазерного різання з ЧПУ.....	14
1.5. Область застосування лазерного верстата з ЧПУ.....	16
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ВЕРСТАТАМИ З ЧПУ.....	18
2.1. Плазмова різка.....	18
2.2. Лазерне різання.....	19
2.3. Іскрова ерозія дроту.....	19
2.4. Групує EDMs.....	20
2.5. Водяний різак.....	21
2.6. VoXZY, гібридний лазер, ЧПУ та 3D-друк.....	22
2.7. Переваги верстата плазмового різання з ЧПУ в порівнянні з іншими системами різання.....	23
РОЗДІЛ 3 ПІДБІР ЛАЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНО- КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	27
3.1. Аналіз найбільш поширених верстатів для лазерної різки деревини та деревино-композитних матеріалів.....	27
3.2. Аналіз вихідних даних для підбору обладнання.....	38
3.3. Метод експертних оцінок.....	40
3.4. Метод розставляння пріоритетів.....	43
3.5. Метод аналізу ієрархій. Обґрунтування вибору верстату.....	51
РОЗДІЛ 4 ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНО-КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	59
4.1. Аналіз доцільності виготовлення меблевих виробів з фанери.....	59
4.2. Технічний опис запропонованого виробу.....	61

4.3. Дослідження впливу режиму різання на швидкість виконання операції.....	64
4.4. Розрахунок необхідної кількості матеріалів для виготовлення запропонованого виробу.....	67
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

За останні роки деревообробна промисловість перетворилась у високомеханізоване виробництво, яке забезпечує стабільний ріст об'ємів випуску матеріалів та виробів з деревини в основному за рахунок технологічного переобладнання підприємств. Підвищення вимог до якості виробів веде за собою нововведення нової нормативно-технічної документації. Збільшується степінь уніфікації і нормалізації виробів.

Економічно вигідно мати обладнання, яке за ступенем автоматизації і складності технічних рішень відповідає характеру виробництва. Великі підприємства мають потребу у високопродуктивному автоматизованому обладнанні і можуть забезпечити підтримку його технічного стану. Підприємствам з невеликим обсягом виробництва краще мати напівавтоматичні і механізовані верстати, які не потребують складного обслуговування. Ці вимоги враховуються заводами-виробниками.

Сучасне прогресивне обладнання має достатньо широкі технологічні можливості. У даний час на основне місце у зв'язку з ускладненням конструкції обладнання виходять надійність і якість його роботи, що забезпечує стабільність технологічного процесу. Пошук оптимальних варіантів конструкцій вузлів і агрегатів обладнання ведеться на всіх крупних підприємствах-виробниках.

Систематичне впровадження нової техніки і максимальне використання виробничих потужностей приводять до збільшення випуску продукції не тільки в цілому, а й в одиниці обладнання та виробничих площ.

Завдяки впровадженню в технологічний процес високопродуктивного обладнання значно збільшиться річний випуск продукції, виробничі потужності будуть використовуватись максимально, а це призведе до зниження собівартості продукції і значного підвищення прибутків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ

1.1. Принцип роботи лазерного гравірувального верстата

Як і будь-який інший тип верстата з ЧПУ, лазерний різак з ЧПУ використовує комп'ютерне числове управління та комп'ютерні інструкції (G-код) для виконання послідовності операцій різання [2].

Однак лазерні різак з ЧПУ дещо відрізняються від звичайних верстатів з ЧПУ за своєю конструкцією та способом різання.

Лазерне різання з ЧПУ – це безконтактний процес, заснований на термічній обробці. Лазерний різак з ЧПУ оснащений лазерною головкою, що містить фокусувальну лінзу лазера і сопло. Через сопло ця головка і лінзовий вузол фокусують лазерний промінь – стовп світла дуже високої інтенсивності – на заготовці, розплавляючи і розрізаючи заготовку для додання їй бажаної форми.

Лазери з ЧПУ використовують стиснений газ (також проходить через насадку, яка викидає лазерний промінь) для охолодження фокусувальної лінзи та видалення випареного металу з заготовки [3].

Поглянемо на це з іншого боку. Коли ви фокусуєте потужний лазерний промінь у точці на металевій поверхні, щільність тепла в цій точці стає високою, що призводить до швидкого нагрівання та часткового (або повного) випаровування цієї точки на металі. Потім технологія ЧПУ керує послідовністю переміщення цієї лазерної головки та лазерного променя на робочій поверхні для формування бажаних спеціальних форм та елементів.

Гравірувальний верстат – це пристрій, який значно прискорює і спрощує процес нанесення зображення на поверхню виробу. Цей метод декорування та ідентифікації речей використовувався з давніх часів. Перші інструменти для гравіювання датуються майже кам'яним віком [2].

У ті часи, як і багато століть потому, вправні гравери відтворювали візерунки, написи і малюнки вручну, тижнями і місяцями працюючи над особливо хитромудрими зображеннями.

Дивлячись на зброю, обладунки, табакерки і багато інших виробів минулих століть, прикрашені гравіюванням, приходиш в захоплення витонченістю ліній і складністю контурів. Ви також розумієте і дещо ще: випадкове зміщення виробу в процесі роботи, тремтяча рука, занадто глибоке натискання і інші помилки часто приводили до незворотних наслідків, змушуючи різьбояра починати все спочатку [4].

Робота граверів дещо спростилася тільки в минулому столітті, коли їм на допомогу прийшов технічний прогрес і приніс з собою ручний електроінструмент. Невеликі свердла з двигунами і різними змінними насадками взяли на себе частину роботи і прискорили весь процес гравіювання. Найвідомішим виробником такого обладнання була компанія Dremel, заснована в Америці в 1932 році [4]. Згодом його спіткала доля копіювального апарату і підгузка, тобто Dremel тепер називають будь-які ручні верстати, що працюють на електриці, які здатні свердлити, гравіювати і шліфувати дрібні вироби.

Однак, незважаючи на те, що з появою електричних граверів бізнес став рухатися швидше, проблеми людського фактора нікуди не зникли: майстрам як і раніше доводилося працювати, можна сказати, вручну, тепер тільки маючи в руках дріль, а не інструмент з металу. Відповідно, критичні та некритичні недоліки все ще періодично виникали навіть при використанні цієї техніки [2].

Справжнім проривом в роботі граверів стала поява фрезерного обладнання з комп'ютерним управлінням. Невеликі настільні машини брали на себе весь обсяг роботи і виконували її набагато швидше і якісніше. Кількість помилок і неточностей було зведено до мінімуму, вдалося поставити виготовлення виробів на потік, так як фрезерний верстат з ЧПУ міг працювати не тільки швидко, але і наносити повністю ідентичну гравіювання знову і знову, слідуючи траєкторії, закладеної в програмі.

Фрезерно-гравірувальні верстати з ЧПУ показують дуже високу якість роботи, але ступінь деталізації зображень і швидкість їх нанесення поступаються лазерним пристроям.

Однак у такого обладнання все ж є недоліки, що, втім, не заважає йому як і раніше користуватися попитом. Перш за все, мова йде про те, що яким би тонким і гострим не був різак, він не може ідеально точно відтворити всі нюанси і контури складних зображень. Похибка в роботі фрезерного гравера становить близько 0,5 мм, тому з його допомогою неможливо відтворити мініатюрні малюнки або дрібні написи [2].

І ось з'являється лазерний верстат – пристрій з програмним управлінням, яке до сих пір відноситься до розряду нових технологій, і термін його більш-менш масового використання становить буквально 5-10 років [4]. Діаметр лазерного променя настільки малий, що ширина щілин між деталями або отворів, створюваних ним, часто не перевищує товщини людського волосся. І це тільки початок величезного списку переваг лазерної технології, а однією з переваг можна назвати відсутність недоліків. З деякою натяжкою єдиним недоліком може бути все-таки не дуже бюджетна вартість таких пристроїв. Проте, навіть в домашніх майстернях мініатюрні лазерні верстати перестали бути дивиною.

Якість лазерного гравіювання настільки бездоганно, що її використовують навіть для виготовлення штампів і печаток.

Принцип роботи лазерного гравірувального верстата

У зв'язку з тим, що лазерні гравірувальні верстати є автоматизованим обладнанням, тобто всі процеси контролюються комп'ютером (зовнішніми або вбудованими елементами), робота таких пристроїв починається зі створення керуючої програми для них [5].

1.2. Волоконно-оптичний лазерний гравер

Ескіз майбутнього зображення малюється в графічному редакторі, після чого на його основі в САМ-системі створюється файл, в якому реєструються всі етапи проходження лазерного променя для відтворення зображення і т.д. цей файл називається керуючою програмою, яка задає початкову точку гравіювання, швидкість переміщення інструменту, глибину його занурення в матеріал і так далі. Програма запускається на комп'ютері, підключеному до гравера, або зберігається на флеш-карті, яка потім вставляється безпосередньо в верстат [10].

Саме лазерне обладнання може бути волоконно-оптичним, призначеним для гравіювання металів, або вуглекислотним, придатним для роботи з будь-якими іншими матеріалами (пластик, дерево, гума, тканина, картон і т.д.) [11].

У волоконному гравері промінь створюється шляхом активації кварцу, легованого рідкоземельним покриттям, шляхом накачування від діодних ламп. Кварцовий сердечник укладений в оболонку з оптичного волокна, закриту зовні гнучким і щільним пластиком або іншим корпусом. Після включення джерел накачування в волоконному кабелі починається генерація лазерних частинок, частина з яких виходить на одну зі сторін.

Гравер CO₂ заснований на герметичній скляній колбі, в яку під тиском вприскується суміш декількох газів, схильних до іонізації під впливом електричних імпульсів. Розряди надходять всередину з блоку запалювання, з'єднаного з трубкою, і активують газове середовище, яка починає процес формування лазера [11].

Лазерний потік, що виходить з оптичного волокна або газової трубки, потрапляє на фокусуючу лінзу (у випадку випромінювача CO₂ він спочатку проходить через оптичну систему з трьох відбиваючих дзеркал), яка звужує його до необхідних параметрів, перетворюючи на світлову пляму на поверхні Матеріал.

Через малий діаметр концентрація температури і потужності випромінювання в

точці різання дуже висока, тому промінь пропалює поверхневий шар матеріалу на задану глибину за частки секунди. Рухаючись з високою швидкістю, він крок за кроком відтворює бажане зображення на виробах.

1.3. Типи верстатів для лазерного різання з ЧПУ

Лазерні різакі з ЧПУ зазвичай класифікуються відповідно до стану активного лазерного середовища (тверда речовина, рідина або газ) та компонента активного лазерного середовища (наприклад, CO₂, азот тощо) [12]. Ось три найбільш часто використовувані типи лазерів на сьогоднішній день:

- CO₂-лазерний різак з ЧПУ
- Кристалічний лазерний різак з ЧПУ
- Волоконно-лазерний різак з ЧПУ

CO₂-лазерний різак – це тип газового лазера, який використовує вуглекислий газ як активне лазерне середовище. Вони є найпоширенішим типом лазерних різаків, насамперед через їх високу вихідну потужність та ефективність.

CO₂-лазерні різакі забезпечують вихідну потужність до 15 кВт і ККД до 30% (найвищий показник серед всіх газових лазерних різаків). Вони ідеально підходять для різання дрібних деталей і гострих кутів, особливо в листовому металі або металах товщиною менше 10 мм. Більш потужні CO₂-лазерні різакі також можуть забезпечити хорошу якість різання на більш товстих металевих поверхнях [12].

Волоконно-лазерні різакі – це більш сучасна лазерна технологія, яка використовує ряд діодів для створення променя, який фокусується через волоконно-оптичний кабель. Волоконно-лазерні фрези дозволяють домогтися більш швидкого і чистого процесу різання, ніж CO₂-лазерні фрези, особливо в матеріалах товщиною менше 5 мм.

Хоча волоконні лазери сумісні з широким спектром матеріалів, ви повинні звернути особливу увагу на срібло.

Срібло утримує тепло від лазера і починає деформуватися під час різання, що ускладнює отримання бажаної обробленої деталі. Як результат, механічні майстерні вищого рівня зазвичай використовують кронштейн як тепловідвід для відведення тепла від срібної заготовки під час операцій різання волоконним лазером [12].

Кристалічні лазерні різачки з ЧПУ використовують пучки, виготовлені з кристалів, таких як легований неодим ітрію-алюмінієвий гранат (Nd:YAG) та ортованадат ітрію, легований неодимом (Nd:YVO).

Кристалічні лазерні різачки зазвичай мають більш високу інтенсивність (або потужність лазера), ніж CO₂-лазерні різачки, що означає, що їх можна використовувати для різання більш товстих металів. Ці фрези також мають широкий діапазон сумісності з матеріалами, включаючи метали, скло, дерево та пластмаси.

1.4. Переваги лазерного різання з ЧПУ

Ось список деяких переваг процесу лазерного різання з ЧПУ перед звичайними процесами обробки з ЧПУ:

- Лазерне різання з ЧПУ дозволяє створювати більш складні конструкції і отвори розміром до 2 мм з високим ступенем точності.
- Лазерне різання з ЧПУ забезпечує більш чисті зрізи, усуваючи необхідність в додаткових операціях подальшої обробки (або чистової обробки).
- Лазерні різачки з ЧПУ усувають потребу в декількох різучих інструментах або спеціальних інструментах, таких як звичайні фрезерні верстати з ЧПУ.

- Безконтактний характер процесу лазерного різання знижує ризик деформації і забруднення матеріалу, що робить їх ідеальними для обробки деталей, які будуть використовуватися в медичній промисловості.

- швидкість – максимальна швидкість переміщення лазерного променя становить 500 мм/сек (різання) і 700 мм/сек (гравірування). Жоден з інших типів машин не може досягти таких параметрів швидкості обробки;

- прецизійно – лазерне обладнання входить до групи прецизійних приладів, що означає, що його точність максимально наближена до заданих значень.

Відхилення в розташуванні променя на площині складають буквально $\pm 0,01$ мм, що дозволяє використовувати лазер в верстатобудуванні, робототехніці і ракетно-космічній промисловості;

- якість – діаметр лазера становить в середньому 0,03 мм (від 0,01 до 0,07 мм в залежності від фокусуєчої лінзи), тому з цими параметрами він здатний

створювати найтонші надрізи і отвори і з максимальною деталізацією відтворювати найскладніші контури заготовок або гравірувати зображення. У цьому ж пункті слід зазначити таку особливість лазера, як відсутність фізичного впливу на матеріали, внаслідок чого після його проходження на поверхні не залишається пошкоджень або дефектів, що вимагають постобробки. Зріз виглядає абсолютно гладким і має чіткі

обриси:

- економічність – по відношенню до лазерного обладнання цей пункт має відразу кілька значень. По-перше, знижуються витрати на придбання різних

інструментів для кожної операції - лазерних свердел, різок і гравіювань. По-друге,

немає необхідності купувати пристосування для фіксації заготовок і матеріалів – промінь теплової, а не фізичний, тому він не зміщує об'єкти роботи. По-третє,

ширина лазерного зрізу не перевищує товщини волоса, тому заготовку на матеріалі можна укласти щільно, без зазорів, а при правильному розміщенні легко домогтися

практично стовідсоткової відсутності відходів.

1.5. Область застосування лазерного верстата з ЧПУ

Лазерне обладнання з ЧПУ універсальне і здатне різати МДФ, фанеру та інші дерев'яні поверхні, оргскло та інші пластмаси (за винятком ПВХ), гуму, шкіру, гофрований і звичайний картон, тканини і неткані матеріали, хутро, метали (волоконні лазери) та інші. Цей великий список пояснює той факт, що верстати для лазерного різання знайшли своє застосування буквально у всіх галузях обробної промисловості, від виготовлення сірникових коробок до виробництва літаків [6].

- Різання фанери – використовуючи можливості лазерного променя, з фанери вирізається багато корисних речей. Це шкатулки для коштовностей, подарункові коробки, конструктори для дітей і дорослих, покажчики і таблички на двері, номери шаф, фігурки для декору інтер'єру, букви і цифри для виготовлення святкових написів і багато іншого. Відмінною особливістю лазерного впливу на фанеру є потемніння зрізу (легке обуглювання), що надає виробам контур і прикрашає їх.

- Різання металу. Метал – це не тільки труби і шестерні, це ще й дивовижної краси ажурні вироби, які вирізаються волоконним лазером на металевому листі. Утворені метелики, витончені жіночі фігурки, силуети тварин і інші речі стають прикрасою полиць в інтер'єрі. Окремим напрямком роботи з металевим листом стало створення флюгерів, візерункових накладок на поштові скриньки, авторських номерів будинків і квартир і т. д. [12].

- Ручна робота – для створення виробів в основному використовуються мініатюрні побутові лазерні пристрої, які завдяки своїм компактним розмірам можна використовувати в домашніх умовах. Незважаючи на невеликі розміри, ці пристрої не поступаються за якістю різання промисловим аналогам, різниця спостерігається тільки в потужності пристрою і швидкості роботи. Однак для виготовлення штучних або дрібносерійних виробів їх цілком достатньо. Лазер вирізає прикраси зі шкіри,

іграшки, сніжинки, букви і цифри з фетру, виготовляє листівки та запрошення на свята з паперу та картону, підставки для прикрас з оргскла і т. д.

• Гравірування – малюнки, написи, візерунки і навіть фотографії у високому дозволі, нанесені лазерним променем на поверхню виробів, відрізняються максимальною деталізацією, чіткістю і повною відповідністю оригінальному зображенню, тому така гравірування по праву вважається кращою. Він прикрашений подарунками і пам'ятними речами, а також різними корпоративними атрибутами, вивісками і т. д. в якості подарунків можна піднести годинник, запальнички, ювелірні вироби та біжутерію, мармурові підставки для офісу, вироби зі шкіри [4].

• Перфорація – вже згадували про те, що лазерний промінь є багатофункціональним інструментом і може не тільки пропалювати поверхневий шар матеріалів і розрізати їх на частини, але і створювати в них наскрізні отвори.

Лазерна перфорація використовується при виготовленні друкованих плат для електротехніки, виробництві годинникових механізмів, але основним напрямком є декорування взуття, одягу, виробів зі шкіри та виробів ручної роботи.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ

ВЕРСТАТАМИ З ЧПУ

Як зазначалося раніше, верстати з ЧПУ відіграють дуже важливу роль у багатьох галузях промисловості, і вони швидко розвиваються.

Деякі з технологій, що з'явилися останнім часом, є обов'язковими як для користувачів, так і для виробників в деяких галузях промисловості.

Тому важливо виділити деякі з них, щоб продемонструвати, як вони впливають на четверту промислову революцію.

2.1. Плазмова різка

Плазмовий різак може стати прекрасним доповненням до вашого набору інструментів, особливо якщо ви займаєтеся сантехнікою або холодильною технікою.

Ці верстати не тільки знижують навантаження при різанні металу, але і скорочують час різання з дуже невеликою кількістю зон термічного впливу, надаючи вашій фурнітурі відмінну обробку [12].

Ці машини в основному є фрезами, які виконують операцію різання за допомогою плазмового різання.

Процес передбачає продування газу (наприклад, стисненого повітря) з дуже високою швидкістю та тиском через сопло; і в той же час формування електричної дуги через газ від сопла до робочої поверхні, таким чином перетворюючи частину цього газу в плазму.

Ця плазма досить гаряча, щоб розплавити матеріал, що розрізається, і рухається досить швидко, щоб видути розплавлений метал з розрізу до того, як можна буде впливати на ненавмисні поверхні [12].

Вони використовуються для різання сталі та інших металів, але також можуть бути використані і для інших матеріалів.

2.2. Лазерне різання

Ця технологія настільки універсальна, що будь-яка людина, від інженерів до чайників, використовує її в приголомшливій кількості випадків використання.

Незалежно від того, чи займаєтесь ви механічною обробкою, декоративним маркуванням, відстеженням деталей або будь-яким іншим самостійним різанням та маркуванням практично в будь-якому виді послуг, лазерне різання пройшло довгий шлях.

Інтеграція комп'ютерного управління в лазерні технології забезпечила дуже гнучкі можливості в технологіях різання широкого спектру матеріалів, включаючи метал, дерево, пластмаси, скло, каміння та багато інших матеріалів.

Складні візерунки, такі як твори мистецтва, штрих-коди, етикетки для відстеження та серійні номери, можуть бути надруковані або вигравіровані на всіх цих матеріалах за допомогою лазерної технології в ЧПУ.

2.3. Іскрова ерозія дроту

Ви коли-небудь бачили дуже тверді матеріали, такі як нержавіюча сталь, з дуже складними і точними надрізами, і дивувалися, як це було досягнуто?

Що ж, це іскрометна ерозія. Ця технологія є відносно новим методом обробки, також відомим як електроерозійна обробка (EDM) [11].

Це виробничий процес, при якому досягається бажана форма за допомогою електричних іскер. Матеріал видаляється з заготовки серією швидко повторюваних розрядів струму між двома електродами, розділеними діелектричною рідиною і

підданими впливу електричної напруги. Один електрод - це дріт, що виконує різання, а інший – провідна заготовка.

Це дуже гнучка технологія наскрізного різання, яка використовується для різання твердих провідних матеріалів, забезпечуючи при цьому складний дизайн і хорошу обробку поверхні.

Компанії, що виробляють гоночні автомобілі в командах Формули-1, виробляють деталі трансмісії, розроблені відповідно до рельєфу кожної гоночної траси.

За допомогою цієї техніки інженери гоночних автомобілів можуть використовувати прозувальні сесії для тестування механізмів і внесення змін за одну ніч, що швидко впливає на конкурентоспроможність їх автомобілів.

2.4. Грузило EDMs

На відміну від дрітчастої електроерозійної обробки з точки зору використовуваної техніки, цей тип обробки з ЧПУ також називають електроерозійною обробкою типу порожнини або об'ємною електроерозійною обробкою. Машина складається з електрода та заготовки, зануреної в діелектричну рідину, таку як масло або деіонізована вода.

У ньому використовується пробій діелектрика на провідній заготовці, викликаний наближенням електродом, що утворює плазмовий канал і невеликі скачки іскри.

Виробничі штампи і прес-форми часто виготовляються за допомогою електроерозійної обробки грузила.

2.5. Водяний різак

Ці інструменти з ЧПУ здатні різати метал або інші матеріали (навіть такі тверді, як граніт) за допомогою струменя води з високою швидкістю та тиском. У воду можна додати абразивні речовини, такі як пісок або тирса. Цей метод використовується для виготовлення деталей машин та інших пристроїв.

Цей метод ідеально підходить для матеріалів, чутливих до високих температур, пов'язаних з іншими методами.

Гідроабразивна обробка знайшла застосування в самих різних галузях промисловості - від гірничодобувної до аерокосмічної. Він використовується для таких застосувань, як різання, формування, різьблення по дереву та розпартка.

Цікавим варіантом обробки з ЧПУ є точкове маркування.

Хоча всі інші методи, включають процеси віднімання, які перетворюють вихідний матеріал на потрібний шматок або деталь, точкове маркування в основному використовується для позначення поглиблень на поверхнях для цілей відстеження та ідентифікації.

В основному це робиться за допомогою твердосплавного або діамантового стилуса, який вражає електромеханічним або пневматичним приводом, щоб надрукувати на поверхні заздалегідь визначений малюнок або текст, керований комп'ютером, за допомогою послідовності точок.

Маркування виконується або за допомогою штаффа з електричним приводом для штампування (або наколювання) дуже маленьких, близько розташованих і високоточних точок для формування прямих або вигнутих ліній відповідно до програми, або за допомогою стисненого повітря високого тиску для додання сили удару.

Він здатний штампувати серійні коди при роботі на поверхнях різних форм і розмірів, що ідеально підходить для маркування різних частин однієї і тієї ж машини, наприклад, для транспортних засобів.

Він може маркувати серійні номери, буквено-цифровий текст, текстові логотипи та 2D-коди матриці даних.

2.6. BoXZY, гібридний лазер, ЧПУ та 3D-друк

Хоча обробка з ЧПУ – це субтрактивний процес, 3D-друк – це адитивний процес. Обидві ці техніки можуть бути використані для створення хитромудрих конструкцій з різних деталей.

Технології принципово різні, з різними плюсами і мінусами. Хоча обробка з ЧПУ швидша, вона набагато марнотратніша, ніж 3D-друк, і в деяких випадках ці два методи можуть дуже доповнювати один одного.

Тож насправді дивно бачити машину, яка робить і те, і інше!

BoXZY-це досить нове доповнення до ринку, але це машина, яка вже створила кілька серйозних хвиль.

Легко зрозуміти, чому ця машина викликала інтерес у багатьох людей;

Це 3D-принтер, фреза з ЧПУ і лазерний гравер в одному флаконі.

Так, він також забезпечує лазерне гравіювання. Це три в одному за ціною одного.

Можна використовувати цей маленький гібрид для створення дивовижних побутових інструментів і пристосувань своїми руками, таких як книжкові полиці, витвори мистецтва, квіткові вази, скульптури, сортувальні лотки, дерев'яні прикраси та багато іншого.

2.7. Переваги верстата плазмового різання з ЧПУ в порівнянні з іншими системами різання

Плазмова різка використовується в промисловості для різання металевих деталей, готових до наступних етапів обробки. Його потенціал дозволяє йому виконувати різання матеріалу різної товщини відповідно до обраного генератором.

Технологія верстатів плазмового різання з ЧПУ дозволяє виконувати ручне різання, автоматичне різання, 2D і 3D різання, маркування, обтиск, свердління.

Функціонування та параметри верстата плазмового різання з ЧПУ

Плазмовий лучок створюється шляхом пропускання газів через сопло і запалювання електричної дуги. В результаті виходить іонізований газ з дуже високою енергією.

Ця енергія передається нижчому матеріалу, де метал локально плавиться і виводиться з робочої зони також завдяки потоку газу.

Під час фази запалювання в соплі виділяється іскра, яка генерує контрольну дугу.

Згодом контрольна дуга вступає в контакт з матеріалом, що підлягає різанню, встановлюється електричний ланцюг з плазмою в якості засобу передачі струму, тому необхідно, щоб лист був провідним.

Залежно від потужності генератора, металу, що розрізається і використовуваного газу існують різні робочі параметри.

Швидкість переміщення і відстань від пальника до пластини важливі, оскільки з ними пов'язаний оптимальний потік плазми.

Наприклад, використовуючи 400 ампер, можна різати до 80 мм матеріалу зі швидкістю кілька сотень мм / хв. знижуючи струм, можна різати товщиною в кілька міліметрів, як мінімум до 0,5 мм в разі м'якої сталі, зі швидкістю 5000-6000 мм / хв.

Плазмове різання – це технологія, яку часто вибирають завдяки чудовому співвідношенню якості різання, швидкості та вартості.

При невеликих товщинах він конкурує з лазером, від 6 до 50 мм це кращий вибір для виконання термічного різання в порівнянні з лазерної, киснево-паливної і гідроабразивної різкою.

- Багатосторонність – плазмове різання 2D і 3D, широкий вибір технічних газів, різання навіть дуже великих товщин, повністю автоматизований процес

- Ефективність – чудова надійність і точність, відмінний баланс між якістю, швидкістю і витратами, відмінна зварюваність кромок.

- Швидкість – більш висока швидкість різання товщиною від 6 до 50 мм в порівнянні з лазерної та киснево-паливної різкою

- Стійкість до зносу – тут немає інструментів, схильних до зносу, так як різання відбувається безконтактно. Просто замініть витратні матеріали простим способом і за кілька секунд

- Низька вартість – це економічно порівняно з іншими процесами різання через експлуатаційні витрати та швидкість

Кисневе різання завжди було альтернативним рішенням для використання з плазмовими різачками і чудово підходить, зокрема, для більш товстих металів. В останні роки використання кисневого палива стало більш ефективним завдяки внутрішнім запальникам, які спрощують роботу, і вбудованим регуляторам висоти, які не заважають пальнику. Це суперечить додатковим регуляторам висоти та запалювачам Старої школи, які були далеко не настільки ефективними, як поточні ітерації.

Багато систем також автоматизовані за допомогою сервоуправління, що забезпечує плавні та надійні рухи. Крім того, для заміни наконечника пальника не потрібно ніяких додаткових інструментів. Коли справа доходить до технології ЧПУ,

поліпшення стають ще більш значними завдяки автоматичному регулюванню співвідношення для обліку витрати при різній товщині.

Очевидні інновації та досягнення тут полягають у тому, що технологія ЧПУ більше не покладається на архаїчні методи роботи, такі як стрічкові накопичувачі.

Вдосконалене програмне забезпечення САМ стоїть за одними з найкращих плазмових різаків з ЧПУ, які гарантують повністю автоматизоване різання з безліччю параметрів, які можна встановити вручну (або навіть автоматично налаштувати самим комп'ютером, щоб компенсувати дані, які він уже має).

Ще однією ключовою перевагою сучасної технології ЧПУ є можливість підключення, яка дозволяє віддалено виконувати такі функції, як управління, діагностика та усунення несправностей. А оскільки він управляється програмним забезпеченням, можливості плазмового різаків значно розширюються, що дозволяє автоматизувати різні і більш складні процеси.

Технічні характеристики та джерело живлення плазмових різаків значно покращилися за останні десятиліття. Старі системи, як правило, працювали на 600 ампер і використовували вольфрамовий електрод. В даний час 300-амперні системи, що використовують гафнієві електроди, вважаються нормою. Це забезпечує більш точну і швидку різання, залишаючись при цьому набагато більш ефективним, ніж старі системи з великим підсилювачем.

Технологічні досягнення призвели до того, що за допомогою плазмових різаків можна використовувати більше газів. Це дає операторам більше можливостей для розгляду як з енергетичної, так і з економічної точки зору, а також з точки зору загальної ефективності. До них відносяться:

- Аргон;
- CO₂;
- Водень;
- Нітроген;

- Метан;
- Кисень.

Сучасний плазмовий різак – не більше, ніж просто різальна машина, з кількома додатковими допоміжними системами, такими як Свердла, фрези, інструменти для різання труб та фаски, що перетворює машину на центральний вузол для виготовлення верстатів. Найкраще те, що ці вторинні функції не просто додаються, щоб збільшити розмір списку функцій, а насправді належним чином включені та мають високу ефективність.

Це означає, що вони можуть бути легко інтегровані в технологічний процес (особливо якщо це плазмовий різак з ЧПУ), що скорочує додаткові етапи обробки. Кінцевим результатом є деякі економічні бонуси для невеликих майстерень, оскільки це по суті усуває необхідність у спеціальних верстатах, таких як дрелі, які можуть знадобитися тільки при невеликих виробництвах.

З точки зору широких досягнень – загальна якість верстатів плазмового різання в даний час є чудовим завдяки міцній конструкції і більш ефективним джерелам живлення і процесам. Це означає, що ваша машина прослужить довше і – при правильному технічному обслуговуванні – зможе насолоджуватися дуже повноцінним і довгим терміном служби. І оскільки багато сучасних плазмових різаків легко мінються (наприклад, PL-C), це стає ще простіше.

РОЗДІЛ 3

ПІДБІР ЛАЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МІБЛЕВИХ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНО-КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1. Аналіз найбільш поширених верстатів для лазерної різки деревини та деревино-композиційних матеріалів

Розглянуто та підібрано лазерний верстат з ЧПУ для обробки деревини.

Розглянуто 5 верстатів:

- MTech L1490 (рис. 3.1);
- MTech L2515 (рис. 3.2);
- LS-1610 (рис. 3.3);
- Tesla Weld 3150RA (рис. 3.4);
- ADP 2060 (рис. 3.5).

За такими характеристиками:

- Робоча поверхня (m^2);
- Потужність лазера (Вт);
- Швидкість різання (мм/с);
- Споживана потужність (кВт);
- Ціна (грн).

Лазерний гравірувальний верстат M Tech L1490 орієнтований на різання і гравіювання листових неметалевих матеріалом (пластик, дерево, фанера, тканина і т.п.) методом лазерного різання, представлений на рисунку 3.1. У базовій комплектації верстат поставляється з лазерною трубкою RECI потужністю 80-130 Вт.



Рис. 3.1. Лазерний гравірувальний верстат M Tech L1490 [1]

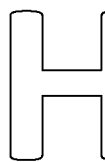
Переміщення лазерної головки здійснюється по рейковим лінійним напрямним Hiwin (Німеччина) по всіх трьох осях. Використовуються 3-х фазні крокові двигуни серії 57byg.

Система управління побудована на базі останнього покоління материнських плат AWC 708 використовує ліцензійне програмне забезпечення LaserCad, яке добре широко відоме в Україні і користується заслуженою повагою за простоту і надійністю.

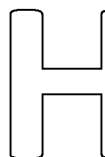
Лазерний гравер M Tech L1410 швидко встановлюється на робочому місці і відразу готовий до роботи з мінімальними витратами на його впровадження та організацію виробництва.

Сфера застосування верстата:

- Поліграфія: штампи, листівки, візитки, скрапбукінг;

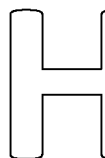


- Деревообробне виробництво: Монтессорі, ЗОО аксесуари, Сувенірна продукція, маркетрі;

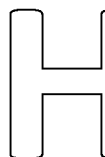


- Взуттєва промисловість: виготовлення лекал;
- Легка промисловість: лекала, шаблони, крій;
- Шкіргалантерея: крій, лекала;
- Пакувальне виробництво: майстер моделі, упаковка;
- Оформлення: декупаж, скрапбукінг.

Оброблювані матеріали:



- Дерево: дерево, фанера, МДФ, ДСП;
- Пластики: акрил, оргскло, полістирол, ПЕТ;
- Тканини: натуральні, напівсинтетичні, синтетичні, склотканини;
- Скло: гравірування
- Камінь: гравірування



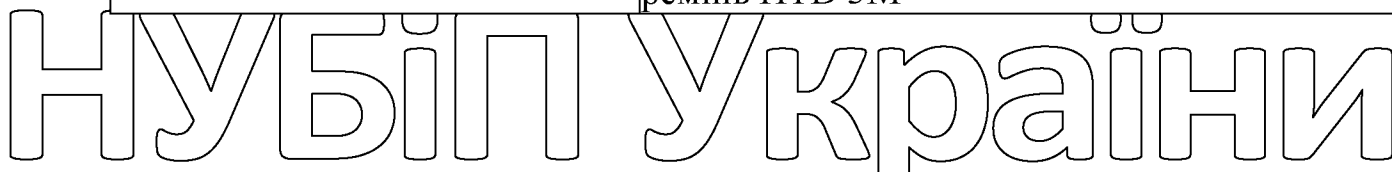
- Кераміка: гравірування
- Гума: різання та гравірування
- Картон та папір: різання та гравірування[1]

Характеристики M Tech L1490 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристики M Tech L1490Ц

Робоча поверхня, мм:	1400×1000
Потужність лазера, Вт:	Reci 100/130/150 Вт
Тип лазера:	CO2 (лазерна трубка)
Режим управління:	кроковий двигун
Регулювання потужності лазера:	апаратна, програмна
Глибина різання(акрил), мм:	0...25
Структура осі X:	Профільні квадратні Hiwin 15мм / зубчастий ремінь HTD 3М
Структура осі Y:	Профільні квадратні Hiwin 15мм / зубчастий ремінь HTD 3М



Продовження таблиці 3.1

Швидкість гравіювання, мм / с:	0... 600
Швидкість різання, мм / с:	0... 400
Точність позиціонування, мм:	0.1
Мінімальний розмір літери для гравіювання, мм:	літера кирилиці: 1.5 x 1.5
Дзеркала, мм:	25
Лінза:	ZnSe ø20 f-50 (на вибір)
Система управління:	AWC 708C
Підтримуване програмне забезпечення	CorelDraw, AutoCAD, LaserCAD
Підтримувані графічні формати:	CDR, PLT, DXF, BMP, JPG, PNG
Операційна система ПК:	Windows XP/7/8/10 (32/64)
Інтерфейс підключення:	USB 2.0
Охолодження:	Водяне CW3000DG / CW5000AG
Максимальна товщина матеріалу, мм:	200 (ручне регулювання підйомного столу)
Термін служби лазерної трубки, ч:	10000
Електроживлення:	220 ±10% 50Hz
Споживана потужність, Вт:	≤2200
Розмір верстата, мм:	2000X1400X1100
Маса, кг:	300
Гарантія, міс:	12



Рис. 3.2. Лазерний гравірувальний верстат M Tech L2515 [2]

НУБІП України

Лазерний гравірувальний верстат M Tech L2515 орієнтований на різання і гравіювання листових неметалевих матеріалом (пластик, дерево, фанера, тканина і т.п.) методом лазерного різання, представлений на рисунку 1.2. Комплектація верстата можлива трубками RECI / Yongli потужністю від 80 до 180 Вт.

Переміщення лазерної головки здійснюється по рейковим лінійним напрямним Hiwin (Німеччина) по всіх осях. По осі X використовуються 3-х фазні крокові двигуни серії NEMA 23, а для руху по осі Y використовуються два двигуни типу NEMA34.

Система управління побудована на базі останнього покоління материнських плат AWC 708 використовує ліцензійне програмне забезпечення LaserCad, яке добре широко відоме в світі і користується заслуженою повагою за простоту і надійністю.

Лазерний гравер M Tech L2515 швидко встановлюється на робочому місці і відразу готовий до роботи з мінімальними витратами на його впровадження та організацію виробництва.

Сфера застосування верстата:

- Поліграфія: штампи, листівки, візитки, скрапбукінг;
- Деревообробне виробництво: Монтессорі, ЗОО аксесуари, Сувенірна

продукція, маркетрі;

- Взуттєва промисловість: виготовлення лекал;
- Легка промисловість: лекала, шаблони, крій;
- Шкіргалантерея: крій, лекала;
- Пакувальне виробництво: майстер моделі, упаковка;
- Оформлення: декупаж, скрапбукінг.

Оброблювані матеріали:

- Дерево: дерево, фанера, МДФ, ДСП;
- Пластики: акрил, оргскло, полістирол, ПЕТ;

НУБІП УКРАЇНИ

- Тканини: натуральні, напівсинтетичні, синтетичні, склотканини;
- Скло: гравірування
- Камінь: гравірування
- Кераміка: гравірування
- Гума: різання та гравірування
- Картон та папір: різання та гравірування [2]

Характеристики M Tech L2515 наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Характеристики M Tech L2515 [2]

Робоча поверхня, мм:	2500×1500
Потужність лазера, Вт:	RECI W2 (90-100) Необов'язково: W4 (100-130), W6 (130-150), W8 (150-180)
Тип лазера:	CO2 (лазерна трубка)
Режим управління:	кроковий двигун
Регулювання потужності лазера:	апаратна, програмна
Глибина різання(акрил), мм:	0... 25
Структура осі X:	Профільні квадратні Hiwin 15мм / зубчастий ремінь HTD 3М
Структура осі Y:	Профільні квадратні Hiwin 15мм / зубчастий ремінь HTD 3М
Швидкість гравіювання, мм / с:	0... 600
Швидкість різання, мм / с:	0... 400
Точність позиціонування, мм:	0.1
Мінімальний розмір літери для гравіювання, мм:	літера кирилиці: 1.5 x 1.5 25
Дзеркала, мм:	ZnSe ø20 (фокусна відстань на вибір)
Лінза:	AWC 708C/Ruida RDC6445G
Система управління:	CorelDraw, AutoCAD, LaserWork
Підтримуване програмне забезпечення	CDR, PLT, DXF, BMP, JPG, PNG
Підтримувані графічні формати:	Windows XP/7/8/10 (32/64)
Операційна система ПК:	USB 2.0
Інтерфейс підключення:	фреоновий чиллер CW 5200AG
Охолодження:	рейковий

Продовження таблиці 3.2

Робочий стіл:	10000
Термін служби лазерної трубки, ч:	220 ±10% 50Hz
Електроживлення:	<2200
Споживана потужність, Вт:	2150×1550×1250
Розмір верстата, мм:	310
Маса, кг:	12 (6 місяців на лампу)



Рис. 3.3. Верстат LS – 1610 [3]

Верстат LS – 1610 з ЧПУ для лазерного різання та гравіювання – може вирізати різні деталі та гравіювати на поверхнях різних матеріалів. В автоматичному режимі за заданою програмою з високою точністю представлений на рисунку 3. Верстат LS-1610 може виконувати гравіювання різної глибини зі складним рельєфом на таких матеріалах: дерево, папір, шкіра, пластик, оргскло, метал, камінь та ін. потужність лазерної трубки CO2 становить 130W, що дозволяє зробити якісний розкрій матеріалів по криволінійним траєкторіях. Після

лазерного різання краю деталей виходять рівними, що не вимагають додаткової обробки.

Застосування лазерно-гравірувальних верстатів:

- у рекламному та сувенірному виробництві з широким діапазоном застосування;

- у меблевому виробництві для виготовлення декоративних елементів;

- виготовлення штампів, печаток, візиток;

- швейне виробництво або пакувальна діяльність;

- гравірування на різних поверхнях будь-яких малюнків, написів та ін.;

- різання різних матеріалів (паперу, пластику, дерева, тканини, шкіри, оргскла та ін.).

Всім процесом роботи управляє комп'ютер, використовуючи векторні або растрові графічні формати файлів. Програмне забезпечення входить в комплект поставки верстата [3].

Характеристики LS – 1610 наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Характеристики LS – 1610[4]

Тип верстата	Лазерний CO2
Конструкція	Рухливий портал
Робочий стіл верстата (X X Y)	1600×1000 мм
Робочий хід верстата (X X Y)	1600×1000 мм
Хід рухомого столу	250 мм
Робочий стіл	Анодовані алюмінієві ламелі
Напрявні лінійних подач	Рейковий
Механізм подач, осі X, Y	Зубчасті ремені HDT 3м
Приводу осей X, Y	Кроковий двигун
Точність повторного позиціонування	0.05 мм

Продовження таблиці 3.3

Максимальна швидкість переміщень, осі X, Y	500 мм / сек
Робоча швидкість переміщень *	1-500 мм / сек
Виробник лазерної трубки	Resi
Потужність лазера	100 Вт
Охолодження трубки	Чиллер CW5000
Регулювання потужності лазера	Програмний
Система управління	Ruida
Програмне забезпечення	RDWorks
Діаметр патрубк аспірації	150 мм
Витяжний вентилятор	960 куб. м / час
Повітряна помпа	5.7 куб. м / час, 0.8 Бар
Напруга живлення	220 В, 50 Гц
Споживана потужність	2 кВт
Габарити верстата (Д×Ш×В)	2510 × 1500×1100 мм
Маса верстата	350 кг



Рис. 3.4. Верстат Tesla Weld 3150RA[5]

Tesla Weld 3150RA – це верстат з системою лазерного різання, який використовується для різання таких матеріалів як дерево, оргскло, залізо, нержавіюча і вуглецева сталь, алюміній, латунь представлений на рисунку 3.4.

Високоєфективне обладнання володіє, потужністю 10 кВт, завдяки чому чудово підходить для виконання більшості типових задач по розкроюванні металу. Для більш точної роботи передбачена можливість зміни потужності лазера від 500 до 6000 Вт. Харчування і управління машиною здійснюється від однофазної мережі змінного струму з частотою струму 50 Гц. Завдяки електронному блоку управління надається можливість установки максимально точних параметрів роботи.

Серед інших особливостей Tesla Weld 3150RA слід зазначити високу точність розкрою, висока якість одержуваної кромки, відсутність задирок і наплавів, можливість отримувати отвори з діаметром в декілька разів менше, ніж товщина металу, простота технологічної підготовки виробництва і економічне використання металу. Додатково верстат з лазерного різання комплектується пристосуванням для різання труб, за рахунок чого значно розширюються функціональні можливості моделі [5].

Характеристики Tesla Weld 3150RA наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристики Tesla Weld 3150RA[5]

Споживана потужність, кВт	10
Розмір робочого поля, мм	3000 x 1500
Потужність лазера, Вт	1500
Точність повторного позиціонування, мм	± 0.03 - 0.05
Габаритні розміри столу, мм	4600x2500
Додаткові опції	Поворотна вісь
Швидкість різання, мм / с:	1500
Вартість, тис. грн.	1998,0



Рис. 3.5. Верстат ADP 2060 [6]

Характеристики ADP 2060 наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Характеристики ADP 2060 [6]

Зона обробки (X, Y, Z), мм	2060*6050* 150
Конструкція	Рухливий портал
Механізми подач	ШВП по осі "Z", шліфована прямозубая рейка вісь "X" та "Y"
Напрявні	Квадратні лінійні направляючі HIWIN, клас точності H
Макс. швидкість переміщення X, Y, м/хв	15
Макс. швидкість переміщення Z, м/хв	3
Робоча швидкість, м/хв	10
Точність переміщення, не менше, мм	0,09
Привід лінійних переміщень	Силовий кроковий двигун
Програмне забезпечення	контролер F2300TB
Маса, кг	1500
Електроживлення, В	380
Температура експлуатації, град	5-35

Додатково:

- Безконтактні індуктивні датчики по всіх осях
- Контролер відстеження висоти різака

- Гофрозахист порталу
- Централізована система змащення напрямних

- Ролики для подані металевого листа на стіл
- Посекційна витяжка

Застосування:

- у рекламному та сувенірному виробництві з широким діапазоном застосування;

- у меблевому виробництві для виготовлення декоративних елементів;
- гравірування на різних поверхнях будь-яких малюнків, написів та ін.;

- різання різних матеріалів (пластику, дерева, металу, оргскла та ін.).

Якість різки, точність геометрії деталей і повторюваність верстата дозволяють випускати готову якісну продукцію, постобробка якої не потрібно. Машина оснащена всіма необхідними системами захисту та відмовостійкості, які забезпечують надійний і стабільний процес її роботи. Швидко-освоювана система управління, дружній інтерфейс і багато що інше дозволять оператору повною мірою контролювати процес. Верстат представлений на рисунку 3.5 [6].

3.2. Аналіз вихідних даних для підбору обладнання

У разі проектування об'єктів, що оцінюються як за кількісними, так і за якісними показниками для порівняння варіантів рішень можуть бути використано багато методів, серед яких:

- Метод експертних оцінок: оснований на обробленні результатів опитування груп спеціалістів про пріоритетність того чи іншого варіанту рішення

окремо за кожною ознакою та за пріоритетом ознак, за якими оцінюється система, що проектується. Це дає можливість за наявності відповідного математичного оброблення думок експертів якісно оцінити в цілому проектне рішення. Експертна оцінка може бути якісною (рішення гірше, краще ті дорівнює за якістю тому, що порівнюється) або кількісною (кожне рішення може бути оцінене в балах або, якщо рішення піддається вимірюванню, то у відповідних одиницях):

- Метод розставляння пріоритетів: оснований на складанні матриць, для кінцевої оцінки якого використовують ітераційну процедуру розрахунку, що суттєво уточнює отримані оцінки;

- Метод аналізу ієрархій: запропонований в кінці 1970-х рр. американським математиком Т. Сааті, полягає у декомпозиції проблеми на більш прості складові частини і поетапному встановленні пріоритетів оцінюваних компонентів з використанням парних порівнянь.

Розглянемо та застосуємо кожен цих методів.

Таблиця 3.6

Характеристики верстатів

Найменування	Робоча поверхня, м ² :	Потужність лазера, Вт:	Швидкість різання, мм / с:	Споживана потужність, кВт:	Ціна, тис. грн
MTech/L1490	1,26	150	400	2,2	170,8
MTech/L2515	3,75	180	400	2,2	252,0
LS-1610	1,6	130	500	2,0	218,3
Tesla Weld 3150RA	4,5	1500	1500	10,0	1 998,0
ADP 2060	12,40	260	200	2,0	409,3

3.3. Метод експертних оцінок

Метод експертних оцінок застосовується для обґрунтування перспективних видів продукції, вибору технології, обладнання, основних та допоміжних матеріалів тощо. Принципово важливим є підготування анкети (листа опитування) та вибір спеціалістів – експертів. Кількість експертів зазвичай приймають в межах 5 – 7. Опитування буде проведено за характеристиками верстатів наведених в табл. 3.6.

Збільшення кількості експертів не значно підвищує достовірність результатів. Методика оброблення експертних оцінок включає наступні етапи:

Розрахунок середнього значення \bar{x}_{ij} , середнього квадратичного відхилення S_{ij} по кожному ряду відповідей, наводимо приклад розрахунку по щільності матеріалів:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_i}{m}, \quad (3.1)$$

де x_i – оцінка конкретного експерта по конкретному питанню, m – кількість експертів.

Щоб знайти S_{ij} потрібно визначити різницю середнім значенням балу та конкретною оцінкою експерта:

$$S_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_i \quad (3.2)$$

$$S_{ij} = 4,57 - 5 = -0,43;$$

Розраховано так для кожної оцінки експерта.

Далі дане значення підноситься до квадрату.

$$(x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (3.3)$$

$$(4,57 - 5)^2 = 0,18$$

Аналогічно розраховується по кожній оцінці експерта.

Далі проводиться розрахунок середнього квадратичного відхилення:

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_i - \bar{x}_{ij})^2}{m}} \quad (3.4)$$

Порівнюючи середні квадратичні відхилення відповідей по кожному питанню можна встановити в якому з них більше розсіювання відповідей експертів навколо середнього значення. Таким чином визначається стійкість результатів середньої оцінки експертів. Чим менше середнє квадратичне відхилення, тим більш погодженою є оцінка експертів, тим вище коефіцієнт погодження експертів по кожному ряду відповідей K_{Eij} .

Для порівняння стійкості оцінок різних питань можна використовувати значення коефіцієнту варіації, V_{ij} , що характеризує відносне розсіяння результату:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

Чим меншим є коефіцієнт варіації, тим більш погодженими є думки експертів, тим вище загальний коефіцієнт погодження експертів K_E .

Визначення загального коефіцієнту погодження експертів:

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \quad (3.6)$$

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (3.7)$$

де n – кількість питань в анкеті; m_i – кількість оцінок по i -ому питанню в кожному з вирівняних рядів.

Результати експертної оцінки та результати розрахунків, в яких використовували дані оцінювання наведені в табл. 3.7

Таблиця 3.7

Результат експертної оцінки пріоритетних показників

К-ть експертів	Робоча поверхня, мм ² :			Потужність лазера, Вт:			Швидкість різання, мм/с:			Споживана потужність, кВт:			Ціна, грн:		
	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$	X_i	$X_c - X_i$	$(X_c - X_i)^2$
1	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	5	-1,57	2,47	2	0,29	0,08
2	2	2,57	6,61	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	3	0,43	0,18	5	-2,71	7,37
3	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	3	0,43	0,18	1	1,29	1,65
4	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	2	1,43	2,04	2	0,29	0,08
5	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	3	0,43	0,18	1	1,29	1,65
6	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	3	0,43	0,18	2	0,29	0,08
7	5	-0,43	0,18	4	0,00	0,00	4	0,00	0,00	5	-1,57	2,47	3	-0,71	0,51
Середнє значення бачу	4,57			4,00			4,00			3,43			2,29		
Середнє квадратичне відхилення			1,29			0,00			0,00			1,29			1,90
Коєф. варіації/100%			0,28			0,00			0,00			0,38			0,83
Кексп.1			0,72		Кексп.2	1,00		Кексп.3	1,00		Кексп.4	0,63		Кексп.5	0,17
Кексп									0,50						

НУБІП України

НУБІП України

3.4. Метод розставляння пріоритетів

Суть методу розставляння пріоритетів полягає в попарному якісному порівнянні конкуруючих об'єктів (один кращий за іншого, або гірший, або рівноцінний за якоюсь властивістю іншому) з подальшим переходом на кількісні оцінки з використанням конкретних значень показників властивостей конкурентів, а за їх відсутності – експертних оцінок. Порівняння проводять в матричній формі (за допомогою знаків $>$, $<$, $=$), що дозволяє в подальшому за відповідної математичної обробки отримати кількісні значення пріоритетів рішень конкуруючих рішень (об'єктів) по кожній властивості окремо і за комплексом показників (ознак). Характеристики наведені в табл. 3.6.

Для якісного порівняння i -тих об'єктів будуть квадратні матриці бінарних відношень з розміром $n \times n$ (в одній матриці порівнюють i -ті об'єкти, i -тий об'єкт рядка з i -тим об'єктом стовпця), співвідношення об'єктів виражають символами краще $>$, дорівнює $=$, гірше $<$. Таких матриць буде стільки, скільки прийнято показників для оцінки об'єктів, тобто m . Потім таким же чином порівнюють самі показники по їх пріоритетності (вагомості) в оцінці об'єктів, для цього будуть матрицю $m \times m$ (табл. 3.8-3.12).

Таблиця 3.8

Матриця порівняння обладнання за робочою поверхнею

		A1	A2	A3	A4	A5	K	w
		1,26	3,75	1,6	4,5	12,4	2,5	0,51
A1	1,26	=	<	<	<	<		
A2	3,75	>	=	>	<	<00		
A3	1,6	>	<	=	<	<		
A4	4,5	>	>	>	=	<		
A5	12,4	>	>	>	>	=		

Для обробки заготовок, робоча поверхня є дуже значимим фактором, бо чим більша площа поверхні, тим більше заготовок чи заготовку більшого периметру на ній можна розмістити, що зменшує потребу в переставлянні заготовок, а цим зменшую час на їх обробку.

Для переходу до кількісних оцінок на основі відомої інформації або за допомогою бальної експертної оцінки – табл. 3.9, по кожному показнику визначають у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого:

$$K_j = \frac{X_{ij\max}}{X_{ij\min}} \quad (3.8)$$

де $X_{ij\max}$ – максимальна оцінка i -того об'єкта по j -му показнику, $X_{ij\min}$ – мінімальна оцінка i -того об'єкта по j -му показнику. Наведемо приклад розрахунку порівняння за робочою поверхнею (табл.2.3).

$$K_j = 5/2 = 2,5$$

За знайденим коефіцієнтом K_j визначають коефіцієнт ω_j , а потім члени a_{ij} матриць суміжності A_j , що заміняють матриці бінарних відношень. Коефіцієнт ω дорівнює:

$$\omega_j = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right) \beta_v, \quad (3.9)$$

Для першої ітерації:

$$\beta_v = 1$$

$$\omega = \left(\frac{2,5-1}{2,5+1} + \sqrt{\frac{0,05}{5}} \right) = 0,51$$

Аналогічно для кожної порівняльної матриці наступних показників розраховуються дані коефіцієнти.

НУБІП України

Таблиця 3.9
Матриця порівняння обладнання за потужністю лазера

		A1	A2	A3	A4	A5	K	w
		150	180	130	1500	260	4	0,68
A1	150	=	<	>				
A2	180	>	=	>	<	<		
A3	130	<	<	=	<	<		
A4	1500	>	>	>	=	>		
A5	260	>	>	>	<	=		

Потужність лазера не можна сказати, що є найвагомішим фактором, але більша потужність дає змогу варіювати режими обробки заготовки.

НУБІП України

Таблиця 3.10
Матриця порівняння обладнання за швидкістю різання

		A1	A2	A3	A4	A5	K	w
		400	400	500	1500	200	4	0,68
A1	400	=	=	<	>	>		
A2	400	=	=	<	>	>		
A3	500	>	>	=	<	>		
A4	1500	>	>	>	=	>		
A5	200	<	<	<	<	=		

Швидкість різання є одним із найгодовніших факторів при виборі обладнання. Чим вища швидкість обробки заготовки, тим більша продуктивність.

НУБІП України

Таблиця 3.11
Матриця порівняння обладнання за споживною потужністю

		A1	A2	A3	A4	A5	K	w
		2,2	2,2	2,0	10,0	2,0	3,4	0,63
A1	2,2	=	=	<	>	<		
A2	2,2	=	=	<	>	<		
A3	2,0	>	>	=	>	=		
A4	10,0	<	<	<	=	<		
A5	2,0	>	>	=	>	=		

Споживна потужність – це фактор, що знижує прибуток, тому чим вона нижча, тим більше раціональним в плані витрат є верстат.

Таблиця 3.12

Матриця порівняння обладнання за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5	K	w
	170,8	252,0	218,3	1998,0	409,3		
A1	170,8	=	>	>	>	2,3	0,48
A2	252,0	<	=	<	>		
A3	218,3	<	>	=	>		
A4	1998,0	<	<	<	=		
A5	409,3	<	<	<	=		

Ціна – це також ключовий фактор в виборі обладнання. Тому чим вона менша, тим більш пріоритетним є верстат.

Для переходу до кількісних значень та члени a_{ij} матриць суміжності $A_j = ||$

$a_{ij} ||$ визначають наступним чином:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1+\omega & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1-\omega & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \end{cases} \quad (3.10)$$

Далі наведено матриці переходу до кількісних значень по кожному з показників (табл. 3.13–3.17). На прикладі матриці порівняння за робочою поверхнею розраховано (табл. 3.13)

$A_2 > A_1$ ($1,26 < 3,75$), тому $a_{ij} = 1 - 0,51 = 0,49$.

Таблиця 3.13

Матриця порівняння обладнання за робочою поверхнею

	A1	A2	A3	A4	A5
	1,26	3,75	1,6	4,5	12,4
A1	1,26	1	0,49	0,49	0,49
A2	3,75	1,51	1	1,51	0,49
A3	1,6	1,51	0,49	1	0,49
A4	4,5	1,51	1,51	1	0,49

A5	12,4	1,51	1,51	1,51	1,51	1
----	------	------	------	------	------	---

Таблиця 3.14

Матриця порівняння обладнання за потужністю лазера

		A1	A2	A3	A4	A5
		150	180	130	1500	260
A1	150	1	0,32	1,68	0,32	0,32
A2	180	1,68	1	1,68	0,32	0,32
A3	130	0,32	0,32	1	0,32	0,32
A4	1500	1,68	1,68	1,68	1	1,68
A5	260	1,68	1,68	1,68	0,32	1

Таблиця 3.15

Матриця порівняння обладнання за швидкістю різання

		A1	A2	A3	A4	A5
		400	400	500	1500	200
A1	400	1	1	0,32	0,32	1,68
A2	400	1	1	0,32	0,32	1,68
A3	500	1,68	1,68	1	0,32	1,68
A4	1500	1,68	1,68	1,68	1	1,68
A5	200	0,32	0,32	0,32	0,32	1

Таблиця 3.16

Матриця порівняння обладнання за споживаною потужністю

		A1	A2	A3	A4	A5
		2.2	2.2	2.0	10.0	2.0
A1	2,2	1	1	0,37	1,63	0,37
A2	2,2	1	1	0,37	1,63	0,37
A3	2,0	1,63	1,63	1	1,63	1
A4	10,0	0,37	0,37	0,37	1	0,37
A5	2,0	1,63	1,63	1	1,63	1

Таблиця 3.17

Матриця порівняння обладнання за ціною

		A1	A2	A3	A4	A5
		170.8	252.0	218.3	1998.0	409.3
A1	170,8	1	1,48	1,48	1,48	1,48
A2	252,0	0,52	1	0,52	1,48	1,48
A3	218,3	0,52	1,48	1	1,48	1,48

За допомогою матриць переходу до кількісних значень, для кожної характеристики складено матрицю суміжності, використовуючи знайдені значення (табл. 3.18–3.22).

Таблиця 3.18

Матриця суміжності за робочою поверхнею

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
A1	1	0,49	0,49	0,49	0,49	2,96	0,12	13,7596	0,12	63,16944	0,12
A2	1,51	1	1,51	0,49	0,49	5	0,20	21,8788	0,19	98,99	0,19
A3	1,51	0,49	1	0,49	0,49	3,98	0,16	17,299	0,15	79,00932	0,15
A4	1,51	1,51	1,51	1	0,49	6,02	0,24	27,499	0,24	124,1727	0,24
A5	1,51	1,51	1,51	1,51	1	7,04	0,28	34,1596	0,30	156,6186	0,30
						25	1	114,596	1,00	520,96	1,00

Для підвищення точності розрахунків після першого розрахунку пріоритету – P1* проводять дві ітерації – визначають P2* і P3* , що дає можливість поступово наблизитися до правильного результату.

Таблиця 3.19

Матриця суміжності за потужністю лазера

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
A1	1	0,32	1,68	0,32	0,32	3,64	0,15	13,576	0,13	56,3015	0,13
A2	1,68	1	1,68	0,32	0,32	5	0,20	19,4512	0,18	78,76	0,18
A3	0,32	0,32	1	0,32	0,32	2,28	0,09	9,5504	0,09	40,57555	0,09
A4	1,68	1,68	1,68	1	1,68	7,72	0,31	36,7504	0,35	153,9364	0,35
A5	1,68	1,68	1,68	0,32	1	6,36	0,25	27,176	0,26	110,4665	0,25
						25	1	106,504	1,00	440,04	1,00

Таблиця 3.20

Матриця суміжності за швидкістю різання

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
A1	1	1	0,32	0,32	1,68	4,32	0,17	16,976	0,16	70,45312	0,16
A2	1	1	0,32	0,32	1,68	4,32	0,17	16,976	0,16	70,45312	0,16
A3	1,68	1,68	1	0,32	1,68	6,36	0,25	27,176	0,25	112,0202	0,25
A4	1,68	1,68	1,68	1	1,68	7,72	0,31	36,7504	0,34	155,4901	0,35

A5	0,32	0,32	0,32	0,32	1	2,28	0,09	9,5504	0,09	40,87149	0,09
						25	1	107,4288	1,00	449,288	1,00

Таблиця 3.21

Матриця суміжності за споживаною потужністю

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
A1	1	1	0,37	1,63	0,37	4,37	0,17	17,881	0,16	77,11698	0,16
A2	1	1	0,37	1,63	0,37	4,37	0,17	17,881	0,16	77,11698	0,16
A3	1,63	1,63	1	1,63	1	6,89	0,28	32,0686	0,29	140,0535	0,29
A4	0,37	0,37	0,37	1	0,37	2,48	0,10	10,8124	0,10	47,7751	0,10
A5	1,63	1,63	1	1,63	1	6,89	0,28	32,0686	0,29	140,0535	0,29
						25	1	110,7116	1,00	482,116	1,00

Таблиця 3.22

Матриця суміжності за ціною

	A1	A2	A3	A4	A5	P1	P1*	P2	P2*	P3	P3*
A1	1	1,48	1,48	1,48	1,48	6,92	0,28	33,6784	0,29	155,1947	0,29
A2	0,52	1	0,52	1,48	1,48	5	0,20	22,2352	0,19	101,96	0,19
A3	0,52	1,48	1	1,48	1,48	5,96	0,24	27,496	0,24	125,831	0,24
A4	0,52	0,52	0,52	1	0,52	3,08	0,12	14,4784	0,13	67,15731	0,13
A5	0,52	0,52	0,52	1,48	1	4,04	0,16	17,896	0,15	82,69702	0,16
						25	1,00	115,784	1,00	532,84	1,00

Знаючи кількісне значення вагомості показника (середнє значення оцінки експертів), виконують розрахунки аналогічні визначенню пріоритетів одиничних показників. Будують квадратну матрицю бінарних відношень (табл.3.23).

По формулах знаходять значення коефіцієнту K_j і коефіцієнту переваги ω_j , потім будують матрицю суміжності (табл.3.24), попередньо змінивши символи краще $>$, дорівнює $=$, гірше $<$ на числові значення за формулою 3.10.

Отриманий за результатами розрахунків (табл. 3.7) коефіцієнт узгодженості експертів знаходиться у межах $0,5 < K_E < 1$, тому думка експертів

вважається узгодженою. Це дає можливість побудувати матрицю бінарних відношень вагомості показників – табл. 3.23.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.23

Матриця порівняння за середніми значенням

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	w
		4,57	4	4	3,43	2,29	2,00	0,43
Y1	4,57	=	>	>	>	>		
Y2	4	<	=	=	>	>		
Y3	4	<	=	=	>	>		
Y4	3,43	<	<	<	=	=		
Y5	2,29	<	<	<	<	<		

Далі переходимо до кількісних значень, та визначаємо показники P1, P1*,

P2, P2*, аналогічно попередній методиці.

Таблиця 3.24

Матриця бінарних відношень

	Y1=4,57	Y2=4	Y3=4	Y4=3,43	Y5=2,29	P1	P1*	P2	P2*
Y1=4,57	1	1,43	1,43	1,43	1,43	6,72	0,27	32,8604	0,279
Y2=4	0,57	1	1	1,43	1,43	5,43	0,22	25,301	0,214
Y3=4	0,57	1	1	1,43	1,43	5,43	0,22	25,301	0,214
Y4=3,43	0,57	0,57	0,57	1	1,43	4,14	0,17	18,851	0,160
Y5=2,29	0,57	0,57	0,57	0,57	1	3,28	0,13	15,6604	0,133
	25	1,00	17,9738	1,00					

Знаючи пріоритети обладнання по одиничних показниках і пріоритети показників, будують підсумкову матрицю для розрахунку комплексного пріоритету обладнання (табл. 3.25), який проводять за аналогією розрахунку пріоритету для кожного верстата.

Таблиця 3.25

Підсумкова матриця

НУБІП УКРАЇНИ

Матеріал	Пріоритет обладнання по підсумкових показниках					Пріоритет показника по матриці бінарних відношень		Комплексний пріоритет матеріалів
	1	2	3	4	5	Номер	Значення	
MTech L1490	0,12	0,13	0,16	0,16	0,29	1	0,279	0,1589

Продовження таблиці 3.25

Матеріал	Пріоритет обладнання по підсумкових показниках					Пріоритет показника по матриці бінарних відношень		Комплексний пріоритет матеріалів
	1	2	3	4	5	Номер	Значення	
MTech L2515	0,19	0,18	0,16	0,16	0,19	2	0,214	0,18
LS-1610	0,15	0,09	0,25	0,29	0,24	3	0,214	0,1938
Tesla Weld 3150RA	0,24	0,35	0,35	0,10	0,13	4	0,160	0,25
ADP 2060	0,30	0,25	0,09	0,29	0,16	5	0,133	0,22

Виходячи з розрахунків в табл. 3.25, видно, що за даним методом максимальний комплексний пріоритет має лазерний верстат LS-1610.

3.5. Метод аналізу ієрархій. Обґрунтування вибору верстату

Метод аналізу ієрархій (MAI) було розроблено у 70-80 роки минулого століття американським вченим Томасом Сааті як метод порівняльного аналізу та ранжування об'єктів, що характеризуються наборами критеріїв і показників, кількісних і якісних.

MAI – це математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень. Він не диктує особі, що приймає рішення, прийняття

будь-якого «правильного» рішення, а дозволяє знайти в інтерактивному режимі такий варіант (альтернативу), який найкращим чином узгоджується з розумінням суті проблеми та вимогами до її вирішення.

За допомогою даного методу спочатку будуюмо якісну модель проблеми вигляді ієрархії, що включає мету альтернативні варіанти досягнення цілі та критерії для оцінки якості альтернатив.

Мета: Визначення пріоритетного обладнання з ЧПУ для обробки деревини.

Критерії:

- Робоча поверхня
- Потужність лазера
- Швидкість різання
- Споживна потужність
- Ціна

Альтернативи:

- MTech L1490
- MTech L2515
- LS-1610
- Tesla Weld 3150RA
- ADP 2060

Першим етапом позначено альтернативи та критерії скороченими назвами – табл. 3.26.

Таблиця 3.26

Характеристика критеріїв та альтернатив

№	Критерії	№	Альтернативи
Kp1	Робоча поверхня	A1	MTech L1490

Кр2	Потужність лазера	A2	MTech L2515
Кр3	Швидкість різання	A3	LS-1610
Кр4	Споживна потужність	A4	Tesla Weld 3150RA
Кр5	Ціна	A5	ADP 2060

Далі рішення завдання здійснюється шляхом заповнення матриць парних порівнянь (МПП). Для заповнення МПП використовують шкалу Сааті. [7]

Для побудови шкали пріоритетів (переваг), одержуваної при експертном висловлюванні суджень про міру відмінності між порівнюваними об'єктами в

МАІ застосовується метод парних порівнянь. Якщо для порівняння вибрано N (A_1, A_2, \dots, A_n) об'єктів, то результати порівнянь заносяться в квадратну n -мірну матрицю виду:

Елементом цієї матриці a_{ij} є міра переваги об'єкта A_i в порівнянні з об'єктом A_j . Таким чином, i -й рядок матриці показує міру переваги i -го об'єкта над іншими $(n-1)$ об'єктами і над самим собою. Міра переваги виражається експертом в шкалі Сааті і приймає значення від 1 до 9, якщо об'єкт A_i краще (більш важливий), ніж об'єкт A_j . У разі, коли $i=j$, міра переваги дорівнює 1, тобто діагональні елементи матриці парних порівнянь завжди рівні 1. Слід враховувати, що для матриці парних порівнянь виконується наступна умова:

Це означає, що якщо за шкалою Сааті об'єкт A_i краще об'єкта A_j і цей захід переваги дорівнює a_{ij} (наприклад $a_{ij}=5$), то міра переваги a_{ji} об'єкта в порівнянні з об'єктом A_i – величина зворотна a_{ij} (тобто $a_{ji}=1/5$). Таким чином, експертом заповнюється тільки верхня наддіагональна частина матриці парних порівнянь.

[8]

Формула визначення середнього геометричного значення елементів матриці:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) = (a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{in})^{1/n}, \quad (3.11)$$

де i - номер рядка матриці; s - кількість елементів в i -му рядку матриці;

$$a_{i1} = w_1/w_1; a_{i2} = w_1/w_2; \dots; a_{is} = w_1/w_s \quad (3.12)$$

Наступним етапом буде визначення локального пріоритету:

$$LPr_n = \frac{\left[\left(\frac{w_n}{w_1}\right) \cdot \left(\frac{w_n}{w_2}\right) \cdot \dots \cdot \left(\frac{w_n}{w_n}\right)\right]^{1/n}}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} \quad (3.13)$$

Наведено приклад розрахунку локального пріоритету для щільності:

Сума геометричних значень наведена в табл. 3.27 та дорівнює 6,489.

Таблиця 3.27

Матриця парних порівнянь відносно мети

Критерії		Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G	Lпр
Робоча поверхня	Кр1	1	3	1/2	3/4	3/7	0,864	0,143
Потужність лазера	Кр2	1/3	1	1/6	1/4	1/7	0,288	0,048
Швидкість різання	Кр3	2	6	1	1 1/2	6/7	1,728	0,286
Споживна потужність	Кр4	1 1/3	4	2/3	1	4/7	1,152	0,190
Ціна	Кр5	2 1/3	7	1 1/6	1 3/4	1	2,017	0,333
	Сума						6,050	1,000

При заповненні матриці парних порівнянь щодо мети, потрібно керуватись

тим, що головними аспектами при виборі обладнання для нашої визначеної цілі

є робоча поверхня, швидкість різання та ціна, менш важливим є споживна

потужність і найнезначнішим аспектом є потужність лазера, тому виставляючи

оцінки керувались саме цим.

Таблиця 3.28

Матриця парних порівнянь альтернатив відносно до критерію «Робоча поверхня»

Альтернативи		A1	A2	A3	A4	A5	G	Lпр
MTech L1490	A1	1	1/5	1/2	1/7	1/9	0,276	0,037

Mtech L2515	A2	5	1	2 1/2	5/7	2/9	1,147	0,155
LS-1610	A3	2	2/5	1	1/3	1/9	0,495	0,067
Tesla Weld 3150RA	A4	7	1 2/5	3	1	4/9	1,672	0,225
ADP 2060	A5	9	4 1/2	9	2 1/4	1	3,826	0,516
Сума							7,415	1,000
Lam=5,01 CI=0,002 CR=0,002								

Найбільшу робочу поверхню має ADP 2060, тому його перевага над іншими верстатами є доволі суттєвою, наступним є Tesla та трохи з меншим показником Mtech L2515, найнижчі показники ж мають Mtech L1490 та LS-1610.

Таблиця 3.29

Матриця парних порівнянь альтернатив відносно до критерію

«Потужність лазера»

Альтернативи	A1	A2	A3	A4	A5	G	Uпр	
Mtech L1490	A1	1	1	1	1	1,000	0,200	
Mtech L2515	A2	1	1	1	1	1,000	0,200	
LS-1610	A3	1	1	1	1	1,000	0,200	
Tesla Weld 3150RA	A4	1	1	1	1	1,000	0,200	
ADP 2060	A5	1	1	1	1	1,000	0,200	
Сума						5,000	1,000	
Lam=5,00 CI=0,00 CR=0,00								

Потужність лазера є дуже незначним показником в нашому виборі, тому й матриця має рівні показники по кожному з верстатів.

Таблиця 3.30

Матриця парних порівнянь альтернатив відносно до критерію «Швидкість різання»

Альтернативи	A1	A2	A3	A4	A5	G	Лпр	
Mtech L1490	A1	1	1	4/5	4/7	4	1,128	0,190
Mtech L2515	A2	1	1	4/5	4/7	4	1,128	0,190
LS-1610	A3	1 1/4	1 1/4	1	5/7	5	1,410	0,238

Продовження таблиці 3.30

Альтернативи	A1	A2	A3	A4	A5	G	Лпр	
Tesla Weld 3150RA	A4	1 3/4	1 3/4	1 2/5	1	7	1,975	0,333
ADP 2060	A5	1/4	1/4	1/5	1/7	1	0,282	0,048
Сума						5,924	1,000	

$$\lambda_{\max}=5,00 \quad CI=0,00 \quad CR=0,00$$

Швидкість різання є одним з найважливіших аспектів тому Tesla Weld має найвищі показники переваги над іншими верстатами, інші ж верстати мають майже однакові показник, тільки ADP 2060 є аутсайдером в цьому показнику.

Таблиця 3.31

Матриця парних порівнянь альтернатив відносно до критерію «Споживана потужність»

Альтернативи	A1	A2	A3	A4	A5	G	Лпр	
Mtech L1490	A1	1	1	6/7	6	6/7	1,345	0,222
Mtech L2515	A2	1	1	6/7	6	6/7	1,345	0,222
LS-1610	A3	1 1/6	1 1/6	1	7	1	1,570	0,259

Tesla Weld 3150RA	A4	1/5	1/6	1/7	1	1/7	0,224	0,037
ADP 2060	A5	1 1/6	1 1/6	1	7	1	4,570	0,259
Сума							6,054	1,000
$\lambda_{am}=5,00 \quad CI=0,00 \quad CR=0,00$								

Споживна потужність є важливим показником, але майже для всі верстати приблизно рівні по цьому показнику, тільки Tesla Weld має дуже високий показник, що ставить його нижче від всіх верстатів по показнику переваги.

Таблиця 3.32

Матриця парних порівнянь альтернатив відносно до критерію «Ціна»

Альтернативи	A1	A2	A3	A4	A5	G	Лпр	
Mtech L1490	A1	1	1 1/3	1 1/7	8	2 1/4	1,939	0,314
Mtech L2515	A2	3/4	1	6/7	6	1 1/2	1,421	0,230
LS-1610	A3	7/8	1 1/6	1	7	1 3/4	1,657	0,268
Tesla Weld 3150RA	A4	1/8	1/6	1/7	1	1/4	0,237	0,038
ADP 2060	A5	4/9	2/3	4/7	4	1	0,925	0,150
Сума						6,179	1,000	
$\lambda_{am}=5,00 \quad CI=0,00 \quad CR=0,00$								

Наступний крок - це визначення глобального пріоритету, для цього наведено матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив кожного з критеріїв.

Ціна є одним з найбільш вагомим показників при виборі верстата, тому Tesla Weld з дуже високою ціною та ADP 2060 з трохи вищою ніж у інших верстатів ціною мають найгірші показники переваги, найбільшу ж перевагу має MTech L1490 з найнижчим показником ціни.

Таблиця 3.33

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив кожного з критеріїв

Альтернативи	Критерії					Глобальні пріоритети
	Робоча поверхня	Потужність лазера	Швидкість різання	Споживана потужність	Ціна	
	Числове значення вектора пріоритету					
	0,143	0,048	0,286	0,190	0,333	
Mtech L1490	0,12	0,20	0,19	0,22	0,31	0,2256
Mtech L2515	0,18	0,20	0,19	0,22	0,28	0,2084
LS-1610	0,12	0,20	0,24	0,26	0,27	0,2335
Tesla Weld 3150RA	0,24	0,20	0,33	0,04	0,04	0,1583
ADP 2060	0,35	0,20	0,05	0,26	0,15	0,1742

Визначення глобального пріоритету розраховується за формулою:

$$Глпр_1 = (Лпр_{шт} * Лпр_{1.1}) + (Лпр_{шт} * Лпр_{1.2}) * (Лпр_{шт} * Лпр_{1.3}) \dots + (Лпр_{шт} * Лпр_{1.n}) \dots$$

$$Глпр_n = (Лпр_{шт} * Лпр_{n.1}) + (Лпр_{шт} * Лпр_{n.2}) * (Лпр_{шт} * Лпр_{n.3}) \dots + (Лпр_{шт} * Лпр_{n.n})$$

Аналогічно проведено розрахунки для інших матеріалів та занесимо результати до табл. 3.33.

Виходячи з розрахунку, видно що альтернатива АЗ має найбільше значення глобального пріоритету, тому LS-1610 є найкращим лазерним верстатом для досягнення даної мети, за даним методом визначення.

Порівнюючи данні варіанти обладнання, а саме лазерні верстати з ЧПУ, знайдено найкраще рішення по принципу ціна – якість. Найголовнішими факторами в виборі верстату поставали швидкість обробки, споживна потужність, ціна та трохи робоча поверхня. За методом експертних оцінок, а потім врахувавши з нього данні по методу розставляння пріоритетів, дійшли висновку що найкращий верстат для наших цілей це MTech L1490.

Але за методом аналізу ієрархій, отримано найкращий результат у LS-1610, оскільки він за свою цінову політику має дещо вищу швидкість ніж в середньому

мають представлені верстати та має одну з найнижчих споживних потужностей, що також позитивно відображається на грошових затратах на нього.

Взято до уваги результати порівняння верстатів, було обрано верстат MTech L1490 для виконання поставленої задачі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ
З ЧИТУ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНО-
КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1. Аналіз доцільності виготовлення меблевих виробів з фанери

Фанера – універсальний будівельний матеріал. Він виготовлений з тонких шарів деревини, які склеюються під впливом тепла та тиску. Його можна використовувати різними способами, в тому числі для обробки меблів, дверей шаф, стільниць і стінових панелей. Фанера – це різновид інженерної деревини, яка широко використовується в будівництві. Його можна легко різати, шліфувати та фарбувати. Але, як і всі матеріали, він має свої переваги та недоліки. Існує багато видів фанери, доступних для різних цілей. Важливо знати різницю між ними і те, який з них ви повинні використовувати в кожному додатку. Ось деякі переваги та недоліки фанери.

Розглянемо основні переваги фанери, як конструкційного матеріалу:

- **Вартість:** найважливішою перевагою фанери є її низька вартість порівняно з іншими будівельними матеріалами. Масивні пиломатеріали коштують дуже дорого. Крім того, потрібно багато зусиль, щоб зробити дерев'яні шви для створення широких дошок з цільного дерева. Фанера, з іншого боку, може бути виготовлена будь-якого потрібного нам розміру, оскільки це штучна деревина. Коли справа доходить до підлогових покриттів, тільки ламіновані підлоги перевершують фанеру за ціною, коли мова йде про дерев'яну підлогу. Більшість інших виробів, зокрема листяних порід, черепиці та бамбука, коштують дорожче, ніж фанера.

- **Легка вага:** фанера має високе співвідношення міцності до ваги, що означає, що вона відносно легка, але в той же час міцна. Це полегшує

транспортування в порівнянні з твердою деревиною або іншими матеріалами, такими як сталь.

- Простота в роботі: можливо легко розрізати фанеру до потрібного розміру при складанні меблів або шаф. Монтаж фанери не вимагає ніякої ракетобудівної техніки. Розрізати фанеру на шматки, відполірувати їх, покласти на землю, прикрутити або використати клей, щоб утримати їх на місці, і пофарбувати або відполірувати.

- Також легко ремонтувати фанерні меблі. Якщо частина фанери прийшла в непридатність, можна без особливих зусиль видалити її і замінити новою.

- Може використовуватися в різних умовах: завдяки низькому стисненню і розширенню фанерні плити можна використовувати як в холодних, так і в гарячих умовах. Він також нелегко ламається в результаті змін навколишнього середовища.

- Крім того, вона більш водонепроникна, ніж конкуренти, такі як дуб або інша дешева деревина. І це тому, що поверхні деревини щільно притиснуті один до одного, не дозволяючи волозі вбиратися ніде, крім країв.

- Хороша обробка: існує багато способів покращити зовнішній вигляд і текстуру фанери. Фарбування, шліфування, лакування, обпалювання – це все покращить і зовнішній вигляд, і експлуатаційні якості фанери.

Крім переваг, фанера має і ряд недоліків.

Це не дуже довговічно: фанера – крихкий матеріал. При встановленні на поверхню вона стає міцнішою, але все ще не вистачає тривалої міцності, наприклад, листяних порід і бамбука.

Вона м'яка: у порівнянні з іншими дорогими породами дерева. Через свою м'якість вона надзвичайно сприйнятлива до подряпин та інших видів зносу. Якщо

впустити щось гостре на фанеру, це майже завжди залишить непривабливу вм'ятину.

Не має можливості багато чого зробити, щоб підвищити стійкість фанери до більшості подряпин та пошкоджень від гострих предметів.

Низька вартість перепродажу: на відміну від меблів з дорогого дерева, вироби з фанери мають дуже низьку вартість перепродажу. Через свої недоліки фанера в деяких обставинах може бути неприйнятною в якості підлогового покриття. Як результат, заміна її традиційними підлоговими матеріалами, такими як ламінована підлога або підлога з твердих порід дерева, може стати перешкодою для перепродажу вашого будинку.

Інші недоліки включають той факт, що вона не дуже стійка до стиснення або ударних навантажень.

Незважаючи на ці недоліки, фанера все ще є фантастичним будівельним матеріалом і чудовою заміною дорогої масивної деревини.

4.2. Технічний опис запропонованого виробу

Полиця має 4 рівні, складається з 4 стійок, що з'єднані поперечками, а внизу двома ніжками, ця конструкція і є основою полиці. До поперечок кріпляться полиці та декоративні вставки.

Полиця цілком виконана з фанери, товщиною 16 мм. Бічні стінки, полиці, задні стінки полиці з'єднуються між собою за допомогою шипів розміром 4 мм та клею ПВА.

На рисунку 4.1 зображена вставка бокової рамки з 3-д наскрізним малюнком. В конструкції їх всього 10, по 5 на кожен бік.

Г
Г
Г
Г
Г

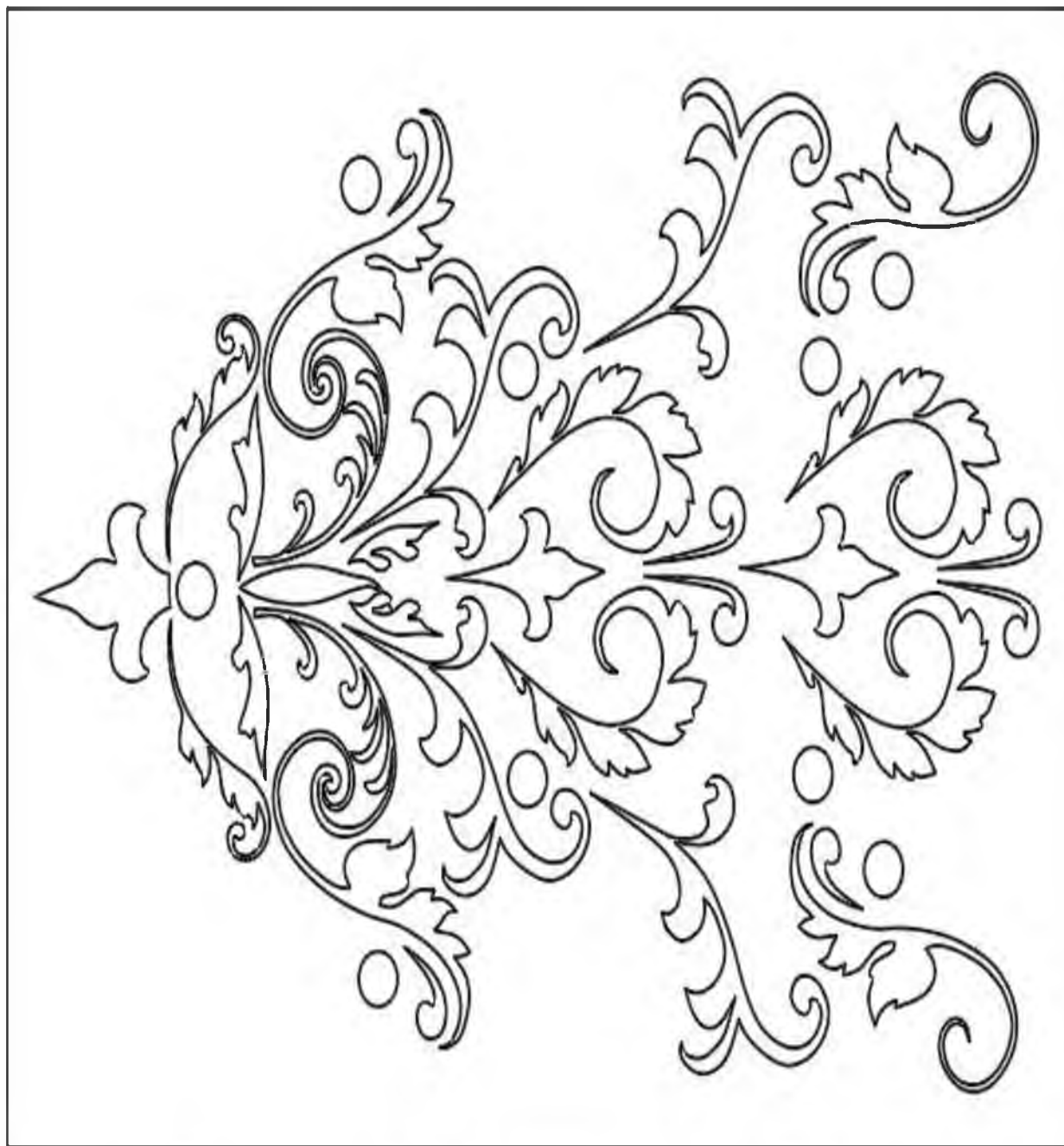


Рис. 4.1. Бічна вставка

На рисунку 4.2 зображений елемент задньої стінки, який кріпиться до стійок, також має наскрізний малюнок. В конструкції їх всього 4.

НУБІП України

НУБІП України

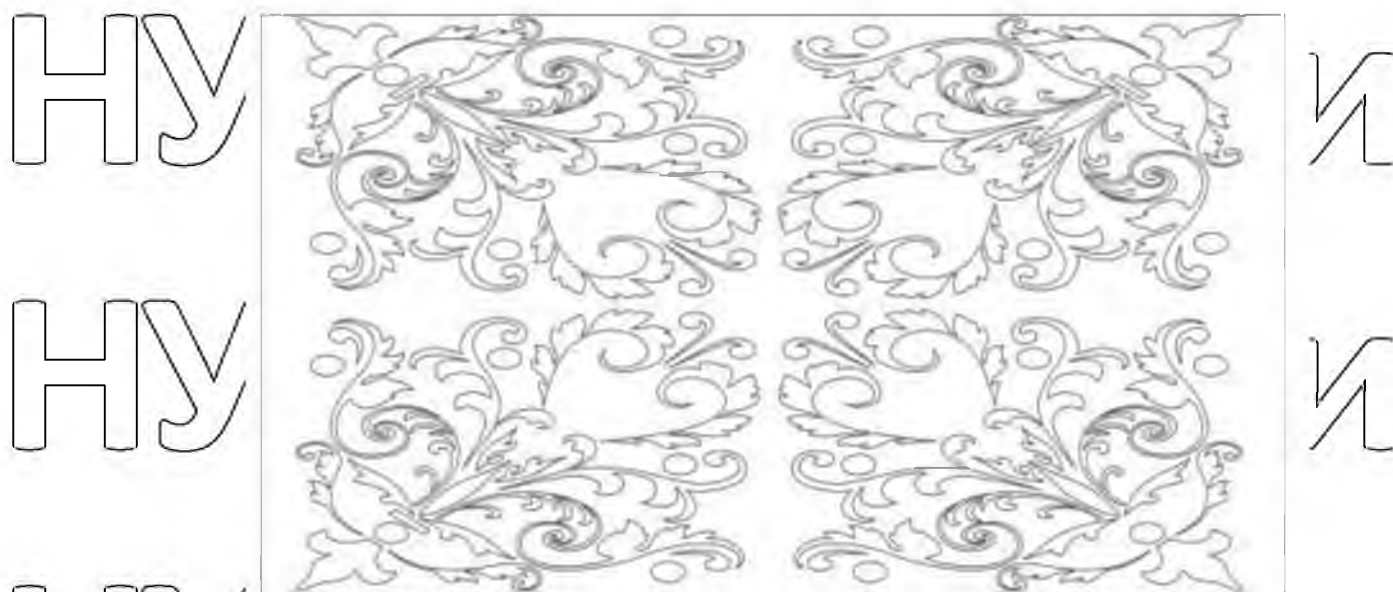


Рис. 4.2. Задня стінка

На Рис. 4.3. представлено загальний вигляд виробу



Рис. 4.3. Загальний вигляд запропонованої шафи

НУБІП Україна

4.3. Дослідження впливу режиму різання на швидкість виконання операції

Дослідження проводилися для визначення залежності швидкості отримання готової продукції, відносно налаштувань швидкості різання, потужності лазера та оптимізації ходу лазерної головки відносно заготовки.

При стандартних налаштуваннях різання задньої стінки, а це потужність 30% та швидкість різання 100 мм в секунду, ми отримуємо час різання 6 хвилин та 16 секунд, рис

4.4.

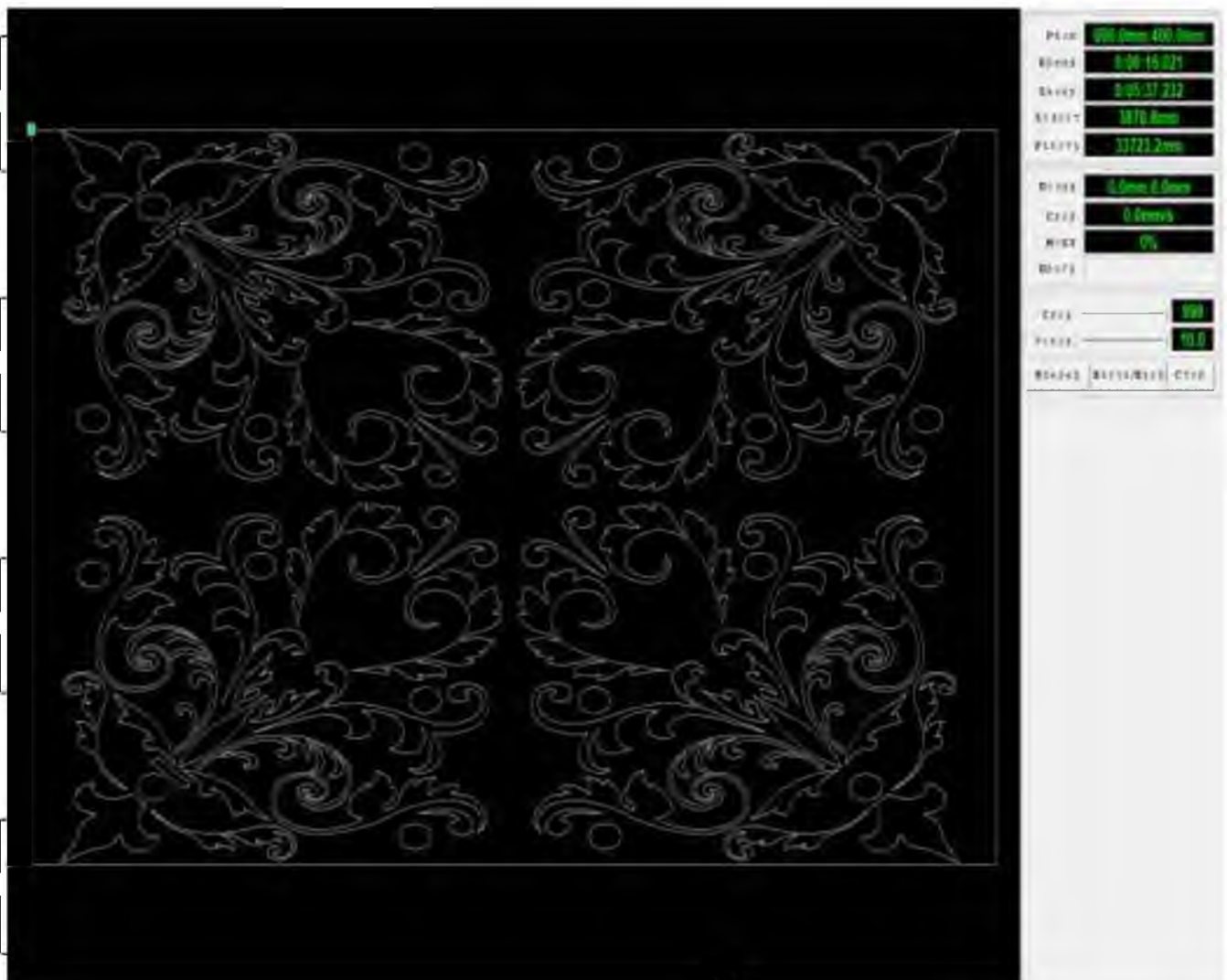


Рис. 4.4. Візуалізація програми різання задньої стінки лазером в програмі RDWorks

А використовуючи допустиму швидкість в 300 мм за секунду та потужність 85%, а також встановивши в ручному форматі напрямлення та почерговість різь, отримано час різь всього 1 хвилина та 34 секунди.

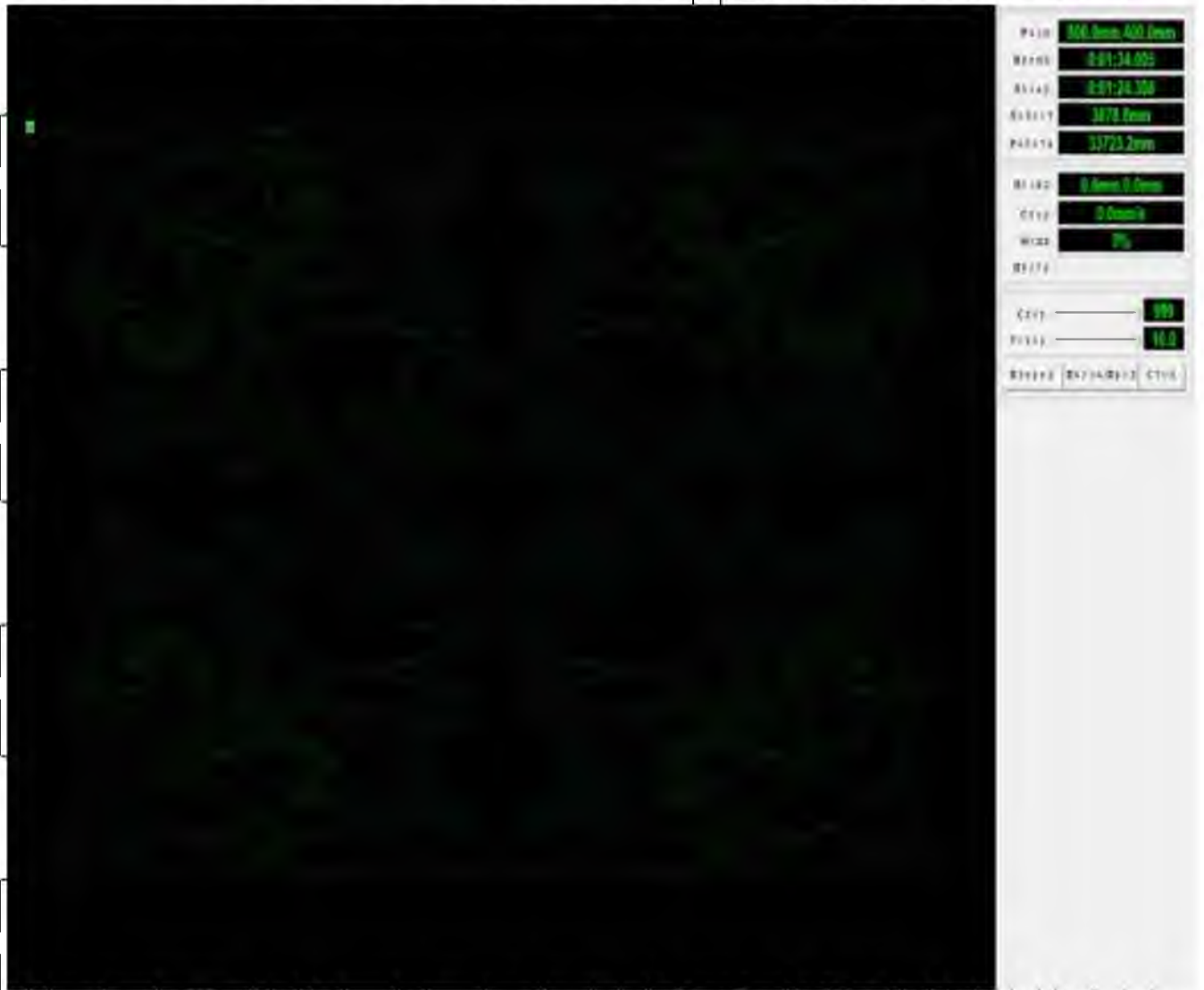


Рис. 4.5. Візуалізація налаштованої програми різь задньої стінки лазером в програмі RDWorks

Також при використанні стандартних налаштувань в 30% потужності та швидкості 100мм за секунду для різь бічної вставки отримано час в 2 хвилини рис 4.6.

НУБІП України



Рис. 4.7. Візуалізація налаштованої програми різки бічної вставки лазером в програмі RDWorks

Аналізуючи отримані під час досліджень дані, можна зробити висновок, що за умови правильного підбору режиму різання, а саме: використовуючи допустиму швидкість в 300 мм за секунду та потужність 85%, а також встановивши в ручному форматі напрямлення та почерговість різки отримаємо сумарний час на роботу лазера для вирізання всіх малюнків близько 10 хвилин.

4.4. Розрахунок необхідної кількості матеріалів для виготовлення запропонованого виробу

Для розрахунку кількості матеріалів, необхідних на виготовлення запропонованого виробу використано відому методику визначення норми витрати матеріалів. Результати розрахунків відображено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Визначення необхідної кількості матеріалів для виготовлення запропонованого виробу

Поз	Найменування деталі	Позначення деталі за специфікацією	Матеріал деталі	Кількість деталей на виріб	Розміри деталі, мм			Об'єм (V_d , m^3) або площа (F_d, m^2) однойм. деталей	Припуски, мм						
					довжина	ширина	товщина		за довжиною		за шириною		за товщиною h_d		
									Δl	оп	Δb	оп	Δh	оп	кл
n	l	b	h	$V(S, L)$	10	11	12								
1	Шафа		дуб												
2	Стінка	01.00.00	складальна одиниця	10	400	300	16	1,2	м2						
3	Основа	01.00.01	фанера	10	400	300	16	1,2	м3	14	оп	14	оп	0,1	кл
3	Малюнок	01.00.01	фанера	10	10531,5	1	16	0,105	м3	0,1	оп	0,1	оп	0,1	кл
4	Задня стінка	02.00.00	складальна одиниця	4	800	400	16	1,28	м2						
7	Основа	03.00.01	фанера	4	800	400	16	1,28	м3	14	оп	14	оп	0,1	кл
3	Малюнок	01.00.01	фанера	10	33723,2	1	16	0,337	м3	0,1	оп	0,1	оп	0,1	кл
6	Перегородка	03.00.00	складальна одиниця	10	400	16	16	0,00350	м3						
7	Основа	03.00.01	фанера	10	400	16	16	0,00350	м3	14	оп	14	оп	1,5	кл
8	Стійки	04.00.00	складальна одиниця	4	1640	16	16	0,00815	м3						
9	Основа	04.00.01	фанера	4	1640	16	16	0,00752	м3	14	оп	14	оп	1,5	кл
10	Полиці	05.00.00	складальна одиниця	4	800	400	16	0,01136	м3						
11	Основа	05.00.01	фанера	4	800	400	16	0,01136	м3	18	оп	18	оп	1,5	кл

12	МІЖКИ	06.00.00	складальна а одиниця	1	400	60	16	0,011 58	м3						
13	Основа	06.00.01	фанера	1	400	60	16	0,011 58	м3	18	оп	18	оп	1,5	кл

Продовження таблиці 4.1

Розміри заготовок, мм				Об'єм або площа однойменних заготовок	% техн. відходів заготово к	Об'єм або ... з врах.тех відходів		Сорт матеріалу	Корисни й вихід при розкрої	Норма витрат матеріалів на комплект деталей		Чистий вихід		
довжина , l _з	ширина , b _з	товщина , h _з ¹	товщина , h _з станд.			l _{зо} (S _з , L _{зо})	S _з			P	V _M (S _M , L _M)		η	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
												1		
												2		
414	314	16,1	18	0,02093	м3	1	0,021 14	м3	Середньозва жений	85	0,024 87	м3	4824,8	3
10531,6	1,1	16,1	18	0,00187	м3	1	0,001 88	м3		85	0,002 22	м3	4751,5	3
												4		
814	414	16,1	18	0,02170	м3	1	0,021 92	м3	Середньозва жений	85	0,025 79	м3	4963,1	7
33723,3	1,1	16,1	18	0,00597	м3	1	0,006 03	м3		85	0,007 10	м3	4751,5	3
												6		
414	30	17,5	18	0,00217	м3	1	0,002 20	м3	Сере дньо зваж ений	85	0,002 58	м3	135,5	7
												8		
1654	30	17,5	18	0,00347	м3	1	0,004	м3	Сере дньо зваж ений	85	0,004 13	м3	182,186 91	9
												10		
818	418	17,5	18	0,02393	м3	1	0,024	м3	Сере дньо зваж ений	85	0,028	м3	39,9	11

418	78	17,5	18	0,00057	м3	1	0,001	м3	Се ре дн ь зв аж	85	0,001	м3	1707,9	12 13
-----	----	------	----	---------	----	---	-------	----	---------------------------------	----	-------	----	--------	----------

ЧУБИГ УКРАЇНИ

ЧУБИГ УКРАЇНИ

ЧУБИГ УКРАЇНИ

ЧУБИГ УКРАЇНИ

ЧУБИГ УКРАЇНИ

Аналізуючи результати розрахунків, можна прийти до висновку, що використання лазера для різки фанери є дуже вигідним, так як при використанні лазера % технологічних відходів близький до нуля, а припуски становлять в середньому 0.1 – 0.2 мм, оскільки це є товщина лазерного різу.

Враховуючи отримані результати досліджень і розрахунків можна рекомендувати використання лазерних верстатів з ЧПУ для виготовлення меблевих виробів з деревино-композиційних матеріалів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано основні складові частини лазерних верстатів з ЧПУ та охарактеризовано принцип їх роботи. Проведено детальний аналіз різних видів лазерних верстатів з ЧПУ: CO₂-лазерний різак, кристалічний лазерний різак, волоконно-лазерний різак та визначено основні переваги лазерних верстатів в порівнянні з іншим обладнанням, що використовується для розкрою різних матеріалів. Встановлено, що лазерні верстати мають ряд беззаперечних переваг: дозволяє створювати більш складні конструкції і отвори розміром до 2 мм з високим ступенем точності; забезпечує більш чисті зрізи; діаметр лазера становить в середньому 0,03 мм (від 0,01 до 0,07 мм в залежності від фокусуєчої лінзи), тому з цими параметрами він здатний створювати найтонші надрізи і отвори, і з максимальною деталізацією відтворювати найскладніші контури заготовок або гравірувати зображення.

Проведено дослідження іновативних технологій в обробці матеріалів станками з ЧПУ. Встановлено, що верстати з ЧПУ відіграють дуже важливу роль у багатьох галузях промисловості, і вони швидко розвиваються та можуть бути рекомендовані для впровадження в процеси виготовлення меблевих виробів з деревини.

Під час виконання роботи запропоновано методику для вибору найбільш раціонального обладнання для виконання лазерної різки деревини, що оцінюються як за кількісними, так і за якісними показниками. Використано метод експертних оцінок, метод розставляння пріоритетів та метод аналізу ієрархій. На підставі проведених розрахунків зроблено вибір лазерного верстату з ЧПУ для виготовлення меблевих виробів з деревинно-композиційних матеріалів.

За допомогою сучасного програмного забезпечення розроблено конструкцію виробу для виготовлення обраним в роботі верстатом та проведено дослідження з вибору найбільш раціонального режиму різання для забезпечення максимальної

продуктивності обладнання за умови отримання виробу необхідного рівня якості.
Визначено необхідну кількість матеріалу для виготовлення запропонованого виробу.

На підставі результатів розрахунків та досліджень проведених під час виконання роботи, можна зробити висновок, що використання лазера для різки фанери є дуже вигідним, так як при використанні лазера % технологічних відходів близький до нуля, а припуски в районі 0,1 – 0,2 мм, бо це і є товщина лазерного різу. Отже запропонований спосіб виготовлення меблевих виробів може бути рекомендований для впровадження у виробництво.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цінчевська О. О., Головач В. М./ Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Інноваційні технології оброблення деревини». Київ : «Видавничий центр НУБІП України», 2021. 68 с.;

2. Лазерний верстат з ЧПУ : веб сайт. URL:

<https://mtech.com.ua/product/lazernyj-standok-mtech-11490/> (дата звернення 08.07.2022).

3. Лазерний верстат портального типу : веб сайт. URL:

<https://mtech.com.ua/product/lazernyj-standok-portalnogo-tipa-mtech-12515/> (дата звернення 08.07.2022).

4. Лазерний верстат : веб сайт. URL: <https://mtech.com.ua/production/94/> (дата звернення 08.07.2022)

5. Верстат лазерного різку : веб сайт. URL:

<https://www.instankoservis.ua/ls-1610/> (дата звернення 08.07.2022)

6. Верстат лазерного різку : веб сайт. URL: <https://teslaweld.com/standok-lazernoy-rezki-tesla-weld-3150ra> (дата звернення 08.07.2022)

7. Верстат плазмового різку з ЧПУ : веб сайт. URL: [https://dominant-](https://dominant-cnc.prom.ua/ua/p705766446-standok-plazmennoj-rezki.html)

[cnc.prom.ua/ua/p705766446-standok-plazmennoj-rezki.html](https://dominant-cnc.prom.ua/ua/p705766446-standok-plazmennoj-rezki.html) (дата звернення 08.07.2022)

8. Розділ «Виконання»// Таблиця 1. Шкала попарних порівнянь : веб сайт.

URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_аналізу_парних_п (дата звернення 10.08.2022)

9. Девід Г. Метод парних порівнянь./Пер. с англ. під ред. Ю. Адлера. - М.: Статистика, 1978.

10. Лазерні верстати до паперу картону : веб сайт. URL:

<https://mirstankov.com/uk/lazerni-verstati-po-papery-i-kartonu/> (дата звернення 10.08.2022)

11. Лазерне різання металу : веб сайт. URL:

<https://www.promstall.com.ua/ua/services/lazerna-vezka-metalu> (дата звернення 10.08.2022)

12. Плазмова порізка ЧПУ : веб сайт. URL:

<https://metall-holding.com.ua/ua/services/plazma-cutting> (дата звернення 10.08.2022)

13. Краще рішення для гідроабразивного різання металу : веб сайт. URL:

<https://svwaterjet.com/ru/water-jet-metal-cutter> (дата звернення 10.08.2022)

14. Меблі з фанери. Плюси та мінуси : веб сайт. URL:

<https://www.tlok.com.ua/press-tsentr/statti/448-mebli-z-faneri-plyusi-ta-minusi> (дата

звернення 10.10.2022)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України