

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

УДК 674.06:642.78

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ

Лісового і садово-паркового
господарства

_____ Роман ВАСИЛИШИН

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технологій та дизайну виробів з
деревини

_____ Андрій СПИРОЧКІН

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення
дерев'яних світильників»**

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Програма підготовки: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

_____ К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

_____ Андрій СПИРОЧКІН

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

_____ Сергій МАЗУРЧУК

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

_____ Іван КОСТЮК

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2024 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ Лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри технологій та
дизайну виробів з деревини**

к.т.н., доц. _____ Андрій СПИРОЧКІН

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Костюку Івану Юрійовичу

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістерська програма: «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Обґрунтування вдосконалення технології виготовлення дерев'яних світильників» затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» жовтня 2023 р. № 1981 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 15.11.2024 року

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи звіти роботи базового підприємства, звіти з виробничої, переддипломної практики, методики виконання експериментальних досліджень, державні, міждержавні стандарти.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Характеристика виробів та засобів для освітлення.
2. Проаналізувати сучасний стан ринку декоративних світильників.
3. Розробити технологічний процес виготовлення виробу з масивної деревини.
4. Провести експериментальні дослідження з визначення норми витрати матеріалів на одиницю продукції. Дослідити фізико-механічні властивості матеріалів для виробу.
5. Визначити аспекти застосування пріоритетних матеріалів в освітлені та декорі.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Сергій МАЗУРЧУ**

Завдання прийняв до виконання _____ **Іван КОСТЮК**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка МР містить 79 с., 36 рис., 30 табл., 40 джерела, 2 додаток.

У першому розділі розглянуто історію розвитку джерел світла та класифікацію сучасних декоративних дерев'яних світильників. Детально описано роль дерев'яних світильників у сучасному дизайні інтер'єрів та їх переваги, зокрема екологічність, естетичність і універсальність. Наведено приклади стилів, у яких дерев'яні світильники знаходять своє застосування, такі як лофт, кантрі, модерн та мінімалізм.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню вибору матеріалів для виготовлення світильників із використанням методу аналізу ієрархій. Проведено порівняння п'яти основних порід деревини (вільха, ясень, береза, горіх, липа) за ключовими характеристиками: теплопровідність, міцність на статичний згин, щільність, коефіцієнт всихання та вартість. Вільха визнана найбільш оптимальним матеріалом завдяки поєднанню високих експлуатаційних властивостей та доступності.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей деревини сухостійної сосни. Проведено аналіз впливу давності всихання деревини на її щільність, міцність і модуль пружності. Представлено методику визначення оптимальних параметрів розкрою деревини для зменшення відходів. Показано, що використання індивідуальних схем розпилювання дозволяє знизити обсяг відходів до 5% і забезпечити максимальний об'ємний вихід продукції.

Четвертий розділ акцентує увагу на впровадженні запропонованих підходів у виробничий процес. Описано методи автоматизації процесу розкрою та контролю якості пиломатеріалів, що сприяє економії сировини та зниженню собівартості. Наведено рекомендації щодо впровадження сучасних

технологій обробки деревини, зокрема лазерного сканування та сортування матеріалів.

Робота підкреслює важливість інтеграції оптимізаційних підходів у деревообробній галузі для підвищення ефективності виробництва. Результати дослідження мають практичне значення для розробки технологічних процесів виготовлення декоративних світильників і раціонального використання природних ресурсів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	7
РІЗНОВИДИ ДЕКОРАТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ З ДЕРЕВИНИ	7
1.1. Дизайн та естетика.....	7
1.2. Історія розвитку дерев'яних світильників	9
1.3. Огляд наукових досліджень використання суходійної деревини.....	15
РОЗДІЛ 2	18
ВИЗНАЧЕННЯ ПРИОРІТЕТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВІТИЛЬНИКА	18
2.1. Опис та вибраних матеріалів	18
2.2. Прийняття проєктивних рішень	22
2.3. Визначення пріоритетного матеріалу за методом аналізу ієрархій.....	34
РОЗДІЛ 3	41
МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1. Методика проведення експериментальних досліджень норм витрати сировини на одиницю продукції	41
3.2. Аналіз результатів експериментального дослідження з визначення фактичного виходу пилопродукції з суходійних лісоматеріалів	43
3.3. Методика проведення експериментальних досліджень фізико механічних властивостей суходійної пилопродукції.....	48
3.4. Аналіз результатів експериментального дослідження показників фізико-механічних властивостей деревини.....	52
РОЗДІЛ 4	60
ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО НАПРЯМКІВ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ В ОСВІТЛЕННІ ТА ДЕКОРАЦІЇ	60
4.1. Пропозиції і рекомендації щодо напрямків використання ї деревини..	60
4.2. Технологічний процесу на базі нового обладнання.	63
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Дерев'яні світильники все частіше стають популярними в сучасному дизайні завдяки своїй естетичній привабливості та екологічності. Вони можуть додати певного шарму будь-якому приміщенню. Дерев'яні світильники від самої природи мають унікальний та неповторний малюнок, який додає інтер'єру колоритності та індивідуальності. Також вони можуть бути виконані з різних порід деревини таких як: дуб, бук, береза, вільха, сосна та інші, кожна з порід має свою особливу текстуру, завдяки цьому світильники можуть стати головним елементом декору, що в свою чергу створить атмосферний затишок.

Світильники можуть використовуватись в різноманітних стилях інтер'єру, від сучасного до класичного. Деревина гармонійно вписується в такі еко-стилі як лофт, кантрі, та навіть мінімалізм. Завдяки тому що світильники з дерева можуть бути різноманітних форм та розмірів, тому такі світильники можуть бути як основним джерелом освітлення так і декоративним елементом. Вони бувають різних видів таких як підвісних, настінних чи підлогових, що дозволяє їх використовувати в різних зонах приміщень.

Світильники з деревини дуже часто поєднуються з іншими матеріалами, такими як метал, кераміка, скло або текстиль, що робить їх більш естетично красивими, естетичними та більш універсальними. Тим паче такі світильниками можуть використовувати як дуже красиві і великі лампи Едісона так і сучасні економічні LED-лампи, що дозволяє економити енергію.

Дерев'яні світильники є чудовим вибором для тих, хто хоче додати в своє приміщення чи інтер'єр затишку та тепла. Вони не тільки естетично привабливі, але і екологічні і практичні в використанні. Завдяки своїй унікальності такі світильники можуть додати в будь яке приміщення яскравості, підкресливши його стиль та індивідуальність.

РОЗДІЛ 1

РІЗНОВИДИ ДЕКОРАТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ З ДЕРЕВИНИ

1.1. Дизайн та естетика

Довгий час дерев'яні світильники були дорогою і в той же час розкішною прикрасою житла багатьох людей. Сьогодні їх успішно використовують в дизайн і інтер'єру як заміських будинків, котеджів, так і сучасних квартир. Декоративні дерев'яні світильники чудово вписуються в дизайн віталень, спалень і коридорів (рис.1.1). Гармонійно підбравши оригінальні стельові в різні світильники і підвісивши дерев'яні люстри відповідно до стилю інтер'єру кімнати і меблів, можна створити чудову композицію, яка справляє враження єдності, краси і вишуканості. Дерев'яні люстри і світильники чудово виглядають в різних кімнатах, оформлених в сучасних стилях: класика, кантрі, хай-тек, модерн, східний.[1].



Рис. 1.1. Світильники віталень та коридорів [10]

Останніми роками дерев'яні світильники стали дуже популярними, оскільки вони представлені в різноманітних формах і дизайнах, а також

мають елегантний і щедрий ефект натурального дерева, що дозволяє легко вписати його в будь-яку концепцію дизайну. Для збереження єдиного стилю гарнітур дуже гармонійно виглядає в кімнаті, де використані не тільки люстри, а й вбудовані дерев'яні світильники та свічники. Дерев'яні світильники наповнюють кімнату затишком і домашнім теплом, створюють спокійну атмосферу і допомагають розслабитися. Дерев'яні світильники можуть бути встановлені на стелі, підлозі, стіні або вбудовані в залежності від місця установки. Вбудовані дерев'яні точкові світильники, як правило, виготовляються з комбінації металу і дерева, з основою, сформованою з алюмінію або сталі, а також дерева як унікального матеріалу (рис. 1.2.), що виконує декоративну функцію, особливо привабливий використанням рідкісних порід дерева, таких як вільха, бук та черешня [1].



Рис. 1.2. Світильники з натурального дерева [9]

Найпопулярнішими видами дерев'яних світильників є підвісні і стельові. Підвісні дерев'яні люстри можуть бути виготовлені з масиву дерева, а можуть бути встановлені окремо дерев'яні вставки, доповнені декоративними прикрасами з металу, скла і кованими елементами. В даний час великою популярністю користуються підвісні світильники з дерев'яними абажурами (рис. 1.3.). Цьому сприяє абсолютна екологічність і те, що ретро і етнічні стилі в даний час є особливим трендом в дизайні інтер'єрів і особливо

часто зустрічаються в дачних і садових будинках. Дерев'яні абажурізвитіюватою різьбленням виглядають дуже стильно, розкішно і красиво [1].



Рис. 1.3. Абажурні та підвісні світильники [3]

Великим плюсом є те, що ви можете зробити люстру з дерева своїми руками і фантазією. Дерев'яні світильники не часто використовують у вологих приміщеннях, але якщо їх елементи обробити спеціальним водовідштовхувальним просоченням, їх можна встановити в лазнях, саунах і навіть вуличному освітленні. Дерев'яні світильники, які використовуються на кухні, повинні бути оснащені закритим корпусом, що захищає від вологи. Дерев'яні світильники з природною красою, оригінальним дизайном та естетичною привабливістю додають природної краси вашому дому та допомагають створити затишну та неповторну атмосферу [1].

1.2. Історія розвитку дерев'яних світильників

В наш час людину по всюду оточує освітлення. Будинки ще на стадії проектування проектуються з урахуванням природного та штучного

освітлення. Навіть вулиці вже досить давно оснащені добре освітлювальними ліхтарями, а в карманах завжди є мобільний телефон на якому є ліхтарик. Окрім того джерелом світла є багато різних речей таких як сірники, запальничка, свічка і так далі.

Самим першим джерелом освітлення яке було в первісної людини можна вважати вогнище. Це дуже примітивний варіант для нашого світу, але на той час воно відіграло роль світильника, джерела тепла та місцем де можна приготувати їжу. Продовж часу люди почали експериментувати на вогнем та навчилися виготовляти смолоскипи (рис.1.4.). Одні почали їх ставити на підлогу такі смолоскипи можна вважати світильниками для підлоги, інші ж кріпили їх до стін такий прообраз світильника, відомого нам як бра. Хоч факел і є давнім винаходом ,але він використовується і сьогодні в дизайн інтер'єрі, в військових цілях, на олімпійських іграх, в туризмі і в мисливстві.

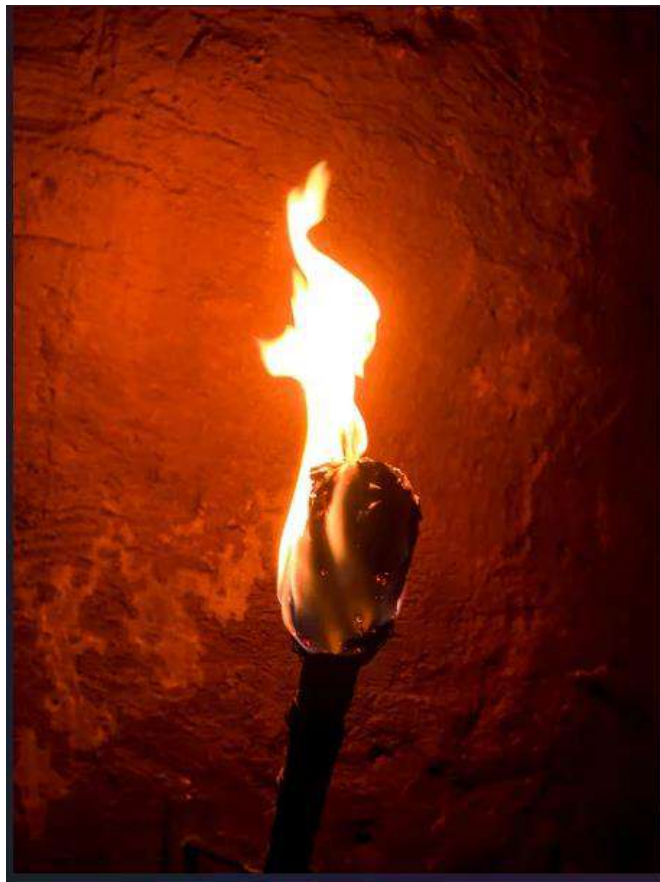


Рис. 1.4. Смолоскип.[11]

Основним призначенням багаття і смолоскипів було не лише освітлення, але і обігрівання. Тому першим світильником можна вважати скіпу. Скіпа (рис 1.5.) – це тоненька тріска сухої деревини, яку використовували для освітлення житла або розпалювання пачі в давнину. Для того щоб отримати скіпу потрібно було розколоти поліно ножем- скіска, простого ножа або сокири, а саму скіпу закріплювали в спеціальні підставці[Помилка! Невідомий аргумент ключа.].

Довгі століття таке джерело світла повністю влаштувало людей. Але все ж воно було дуже не зручне і не ефективне. Тому на заміну скіпі з'явилась масляна лампа

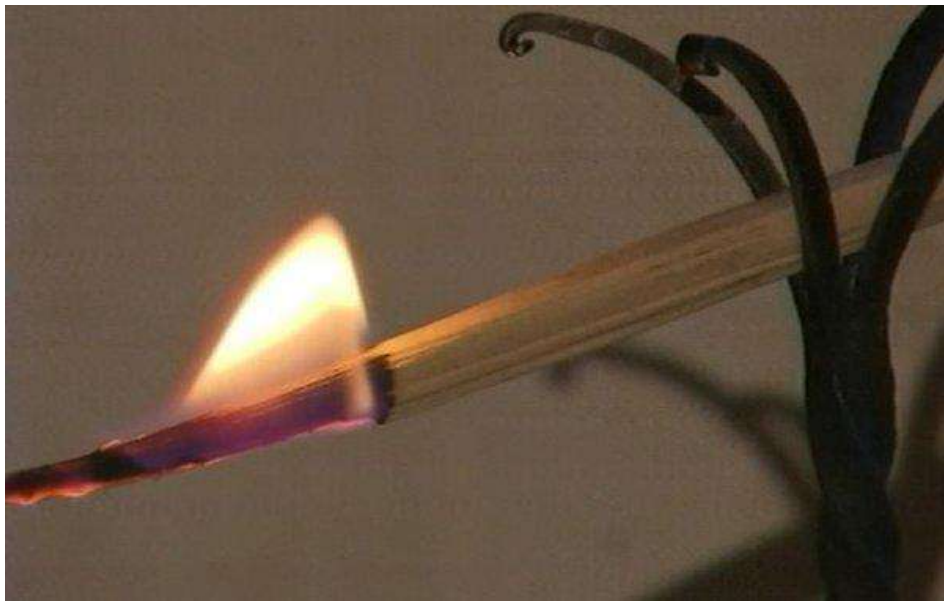


Рис. 1.5. Смолоскип.[20]

Олійні лампи (рис. 1.5.) це світильники які працюють на горінні масла або жиру. Сам принцип дуже схожий з газовою лапмпою, коли в глибоку посудину заливається масло або жир та вставляється гніт чи мотузка, з рослинного або синтетичного матеріалу, і з змогою капілярного ефекту горбюча суміш піднімається вгору інша половина гнота знаходиться над

маслом і при підпалюванні масло горить і піднімається в гору. Протягом багато часу вони змінювались від кам'яної, глиняної, вапняної аж до виготовлення металевих. [16].



Рис. 1.5. Олійна лампа.[17]

Ще одним етапом еволюції світильників це є свічки (рис.1.6.). Яків в свій період виготовлялись з дуже коштовного матеріалу воску. Тому таке такі світильники могли собі дозволити лише заможні люди. З 19 ст. знайшли дешевий аналог восковим свічкам це був твариний жир, хоча він був дешевий і нема копотів мав ряд недоліків:

- жир потрібно прибирати, постійно його контролювати та обрізати фітіль.

- під час горіння виникав неприємний запах.

Це був не ідеальний варіант для освітлення, тому краще використовувати свічки звичайні або ароматизовані. Вони горіли набагато довше, давали набагато яскравіше освітлення, але за ними потрібно було доглядати. Для

цього були створені інструменти для зняття нагару, який виникав під час горіння свічки.



Рис. 1.6. Свічка[12]

Ще одним революційним кроком в освітлені стали гасові лампи. Які почали появлятися на початку 19 ст. під час революційного розвитку хімії. Перші газові лампи були винайдені в Україні в місті Львів, двома фармацевтами Яном Зегом та Ігнатієм Лукасевичем. «Виготовлена за конструктивними вимогами Й. Зега та І. Лукасевича бляхарем А. Братковським перша гасова лампа (рис. 1.7.) публічно «засвітилася» 30 березня 1853 р. у львівській аптеці. Гасова лампа стала новітнім винаходом! Гас- це речовина що отримуються після ретельного очищення нафти. Саме винакнення цієї лампи є незвичайним винокур Абрам Шрайнер привіз декілька бочок нафти директору аптеки Міколяша. Після чого вони стали обговорювати як отримати з неї горілку. Почувши це вони були дуже здивувались але все ж таки мусив погодитись на це, так як вони вже давно мали спару з нафтою та виготовляли з нею ліки та мазі. Після довгих місяців

експериментів та перегонки в них получилась рідина яка немала запаху нафти та мала коричневий колір, яка гарно горіла та рівномірно та яскраво і до того всього немала неприємного запаху і копіння від горіння. Це був перший гас[18].

«Під зіркою» (в хімічній лабораторії якої й був отриманий новий нафтопродукт — гас). (тепер аптека на вул. Коперника, 1). А 31 липня того ж року хірург львівського міського госпіталю Загорський зробив першу нагальну нічну операцію завдяки гасовим лампам, що освітлювали операційну. Згодом гасова лампа була представлена на міжнародній виставці в Мюнхені, винахід був відзначений спеціальною грамотою.»[14]. Після чого лампи почали масово розповсюджуватись. Люди одразу оцінили цей винахід, він так як він горів так само довго як 20 свічок і яскравіше та не затухав від вітру. Здавалося, що в цьому винаході нічого особливого нема але насправді це відкрило нову освітлювальну епоху.



Рис. 1.7. Гасова лампа[15]

Перші лампи почали з'являться в перші третині 20 ст. так само як активна електрифікація і підведення світла до житлових будинків. Це дало

змогу використовувати лампи розжарювання (рис. 1.8.). Хоча вони були дороговартісні і мали низьку якість тогочасних екземплярів, вони стали дуже популярними та замінювати газові та керасинові лампи. На території України масово почалась використовуватись лише після другої половини 20 ст. після масового підведення електроенергії до будинків.

З часом електричні лампи почали змінюватись та вдосконалюватись, що дало змогу продовжити строк використання. При цьому на цьому не зупинись і поступово почали з'являться новий варіант таких ламп це галогені лампи. Які дозволили зменшити використання електроенергії та збільшити якість освітлення. Також було вдосконалене саме кріплення та різноманітні конструкції від простих до вишуканих та різноманітних люстр, бра, настільних, підлогових, підвісних світильників та ламп для кожного дизайну та смаку.



Рис. 1.8. Лампа розжарювання.[19]

1.3. Огляд наукових досліджень використання сухостійної деревини.

За останнє десятиліття через зміни клімату, всихання деревостанів набрало значних масштабів у більшій частині Європи, а за минулі роки роки і

на території України. Дивлячись на це цей процес стає більш глобальним і несе велику загрозу.

Основним засобом запобігання масовому всиханню є рубки догляду за лісом, у результаті яких отримують значну кількість необробленої деревини, яку класифікують як сухостійну. Лісоматеріали із сухостійних дерев характеризуються мікологічними та інсектицидними ураженнями, тріщинами тощо, вплив яких на міцнісні та експлуатаційні [21].

Через виникнення проблеми з нею, сьогодні потрібно розробляти варіанти можливого використання такої деревини, застосування у виробках. Одним із можливих напрямів використання сухостійної деревини сосни може бути виробництво пиломатеріалів конструкційного призначення. Про це свідчить розвиток масового дерев'яного домобудування в Західній Європі та Північній Америці, який змусив спеціалістів переглянути підходи до відбору пиломатеріалів, що використовуються як елементи будівельних конструкцій, де зовнішній вигляд не має вирішального значення [21].

На сьогодні є актуальним питання дослідження деяких показників такої деревини, її норми витрати на одиницю продукції, фізико-механічних властивостей, напрямків використання.

Основним факторам, що впливають на властивості сухої деревини, є її щільність і міцність при відповідному рівні вологості. Загальновідомо, що щільність деревини не рівномірно роз-приділяється по обсязі круглих матеріалів [Помилка! Невідомий аргумент ключа.].

Встановлено, що міцність деревини має тісний зв'язок із щільністю, проте на характер її змін впливають не тільки вік деревини та наявність вад, а й положення сортименту в серцевинної, ювенільної, центральної або заболонної зони, а також кут нахилу волокон деревини [23].

Підвищити міцнісні властивості пиломатеріалів можна завдяки попередній оцінці характеристик круглих лісоматеріалів на стадії

лісозаготівлі. Це також включає розробку схем розкрою, які враховують нерівномірний розподіл фізико-механічних властивостей в об'ємі деревини.

Зокрема, у своїй роботі Буйських Н.В.[25] провела експериментальні дослідження щодо ефективності використання низькосортних круглих лісоматеріалів сосни звичайної. Новицький С.В. в свою чергу вивчав вплив властивостей деревини сухостійних соснових дерев на довговічність конструкційних виробів [26]. Він встановив, що найдоцільніше використовувати деревину сухою як сировинний резерв для виготовлення конструкційних пиломатеріалів, що є найбільш ефективним напрямком її застосування у промисловості.

Однак дослідження І. Н. Беляєва (Beliaev, 2011) дають змогу припустити [24], що частку сухостійної деревини, посортувавши, можна використати як сировину для виробництва конструкційних елементів будівельного призначення. Окрім цього, виконані на сьогодні дослідження мінливості показників механічних властивостей сухостійної деревини залежно від терміну всихання свідчать, що міцність і якість деревини з деревостанів давністю всихання до 5 років під впливом абіотичних і біотичних чинників знижуються незначно.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИОРІТЕТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВІТИЛЬНИКА

2.1. Опис та вибраних матеріалів

Метою даного розділу полягає у підборі найкращого матеріалу, який най краще буде підходити для виготовлення даного вируб, що дозволить оптимізувати та прискорити виробничий процес. Зараз на сьогоднішній день є великий асортимент деревини які використовують для декоративних елементів та виготовлення меблів. З метою визначення пріоритетного варіанту, було вибрано п'ять різних порід деревини.

1. Деревина вільхи (рис. 2.1.)

Деревина вільхи – це деревина світлого кольору з відтінком від коричневого до жовтого, м'яка деревина яка легко обробляється має рівномірну текстуру з не великими порами, деревина легко обробляється піддається різанню та формуванні з неї різних елементів



Рис. 2.1. Деревина вільха[7]

2. Деревина ясеня (рис. 2.2.)

Деревина ясеня є твердою і знайома своєю міцністю та зносостійкістю, ясенє має рівномірну привабливу текстуру з виразними відтінками від світло-коричнивого до темно-коричнивого, добре обробляється піддається фарбуванню. Цей матеріал широко застосовується для виготовлення меблів музичних інструментів та внутрішнього оздоблення. Ясенє має певну стійкість до вологи, що робить його придатним для використання в різних умовах.



Рис. 2.2 Деревина ясеня [8]

3. Деревина берези (рис. 2.3.)

Деревина берези являє собою світлу деревину з відтінком від білого до світло-коричневого має виразну текстуру та м'які відтінки, ця порода відноситься до м'яких порід текстура різноманітна з дрібними порами що робить її легко обробляємо. Береза не є дуже міцною в порівнянні з іншими породами має здатність змінювати свою форму при надмірній вологості.



Рис. 2.3. Деревина березова [6]

4. Деревина грецького горіха (рис. 2.4.)

Деревина грецького горіха має багатий, темний колір, який коливається від світло-коричнивого до темно-школадного. Грецький горіх відомий своєю міцністю та густою текстурою що надає йому певної елегантності. Горіх має природну красу та відміно обробляється, його здатність до гладкої обробки та формуванні робить його популярним для дизайну.



Рис. 2.4. Деревина грецького горіха [4]

5. Деревина липи (рис. 2.5.)

Деревина липи це- деревина світло- кремового та світло-коричневого кольору, має рівномірну текстуру без різних виразів дуже м'яка що робить її дуже легкою для обробки та декоративної обробки. Липа використовується в різних ремеслах різблення, виробництві меблів, а також внутрішніх оздоблень. Ця деревина легко гнеться та обробляється її гнучкість робить її відмінним вибором для різноманітних виробів та елементів.



Рис. 2.5. Деревина липи [5]

Всі характеристики вище показаних матеріалів було записано в табл.

1.1.

Перелік і характеристики матеріалів

Назви	Характеристики				
	Теплопровідність Вт/(м °С)	Міцність на статичний згин МПа при вологості 12%	Щільність Кг/м ³	Всихання	Ціна на необрізний Пиломатеріал Грн/м ³
Вільха	0,13	79	520	0,16	7500
Ясень	0,18	118	680	0,18	12000
Береза	0,15	110	650	0,26	5000
Горіх грецький	0,11	108	490	0,19	30000
Липа	0,19	86	694	0,22	5500

2.2. Прийняття проєктивних рішень

Метод пріоритетів заснований на порівнянні конкуруючих об'єктів. По-перше, порівняння проводиться якісно, визначаючи, як один об'єкт пов'язаний з іншим за деякими ознаками або за певними ознаками. Ці якісні порівняння потім переводяться в кількісні оцінки з використанням конкретних значень показників або, за відсутності таких значень, в експертні оцінки. Ці порівняння представлені у вигляді матриці, що дозволяє розрахувати кількісний пріоритет конкуруючих об'єктів за кожним атрибутом і загальною метрикою .

Використовувати методи експертного огляду для демонстрації вибору перспективних видів продукції, технологій, обладнання, основних допоміжних матеріалів тощо під час прийняття рішення. Такий підхід зазвичай передбачає залучення експертів, які надають оцінку .

З розглянутих у попередньому розділі, було вибрано 5 властивостей для кожного з 5 матеріалів для порівняння та встановлення пріоритетів, як перенесено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Основні характеристики обраних матеріалів

Назви	Характеристики				
	Теплопровідність Вт/(м °С)	Міцність на статичний згин МПа при вологості 12%	Щільність Кг/м ³	Всихання	Ціна на необрізний Пиломатеріал Грн/м ³
Вільха	0,13	79	520	0,16	7500
Ясень	0,18	118	680	0,18	12000
Береза	0,15	110	650	0,26	5000
Горіх грецький	0,11	108	490	0,19	30000
Липа	0,19	86	694	0,22	5500

Під час оцінки та якісного порівняння п'яти різних матеріалів була створена квадратна матриця бінарних зв'язків 5x5. У цих матрицях «m» позначає властивості матеріалу, «n» — тип матеріалу тому, розміри матриці 5x5. У цих матрицях зв'язки між властивостями та типами матеріалів виражаються математичними символами: «більше» — як «>», «дорівнює» — як «=», «менше» — як «<»

Тому було створено 5 матриць. Пізніше, під час оцінювання функцій, показники порівнюються на основі пріоритету. Для цього порівняння була створена ще одна квадратна матриця m x n.

Для визначення кількісної оцінки кожного показника спочатку використовується формула (2.1), яка визначає, яке значення серед об'єктів є найкращим і наскільки це значення відрізняється від найгіршого об'єкта.

$$K_{ij} = \frac{x_{ijmax}}{x_{ijmin}}, \quad (2.1)$$

Матриця порівняння матеріалів за теплопровідністю

\		X1	X2	X3	X4	X5	K	W
		0,13	0,18	0,15	0,11	0,19		
X1	0,13	=	>	>	<	>	1,73	0,36
X2	0,18	<	=	<	<	>		
X3	0,15	<	>	=	<	>		
X4	0,11	>	>	>	=	>		
X5	0,19	<	<	<	<	=		

Важливо знати теплопровідність матеріалу для меншої передачі тепла, підприємству потрібно обрати матеріал з найменшою теплопровідністю.

Числовий бал, наданий експертом для кожної ознаки, може бути використаний для розрахунку кількісного балу за наявною інформацією. Значення K_j розраховується за наведеною вище формулою (2.1), і можна визначити різницю між найкращим і гіршим показниками.

Дізнавшись коефіцієнт K_j , розраховуємо коефіцієнт ω_j , за формулою яка наведена вище (2.2):

Цей метод дозволяє нам розрахувати значення коефіцієнтів K_j та ω_j , використовуючи дані з відповідних табл. (2.3 - 2.6) та формули (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

Матриця порівняння матеріалів за міцністю на статичний згин

\		X1	X2	X3	X4	X5	K	W
		79	118	110	108	86		
X1	79,00	=	>	>	>	>	1,49	0,29
X2	118,00	<	=	<	<	<		
X3	110,00	<	>	=	<	<		
X4	108,00	<	>	>	=	<		
X5	86,00	<	>	>	>	=		

Для виробників є важливим знати міцність свого матеріалу та здатність його витримувати навантаження. Для виробників знання про міцність дозволяє розробити більш стійким та якісний виріб

Таблиця 2.4

Матриця порівняння матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W
		520,00	680,00	650,00	490,00	694,00		
X1	520,00	=	>	>	<	>	1,42	0,27
X2	680,00	<	=	<	<	>		
X3	650,00	<	>	=	<	>		
X4	490,00	>	>	>	=	>		
X5	694,00	<	<	<	<	=		

Одним із основних показників є щільність для вибору матеріалу для виробів, цей показник дає знати виробнику на скільки поглинає лакофарбовий матеріал щоб мінімалізувати його витрату.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння матеріалів за всиханням

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W
		0,16	0,18	0,26	0,19	0,22		
X1	0,16	=	>	>	>	>	1,63	0,34
X2	0,18	<	=	>	>	>		
X3	0,26	<	<	=	<	<		
X4	0,19	<	<	>	=	>		
X5	0,22	<	<	>	<	=		

Всихання деревини важливий показник який показує на скільки може всохнути деревина і на скільки при певній температурі та термін експлуатації чи джерела тепла штучного чи природнього.

Матриця порівняння матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W
		7500,00	12000,00	5000,00	30000,00	5500,00		
X1	7500,00	=	>	<	>	<	6,00	0,81
X2	12000,00	<	=	<	>	<		
X3	5000,00	>	>	=	>	>		
X4	30000,00	<	<	<	=	<		
X5	5500,00	>	>	<	>	=		

Однією з не менш важливим показником є ціна за якою можна купити деревинний матеріал. Тим самим було задано п більш дешевому матеріалу.

Визначення пріоритету кожного матеріалу відповідно до пріоритету кожної ознаки P_{ij} і самого індексу P_j вводиться поняття потужності критерію L-порядку $P(L)$. Це розраховується для кожного матеріалу за відповідною формулами (2.5-2.7)

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{l=1}^n a_{ij}, \quad (2.5)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.7)$$

Результати розрахунків занесено в табл. 2.7.

За цим методом розраховуємо наступні критерії та заповнено табл. 2.8 - 2.11.

Таблиця 2.7

Матриця суміжності за теплопровідністю

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		0,13	0,18	0,15	0,11	0,19								
X1	0,13	1,00	1,36	1,36	0,64	1,36	1,73	0,36	5,72	0,2288	27,30	0,23	130,31	0,23
X2	0,18	0,64	1,00	0,64	0,64	1,36			4,28	0,1712	20,10	0,17	96,36	0,17
X3	0,15	0,64	1,36	1,00	0,64	1,36			5,00	0,2	23,44	0,20	112,04	0,20
X4	0,11	1,36	1,36	1,36	1,00	1,36			6,44	0,2576	31,68	0,26	151,54	0,26
X5	0,19	0,64	0,64	0,64	0,64	1,00			3,56	0,1424	17,28	0,14	82,90	0,14
								$\Sigma=$	25,00	1,00	119,82	1,00	573,16	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності за міцністю на статичний згин

		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		79	118	110	108	86								
X1	79,00	1,00	1,29	1,29	1,29	1,29	1,49	0,29	6,16	0,2464	30,46	0,25	148,08	0,25
X2	118,00	0,71	1,00	0,71	0,71	0,71			3,84	0,1536	18,86	0,16	91,83	0,16
X3	110,00	0,71	1,29	1,00	0,71	0,71			4,42	0,1768	21,26	0,17	103,47	0,17
X4	108,00	0,71	1,29	1,29	1,00	0,71			5,00	0,2	23,99	0,20	116,59	0,20
X5	86,00	0,71	1,29	1,29	1,29	1,00			5,58	0,2232	27,06	0,22	131,39	0,22
								$\Sigma=$	25,00	1,00	121,64	1,00	591,36	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності за щільністю

\		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		520,00	680,00	650,00	490,00	694,00								
X1	520,00	1,00	1,27	1,27	0,73	1,27	1,42	0,27	5,54	0,22	26,97	0,22	131,51	0,22
X2	680,00	0,73	1,00	0,73	0,73	1,27			4,46	0,18	21,57	0,18	105,37	0,18
X3	650,00	0,73	1,27	1,00	0,73	1,27			5,00	0,20	24,13	0,20	117,71	0,20
X4	490,00	1,27	1,27	1,27	1,00	1,27			6,08	0,24	30,11	0,25	146,92	0,25
X5	694,00	0,73	0,73	0,73	0,73	1,00			3,92	0,16	19,31	0,16	94,33	0,16
								$\Sigma=$	25,00	1,00	122,08	1,00	595,84	1,00

Таблиця 2.10

Матриця суміжності за всиханням

\		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		0,16	0,18	0,26	0,19	0,22								
X1	0,16	1,00	1,33	1,33	1,33	1,33	1,63	0,34	6,32	0,25	31,16	0,26	150,17	0,26
X2	0,18	0,67	1,00	1,33	1,33	1,33			5,66	0,23	27,21	0,23	130,91	0,23
X3	0,26	0,67	0,67	1,00	0,67	0,67			3,68	0,15	17,96	0,15	86,76	0,15
X4	0,19	0,67	0,67	1,33	1,00	1,33			5,00	0,20	23,69	0,20	114,11	0,20
X5	0,22	0,67	0,67	1,33	0,67	1,00			4,34	0,17	20,61	0,17	99,49	0,17
								$\Sigma=$	25,00	1,00	120,64	1,00	581,44	1,00

Матриця суміжності за ціною

\		X1	X2	X3	X4	X5	K	W	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*	Pi 3	Pi 3*
		7500,00	12000,00	5000,00	30000,00	5500,00								
X1	7500,00	1,00	1,81	0,19	1,81	0,19	6,00	0,81	5,00	0,20	17,13	0,17	59,39	0,16
X2	12000,00	0,19	1,00	0,19	1,81	0,19			3,38	0,14	10,34	0,10	37,14	0,10
X3	5000,00	1,81	1,81	1,00	1,81	1,81			8,24	0,33	38,58	0,39	147,50	0,41
X4	30000,00	0,19	0,19	0,19	1,00	0,19			1,76	0,07	6,18	0,06	23,77	0,07
X5	5500,00	1,81	1,81	0,19	1,81	1,00			6,62	0,26	26,54	0,27	94,76	0,26
								$\Sigma=$	25,00	1,00	98,76	1,00	362,56	1,00

Результати експертної оцінки пріоритетів в табл. 2.12

Таблиця 2.12

Результат експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Теплопровідність Вт/(м °С)			Міцність на статичний згин МПа			Щільність Кг/м ³			Коефіцієнт всихання			Ціна на необрізний пиломатірал Грн/м ³		
	x_i	$x_{\text{сеп}} - x_i$	$(x_{\text{сеп}} - x_i)^2$	x_i	$x_{\text{сеп}} - x_i$	$(x_{\text{сеп}} - x_i)^2$	x_i	$x_{\text{сеп}} - x_i$	$(x_{\text{сеп}} - x_i)^2$	x_i	$x_{\text{сеп}} - x_i$	$(x_{\text{сеп}} - x_i)^2$	X_i	$x_{\text{сеп}} - x_i$	$(x_{\text{сеп}} - x_i)^2$
1	4	-0,43	0,18	2	-0,14	0,02	5	-2,43	5,90	1	0,43	0,18	3	0,29	0,08
2	1	2,57	6,61	3	-1,14	1,31	2	0,57	0,33	1	0,43	0,18	3	0,29	0,08
3	4	-0,43	0,18	3	-1,14	1,31	1	1,57	2,47	1	0,43	0,18	3	0,29	0,08
4	4	-0,43	0,18	2	-0,14	0,02	1	1,57	2,47	1	0,43	0,18	3	0,29	0,08
5	4	-0,43	0,18	1	0,86	0,73	3	-0,43	0,18	1	0,43	0,18	1	2,29	5,22
6	4	-0,43	0,18	1	0,86	0,73	2	0,57	0,33	3	-1,57	2,47	5	-1,71	2,94
7	4	-0,43	0,18	1	0,86	0,73	4	-1,43	2,04	2	-0,57	0,33	5	-1,71	2,94
Середнє значення балу	3,57			1,86			2,57			1,43			3,29		
Середнє квадратичне відхилення	1,11			0,83			1,39			0,75			1,04		
Коефіцієнт варіації /100%	0,31			0,45			0,54			0,53			0,32		
	$K_{\text{експ.1}} = 0,69$			$K_{\text{експ.2}} = 0,55$			$K_{\text{експ.3}} = 0,46$			$K_{\text{експ.4}} = 0,47$			$K_{\text{експ.5}} = 0,68$		
Загальний коефіцієнт погодження експериментів	$K_{\text{експ}} = 0,57$														

Середнє значення \bar{x}_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} розраховуємо по кожному ряду відповідей за формулами (2.8-2.9)

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.8)$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (2.9)$$

де: x_{ij} – оцінка j -го експерта по i -му питанню

m – кількість експертів

Далі розраховуємо коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою (2.10)

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

Коефіцієнт загальної згоди експертів визначається за формулами

(2.11-2.12)

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (2.11)$$

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}, \quad (2.12)$$

де: n – кількість характеристик в анкеті.

m_{ij} – кількість оцінок по кожній характеристиці в кожному з вирівняних рядів.

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена.

Складено квадратичну матрицю бінарних відношень (табл. 2.13).

Матриця бінарних відношень

\		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	K	W
		3,57	1,86	2,57	1,43	3,29		
Y1	3,57	=	<	<	<	<	2,50	0,53
Y2	1,86	>	=	>	<	>		
Y3	2,57	>	<	=	<	>		
Y4	1,43	>	>	>	=	>		
Y5	3,29	>	<	<	<	=		

Співвідношення між об'єктами виражені математичними символами "більше" (>), "дорівнює" (=) та "менше" (<).

Використовуємо формулу (2.1), щоб визначити, у скільки разів кращий об'єкт відрізняється від найгіршого:

Суміжні члени матриць визначено за формулами (2.3-2.4).

Замінюємо математичні символи «більше» (>), «дорівнює» (=) і «менше» (<) на відповідні значення α_{ij} . Після цього створюємо матрицю суміжності для порівняння показників у табл. 2.14.

Таблиця 2.14

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують матеріали

\		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Pi 1	Pi 1*	Pi 2	Pi 2*
		3,57	1,86	2,57	1,43	3,29				
Y1	3,57	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	2,88	0,12	13,28	0,12
Y2	1,86	1,53	1,00	1,53	0,47	1,53	6,06	0,24	27,49	0,24
Y3	2,57	1,53	0,47	1,00	0,47	1,53	5,00	0,20	21,63	0,19
Y4	1,43	1,53	1,53	1,53	1,00	1,53	7,12	0,28	34,48	0,30
Y5	3,29	1,53	0,47	0,47	0,47	1,00	3,94	0,16	16,89	0,15
						$\Sigma=$	25,00	1,00	113,76	1,00

Методика розрахунку така ж, як і в попередній аналогічній таблиці, розрахована за формулами (2.5 - 2.11).

На основі попередніх результатів була створена загальна матриця для розрахунку пріоритету складності матеріалів наведено в (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Підсумкова матриця

Лакофарбові матеріали	Пріоритет лакофарбового матеріалу по одиничних показниках					Пріоритет показника		Комплексний пріоритет верстату
	1	2	3	4	5	номер	значення	
Вільха	0,23	0,25	0,22	0,26	0,16	5	0,12	0,23
Ясень	0,17	0,16	0,18	0,23	0,10	1	0,24	0,17
Береза	0,20	0,17	0,20	0,15	0,41	4	0,19	0,21
Горіх грецький	0,26	0,20	0,25	0,20	0,07	3	0,30	0,19
Липа	0,14	0,22	0,16	0,17	0,26	2	0,15	0,19

2.3. Визначення пріоритетного матеріалу за методом аналізу ієрархій

Процес аналітичної ієрархії був запропонований американським вченим Томасом Сааті в 1970-1980-х рр. Він спрямований на використання різних стандартів і показників для порівняльного аналізу та ранжування об'єктів, як кількісно, так і якісно .

Аналітичний ієрархічний процес — це математичний інструмент, розроблений для вирішення складних проблем у процесі прийняття рішень із системним підходом. Його метою є не встановлення єдиного «правильного» рішення, а надання можливості знайти через взаємодію та обговорення альтернативи, які найкраще задовольняють розуміння природи проблеми та вимог до її вирішення.

Для вирішення цієї проблеми потрібні такі дані: Мета: вибрати найкращі матеріали.

Кількість альтернатив - 5 шт.

Критерії кількість - 5 шт.

Позначено альтернативи та критерії:

№	Критерії
Кр1	Теплопровідність
Кр2	Міцність на статичний згин МПа
Кр3	Щільність базисна Кг/м3
Кр4	Коефіцієнт всихання
Кр5	Ціна Грн/м3.

№	Альтернативи
A1	Вільха
A2	Ясень
A3	Береза
A4	Грецький горіх
A5	Липа

Це завдання вирішується створенням парної матриці порівняння (ППМ), яка заповнюється за шкалою Сааті (табл. 2.15) У процесі відбору найкращих матеріалів була створена та заповнена матриця парного стандартного порівняння (МПП) бачимо в (табл. 3.1), яка гарантувала досягнення поставлених цілей. План складається на основі індивідуального аналізу впливу характеристик на досягнення конкретних цілей.

Визначаємо середнє геометричне значення елементів матриці за формулою (3.1)

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (3.1)$$

де: i – номер рядка матриці.

s – кількість елементів в i -му рядку матриці.

$$a_{i1} = w1/w1; a_{i2} = w2/w2; \dots a_{is} = w1/w_s.$$

Після цього обчислюємо значення локальних пріоритетів (ЛПр) для першого рядка за формулою (3.2)

$$\text{ЛПр}_1 = \frac{[(w1/w1) \cdot (w2/w2) \cdot \dots \cdot (wn/wn)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (3.2)$$

Розрахунок ЛПр для наступних рядків виконується аналогічно.

Потім перевірялися оцінки експертів на чіткість і ступінь узгодженості, тобто числа в матриці попарного порівняння. Для цього контролю використовуються дві ключові ознаки – індекс консистенції (CI) та коефіцієнт консистенції (CR), які розраховуються за формулами (3.3-3.4)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3.3)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (3.4)$$

де: n – розмір матриці.

P_n – індекс узгодженості (табл. 2.17) для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$.

λ_{max} – максимальне власне число матриці парних порівнянь або L_{am} обчислюють наступним чином.

Результати даних розрахунків занесено в табл. 3.1.

За допомогою цього методу заповнено та розраховуємо табл. 3.2 – 3.6.

Таблиця 3.1

Матриця МПП критеріїв відносної мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	G (середнє геометр ичне)	ЛПр (локальний пріоритет)
Кр1	Теплопровідність	1,000	1,750	2,333	1,400	1,167	1,462	0,285
Кр2	Міцність на статичний згин МПа	0,571	1,000	0,750	0,800	0,667	0,744	0,145
Кр3	Щільність базиснаКг/м3	0,429	0,750	1,000	0,600	0,500	0,626	0,122
Кр4	Коефіцієнт всихання	0,714	1,250	1,667	1,000	0,833	1,044	0,204
Кр5	ЦінаГрн/м3.	0,857	1,500	2,000	1,200	1,000	1,253	0,244
						Сума	5,129	1,000

Показники: $N=5$; $Lam=5,844$; $CI=0,169$; $CR=0,151$

Найбільше значення ЛПр=0,285

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Теплопровідність»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Вільха	1,000	2,000	1,500	1,500	2,000	1,552	0,303
A2	Ясень	0,500	1,000	1,333	0,750	1,000	0,871	0,170
A3	Береза	0,667	1,333	1,000	1,000	1,333	1,035	0,202
A4	Горіх	0,667	1,333	1,000	1,000	1,333	1,035	0,202
A5	Липа	0,500	1,000	0,750	0,750	1,000	0,776	0,151
						Сума	5,267	1,027

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,955$; $CI=0,191$; $CR=0,171$

Найбільше значення ЛПр=0,303

Таблиця 3.3

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Міцність на статичний згин»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Вільха	1,000	1,333	1,600	2,000	1,600	1,468	0,286
A2	Ясень	0,750	1,000	0,833	1,500	1,200	1,024	0,200
A3	Береза	0,625	0,833	1,000	1,250	1,000	0,918	0,179
A4	Горіх	0,500	0,667	0,800	1,000	0,800	0,734	0,143
A5	Липа	0,625	0,833	1,000	1,250	1,000	0,918	0,179
						Сума	5,062	0,987

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,435$; $CI=0,087$; $CR=0,078$

Найбільше значення ЛПр=0,286

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Щільність»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Вільха	1,000	0,571	0,667	1,333	1,000	0,873	0,170
A2	Ясень	1,750	1,000	0,857	2,333	1,750	1,437	0,280
A3	Береза	1,500	0,857	1,000	2,000	1,500	1,310	0,255
A4	Горіх	0,750	0,429	0,500	1,000	0,750	0,655	0,128
A5	Липа	1,000	0,571	0,667	1,333	1,000	0,873	0,170
						Сума	5,148	1,004

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,9$; $CI=0,180$; $CR=0,161$

Найбільше значення ЛПр=0,280

Таблиця 3.5

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Коефіцієнт всихання»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Вільха	1,000	1,167	2,333	2,333	1,400	1,548	0,302
A2	Ясень	0,857	1,000	0,500	2,000	1,200	1,006	0,196
A3	Береза	0,429	0,500	1,000	1,000	0,600	0,663	0,129
A4	Горіх	0,429	0,500	1,000	1,000	0,600	0,663	0,129
A5	Липа	0,714	0,833	1,667	1,667	1,000	1,106	0,216
						Сума	4,987	0,972

Показники: $N=5$; $\lambda_{\max}=5,755$; $CI=0,151$; $CR=0,135$

Найбільше значення ЛПр=0,302

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію «Ціна»

	Назва	A1	A2	A3	A4	A5	G (середнє геометричне)	ЛПр (локальний пріоритет)
A1	Вільха	1,000	1,400	0,875	1,167	1,750	1,201	0,234
A2	Ясень	0,714	1,000	1,600	0,833	1,250	1,035	0,202
A3	Береза	1,143	1,600	1,000	1,333	2,000	1,373	0,268
A4	Горіх	0,857	1,200	0,750	1,000	1,500	1,030	0,201
A5	Липа	0,571	0,800	0,500	0,667	1,000	0,686	0,134
						Сума	5,326	1,038

Показники: $N=5$; $\lambda_{max}=5,973$; $CI=0,195$; $CR=0,174$

Найбільше значення ЛПр=0,268

Побудовано матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1 Вільха	A2 Ясень	A3 Береза	A4 Грецький горіх	A5 Липа
Кр1	Теплопровідність	0,285	0,303	0,170	0,202	0,202	0,151
Кр2	Міцність на статичний згин МПа	0,145	0,286	0,200	0,179	0,143	0,179

	Назва	ПрКр	A1 Вільха	A2 Ясень	A3 Береза	A4 Грецький горіх	A5 Липа
Кр3	Щільність базисна Кг/м3	0,122	0,170	0,280	0,255	0,128	0,170
Кр4	Коефіцієнт всихання	0,204	0,302	0,196	0,129	0,129	0,216
Кр5	Ціна Грн/м3.	0,244	0,234	0,202	0,268	0,201	0,134

Отримані дані заносимо у табл. 3.8 глобальні пріоритети альтернативи

Таблиця 3.8

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	Вільха	0,267
2	Ясень	0,201
3	Береза	0,206
4	Горіх	0,169
5	Липа	0,166

Як видно з табл. 3.8, альтернатива (Вільха) має найвищий глобальний пріоритет 0,267 і тому є найкращою альтернативою для досягнення цієї мети.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень норм витрати сировини на одиницю продукції

Було проведено серію експериментальних досліджень як складала два етапи. Першим етапом було, визначення фактичного виходу пилопродукції з сухостійної деревини та порівняно її з виходом звичайної деревини. На другому етапі було, визначено Фізико механічні властивості сухостійної деревини та порівняли їх з звичайною деревиною

Відповідно нормативів витрати пиловної сировини (круглих лісоматеріалів, колод) на пиломатеріали та нормативів витрати пиловної сировини і пиломатеріалів на заготовки різних сортів з урахуванням технології виробництва пилопродукції необхідно проводити експериментальні дослідження з математичною обробкою їхніх результатів[27].

Методика досліджень з визначення нормативів витрати пиловочної сировини і пиломатеріалів включала паспортизацію сировини і пиломатеріалів за такими характеристиками, як: довжина, діаметр, клас якості колод; довжина, ширина і товщина пиломатеріалів відповідно до вимог нормативних документів [28-30].

На основі даних паспортизації проводили розрахунок об'єму пиломатеріалів та їх якісних характеристик. Обчислювали загальний обсяг виходу пилопродукції з кожної колоди та порівнювали отримані результати з нормативними даними і середньозваженими нормами виходу пилопродукції [27].

Під час встановлення норм витрат сировини на пилопродукцію дотримувались основної загальної структури, послідовності проведення експериментальних досліджень з визначення якісного виходу пиловочної сировини наведено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Структура етапів та послідовність проведення експериментальних досліджень з визначення об'ємного та якісного виходу пиломатеріалів з пиловочної сировини

3.2. Аналіз результатів експериментального дослідження з визначення фактичного виходу пилопродукції з сухостійних лісоматеріалів

Щоб отримати оптимальні данні було використано програму StatSoft на основі якої було визначено необхідну кількість колод, які було необхідно розпилити для встановлення нормативів. В процесі обрахунків було отримано пиломатеріали обрізні та не обрізні.

Для визначення норми витрат проаналізовано поставки на двох породах деревини таких як сосна діаметрами 26 та 30 см і довжиною 3-4 м та вільхи діаметрами 26 – 36см і довжиною 3 м. З кожної колоди пиломатеріал випилювався товщиною 35, 25 і 19 мм. Це аналіз проводився за допомогою програми «Технолог лісопиляння 1.0»

Результати експериментальних досліджень з розпилювання лісоматеріалів круглих наведено на(рис.3.2- 3.8.) частина наведена в Додаток А.

Під час аналізу постава колоди діаметром 30 см (рис. 3.2.- 3.4.) розпиляної в розвальному способі, при об'ємі колоди 0,1782 м³ можна випилити 0,1329 м³ необрізного пиломатеріалу 1,46 м³

Технолог лісопиляння 1.0

Параметри колоди

Порода: сосна

Діаметр, см: 30

Довжина, м: 4.0

Сорт: 1

Ціна, грн/м куб:

Коеф. сортності: 1

Кількість, шт: 1

Параметри розміру колоди

Параметри розміру колоди: Мінім. довж., м: 7.5

Ширини пропилу, мм: 2.0

Кількість пропилів, №: 28-22

Висота параметри

Об'єм, м куб: 0,1782

Маса, тис. кг: 1.1

Площина, м кв: 182,5

Круглина, м кв: 117,7

Зображення розміру колоди

Специфікація пиломатеріалів

Лісоматеріали		Пилати заготовки			Валки з обрізків		Широка дошка		Довга дошка			Об'ємні		Об'ємні	
Товщина, мм	Кількість, шт	Висота, мм	Довжина, мм	Кількість, шт	Висота, мм	Довжина, мм	Кількість, шт	Довжина, мм	Кількість, шт	Довжина, мм	Кількість, шт	Об'єм, м куб	Об'єм, м куб	Об'єм, м куб	Об'єм, м куб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
25	2	36.0	1.0	26.0	118.3	313	4.00	0.0117	0.0038	19.34	0.0670				
25	2	27.0	28.0	23.0	204.3	300	4.00	0.0200	0.0000	18.42	0.0600				
25	2	27.0	37.0	30.0	200.3	280	4.00	0.0280	0.0190	17.19	0.0160				
25	2	27.0	42.0	101.0	241.8	240	4.00	0.0240	0.0480	14.34	0.0480				
25	2	27.0	109.0	134.0	178.8	175	4.00	0.0177	0.0350	10.75	0.0350				
25	2	27.0	130.0	101.0	71.0	75	1.25	0.0023	0.0047	1.44	0.0047				

Загальна таблиця

Сума розмірів

Загальний об'єм пиломатеріалу з колоди: 0,1329 м куб

Сума об'єму: 0,1329

Сума об'єму: 0,1329

Рис. 3.2. Карти розкряю колод діаметром 30 см

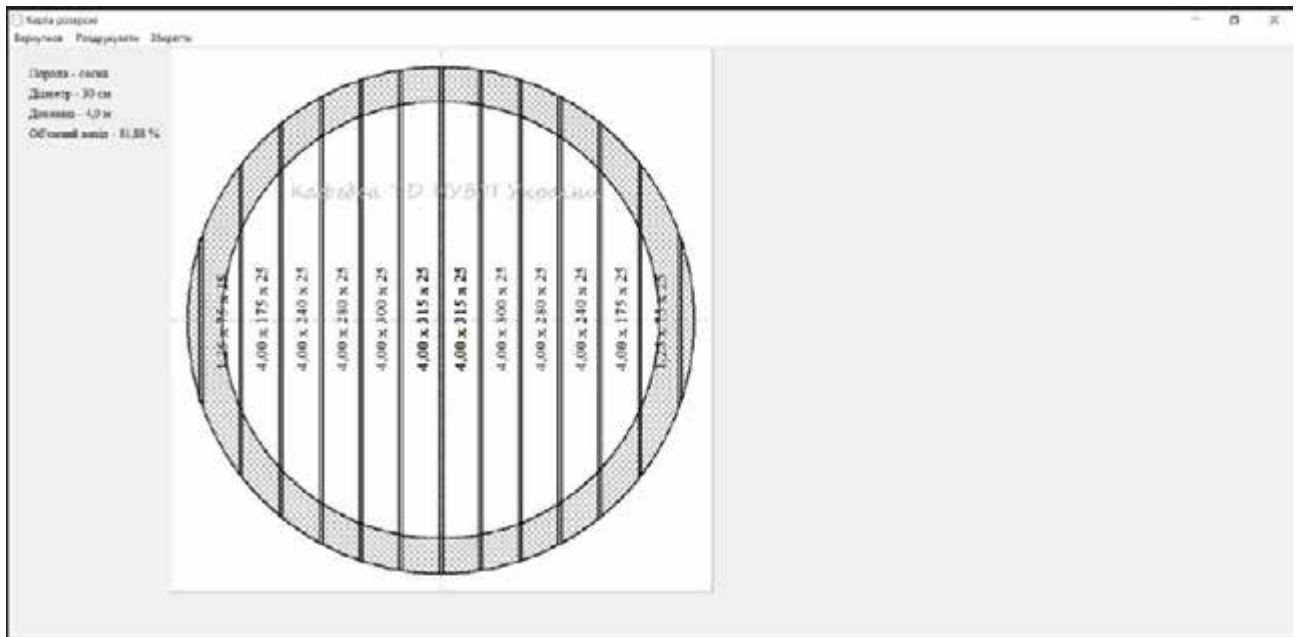


Рис. 3.3. Схема розкряю колод діаметром 30 см

Товщина, мм	Кількість, шт.	поставу, мм	внутріш. пласті дошки, мм	зовнішньої пласті дошки, мм	розрахункова	ний розмір (дошки необрізна)	дошки, м	дошк м.к	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
25	2	Загальні відомості							0,0315
25	2	Ціна пилопродукції, грн/м.куб							0,0300
25	2	ціна - 0,00 грн, (грн за 1 м.куб);							0,0280
25	2	Тип розкрою:							0,0240
25	2	Врозвал - 25/2 - 25/2 - 25/2 - 25/2 - 25/2 - 25/2;							0,0175
25	2	Загальний вихід пиломатеріалів:							0,0023
		об'ємний 0,2667 м.куб;							
		відсотковий 81,88 %;							
		Об'єм всіх п/м: 0,2667 м.куб;							
		Норма витрат: 1,22;							
		Ціна пиломатеріалів:							
		(товщ.-шир.-довж.-об'єм-сорт-ціна)							
		25 - 315 - 4,00 - 0,0630 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		25 - 300 - 4,00 - 0,0600 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		25 - 280 - 4,00 - 0,0560 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		25 - 240 - 4,00 - 0,0480 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		25 - 175 - 4,00 - 0,0350 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		25 - 75 - 1,25 - 0,0047 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
		Загальна ціна пиломатеріалів:							
		0,00 грн/м.куб;							
		Ціна кускових відходів:							
		0,00 грн/м.куб;							
		Ціна тирси:							
		0,00 грн/м.куб;							
		Загальна вартість пилопродукції та відходів:							
		0,00 грн/м.куб;							
		Економічна ефективність використання сировини:							
		0,00 %.							
		Загальні							

Рис. 3.5. Загальна відомість колод діаметром 30 см

Таким ж чином розраховувався постав на деревину вильки діаметром 26 см та об'ємом $0,1811 \text{ м}^3$, цей постав бува розрахований на обрізний пиломатеріал (рис. 3.6. – 3.8.). При ровальному способі результатом розрахунків об'ємом пиломатеріалів $0,1296 \text{ м}^3$, а нормавитрат в свою чергу становила $1,40 \text{ м}^3$

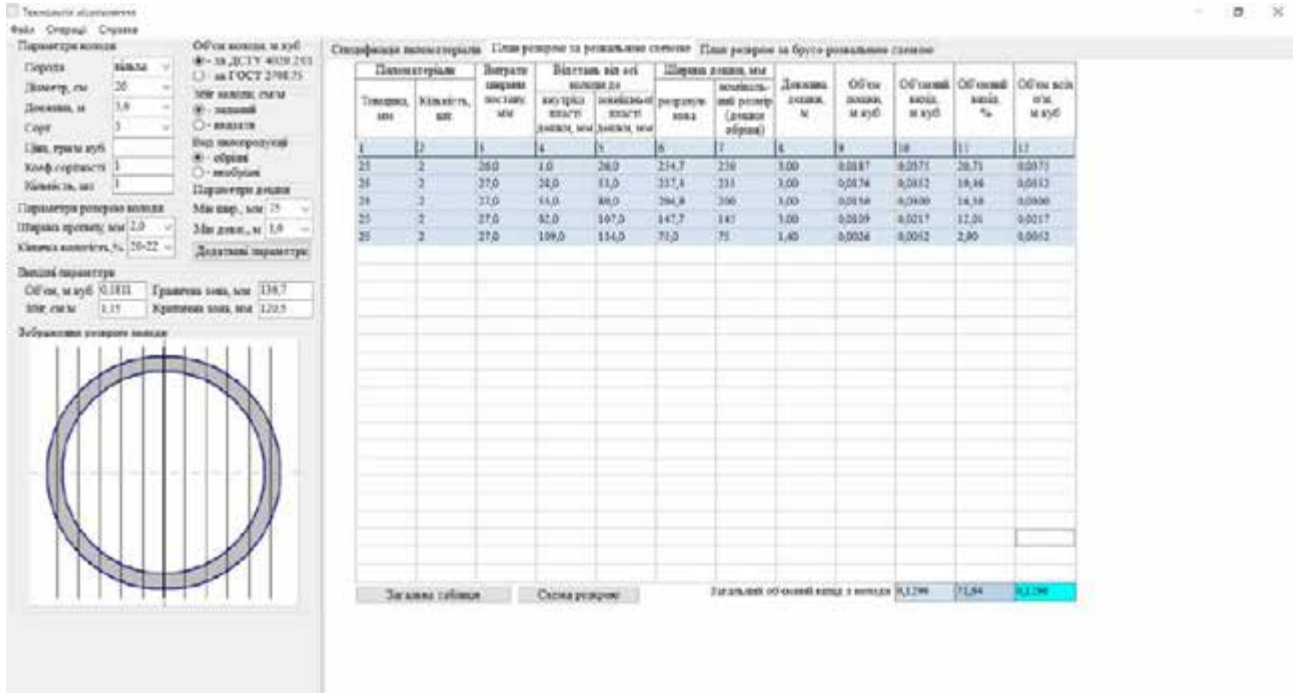


Рис. 3.6. Карти розкрою колод діаметром 26 см

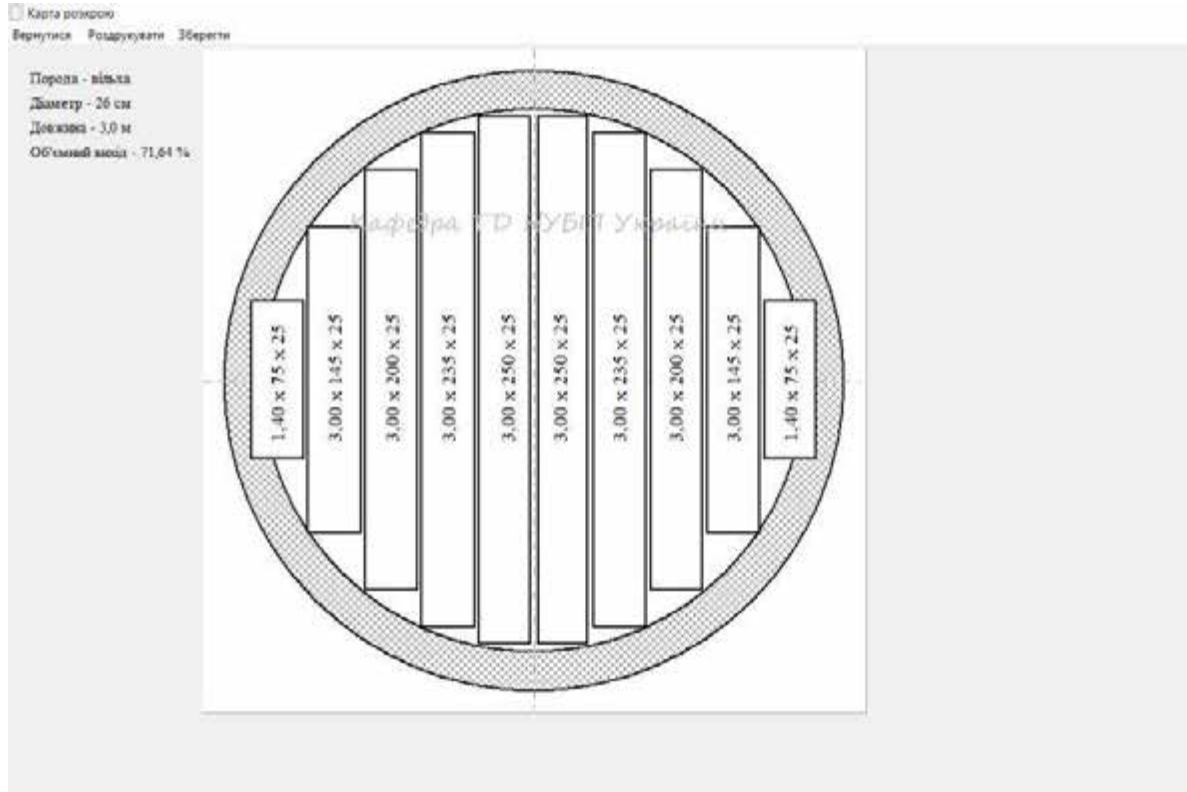


Рис. 3.7. Схема розкрою колод діаметром 26 см

2	3	4	5	6	7	8	9	
2	Загальні відомості							0,018
2	Ціна пилопродукції, грн/м.куб							0,017
2	кількість - 1 шт. (0,1811 м.куб);							0,015
2	ціна - 0,00 грн. (грн за 1 м.куб);							0,010
2	Тип розкрою:							0,002
	Врозвал - 25/2 - 25/2 - 25/2 - 25/2 - 25/2;							
	Загальний вихід пиломатеріалів:							
	об'ємний: 0,1296 м.куб;							
	відсотковий: 71,64 %;							
	Об'єм всіх п/м: 0,1296 м.куб;							
	Норма витрат: 1,40;							
	Ціна пиломатеріалів:							
	(товщ.-шир.-довж.-об'єм-сорт-ціна)							
	25 - 250 - 3,00 - 0,0375 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
	25 - 235 - 3,00 - 0,0352 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
	25 - 200 - 3,00 - 0,0300 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
	25 - 145 - 3,00 - 0,0217 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
	25 - 75 - 1,40 - 0,0052 - н/с - 0,00 грн/м.куб дош.							
	Загальна ціна пиломатеріалів:							
	0,00 грн/м.куб;							
	Ціна кускових відходів:							
	0,00 грн/м.куб;							
	Ціна тирси:							
	0,00 грн/м.куб;							
	Загальна вартість пилопродукції та відходів:							
	0,00 грн/м.куб;							
	Економічна ефективність використання сировини:							
	0,00 %.							
	Загальні							Вихід з ко

Рис. 3.8. Загальна відомість колод діаметром 26 см

У рамках дослідження було проведено порівняння різних варіантів розкрою деревини для двох порід – сосни (діаметром 26–30 см) та вільхи (діаметром 26–36 см). Вивчалися масовий, індивідуальний підходи. Метою дослідження було визначити найефективніший спосіб розпилювання для максимального виходу продукції та мінімізації відходів.

Результати показали, що індивідуальний підхід до розкрою забезпечує найбільшу ефективність у використанні сировини. Це досягається завдяки адаптації схеми розпилювання до характеристик кожного стовбура. Для сосни цей метод дозволяє враховувати такі особливості, як рівень сучкуватості та щільність деревини, що сприяє раціональному використанню матеріалу. У випадку з вільхою індивідуальний підхід виявився особливо ефективним при обробці великих діаметрів (понад 30 см), дозволяючи мінімізувати втрати через оптимізацію кожного розрізу. Загальний рівень відходів за цього підходу знижувався до 3–5% залежно від початкової якості сировини.

Масовий підхід, який передбачає розпилювання стовбурів однакового діаметра без врахування їхніх індивідуальних особливостей, забезпечував вищу продуктивність при розкрої сосни. Однак рівень відходів залишався значним і складав до 12% через варіації в структурі деревини. Для вільхи, яка має більші діаметри та менш передбачувану текстуру, цей метод показав ще більшу неефективність, особливо при обробці нижчих сортів сировини.

Попереднє сортування сировини за породами та якістю стало важливим етапом, що дозволило ефективніше планувати процес розпилювання. Для сосни сортування за рівнем сучкуватості дозволило визначити оптимальні варіанти розкрою для кожної партії. У випадку з вільхою сортування за діаметром і текстурою деревини значно спрощувало вибір підходу до обробки.

Впровадження автоматизованих систем контролю, які оцінюють якість деревини та точність розпилювання, дозволило досягти стабільних результатів для обох порід. Цифрові системи виявляли дефекти на ранніх етапах та коригували параметри розкрою в реальному часі, що підвищувало ефективність процесу.

Дослідження підтвердило, що індивідуальний підхід до розкрою є найбільш ефективним для обох порід, забезпечуючи мінімальні відходи. Комбінований метод може стати альтернативою у випадках, коли необхідний компроміс між продуктивністю та ефективністю. Масовий підхід доцільний лише для сировини однакової якості та розмірів, але він суттєво програє за рівнем відходів. Таким чином, індивідуалізація процесу, впровадження сучасних технологій і ретельний контроль якості є ключовими факторами для підвищення ефективності обробки деревини сосни та вільхи.

3.3. Методика проведення експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей сухостійної пилопродукції

На другому етапі експериментальних досліджень є оцінка фізико механічних властивостей деревини в столярно, меблевих цілях.

В методиці дослідження вказано визначення межі міцності при стисненні вздовж волокон і статичному згині.

Щоб визначити данні показники було використано зразки деревини та розрив машину:

- Зразки деревини розміром 20x20x20 мм;
- Розривна машина;
- Штангель циркуль;

Випробування на сколювання вздовж волокон проводиться та схемою (рис.3.9.).

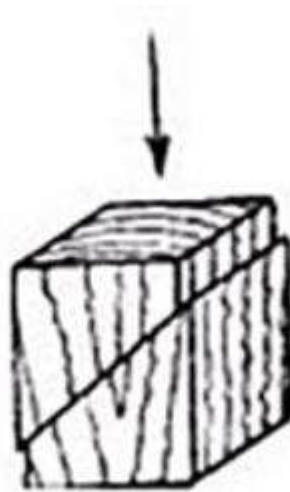


Рис. 3.9. Схема навантаження зразка при випробуванні

Для визначення міцності деревини на статичний згин використовувались зразки деревини та деревна машина і прилади вимірування:

- Зразки деревини розміром 20x20x300 мм;
- Розрив машина;
- Лінійка, штангель циркуль;

Метод по дослідженні модуля пружності при статичному згині пов'язаний з визначенням розмірів зразка, яке виникає під дією навантаження.

Дослідження поводиться на стандартних зразках довжиною 300мм, шириною 20мм і товщиною 20мм, при навантаженні за схемою (рис. 3.10.)

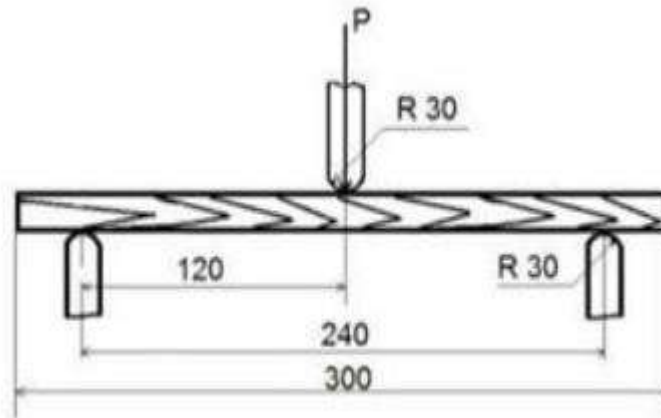


Рис. 3.10. Схеми проведення випробування зразків деревини на статичний згин, однотокове навантаження

Модуль пружності при статичному згині визначали за формулою:

$$E_w = \frac{3P \cdot l^3}{64bh^3 f} \quad (3.1)$$

де: P – навантаження, P = 500 Н;

l – відстань між центрами опор,

l = 240 мм;

b, h – ширина і висота зразка, мм;

f – прогин у межах навантаження, мм.

Обчислення виконують з округленням до 0,1 ГПа

Окрім цього одержані показники модуля пружності перераховували на вологість 12% (E_{12}) в ГПа за формулою:

$$E_{12} = \frac{E_w}{K_{12}^w} \quad (3.2.)$$

де: K_{12} – коефіцієнт перерахунку, що визначається за таблицею за відомої щільності деревини.

Для первинного оброблення експериментальних даних вибірки визначаємо такі статистичні дані вибірки: середнє арифметичне значення \bar{Y} ; вибіркочну дисперсію S^2 ; середнє квадратичне відхилення S ; коефіцієнт варіації V ; середню похибку значення S_y , показник точності дослідження P .

Спочатку визначаємо середнє арифметичне значення \bar{Y} :

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} \quad (3.3.)$$

де: Y_1, Y_2, \dots, Y_n – серії результатів досліджень;

n – кількість досліджень;

Дисперсія вибірки S^2 становить:

$$S^2 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + (Y_2 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (3.4.)$$

Середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3.5.)$$

Коефіцієнт варіації, що є оцінкою змінності значень вибірки або відносною похибкою даної характеристики:

$$V = \frac{S}{\bar{Y}} * 100 \quad (3.3.)$$

Середня похибка значень:

$$S_y = \pm \frac{S}{2\sqrt{n}} \quad (3.3.)$$

Показник точності:

$$P = \frac{P_y}{\bar{Y}} * 100 \quad (3.3.)$$

Показник точності дослідження повинен бути $P < 5\%$.

При обробці результатів досліджень визначалась кількість дубльованих експериментів:

$$n = \frac{V^2 * u^2}{q^2} \quad (3.3.)$$

де: V – показник мінливості, %;

u – показник достовірності (значення t -критерію Стюдента);

q – показник точності (для деревообробної промисловості приймається рівним 5 %).

За отриманими результатами досліджень будують гістограму і полігон розподілу. Під час досліджень об'єктів деревооброблення припускають, що результати експериментів підпорядковуються закону нормального (гаусівського) розподілу.

3.4. Аналіз результатів експериментального дослідження показників фізико-механічних властивостей деревини

Перед початком випробування на стиск заміряємо всі розміри зразка за допомогою штангель циркуля. Після проведення замірів на кожному зразку проводим маркування зразків. Після чого по черзі встановлюємо зразки, та навантажуюмо їх до моменту їх руйнування. Весь процес експериментальних випробувань на стиск вздовж волокон, зображено на рис. 3.11. – рис. 3.13.

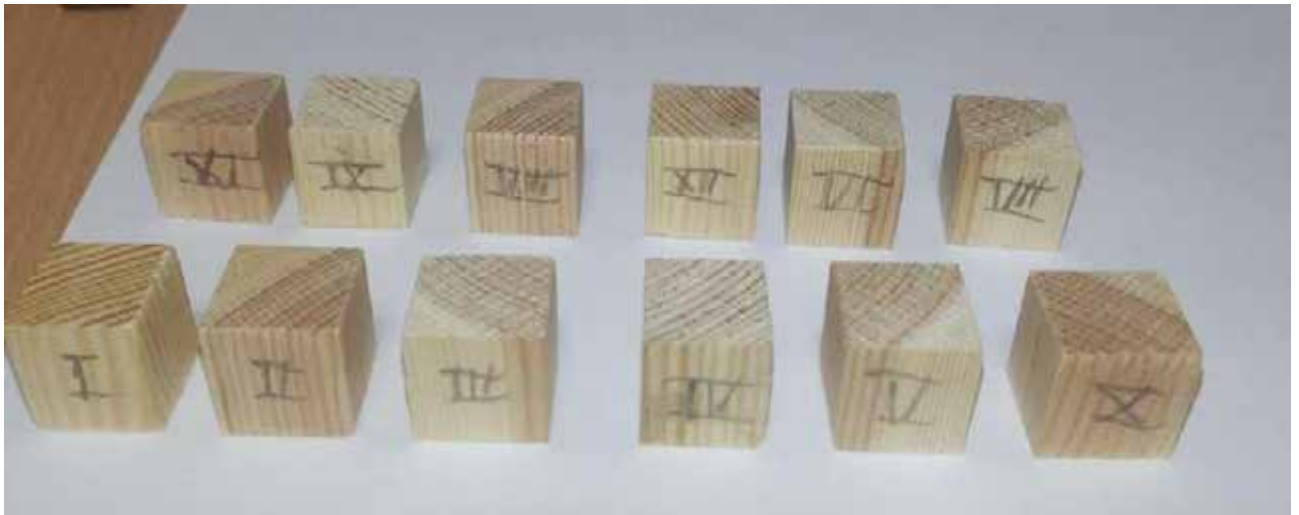


Рис. 3.11. Підготовка зразків



Рис. 3.12. Випробування зразків на стиск

Під час дослідження спостерігалось те, що спочатку навантаження зростає пропорційно деформації, а потім навантаження частково зменшується, а деформація збільшується. Відповідно до цього зразок не руйнується а лише спресовується. Згідно до методики, руйнівне навантаження умовно приймають силу, при якій зразок деформується $\frac{1}{3}$.

На рис. 3.13. можемо спостерігати реформацію зразка

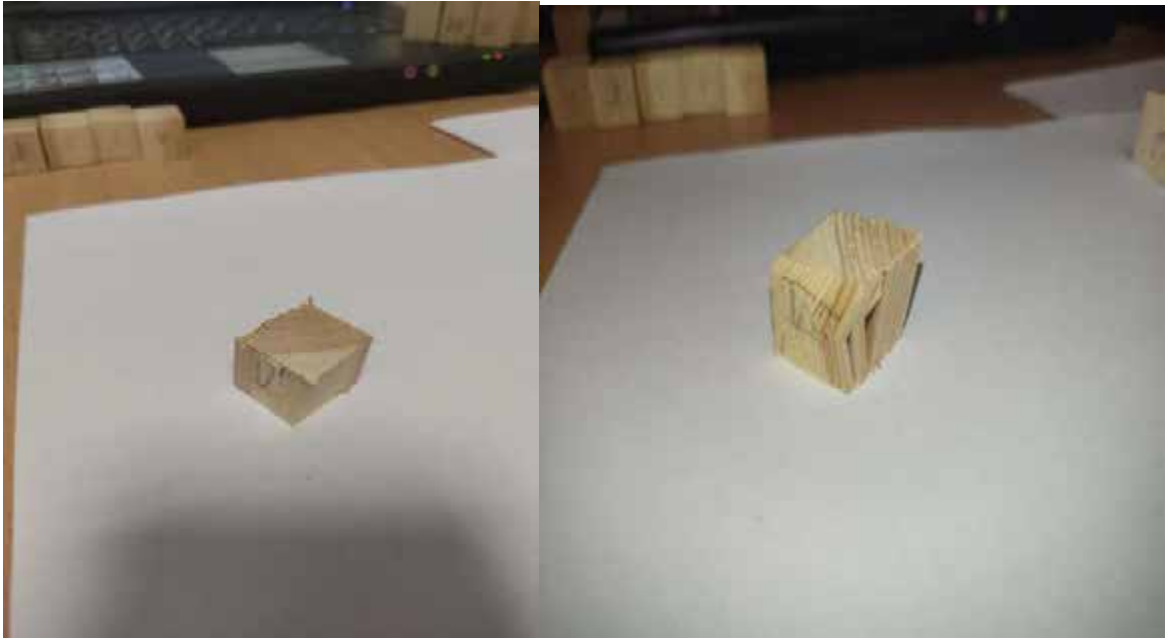


Рис. 3.13. Зразки деревини, зруйновані при стисканні вздовж волокон

Також на рис.3.14. – рис. 3.14. представлено діаграми при стисненні зразків.

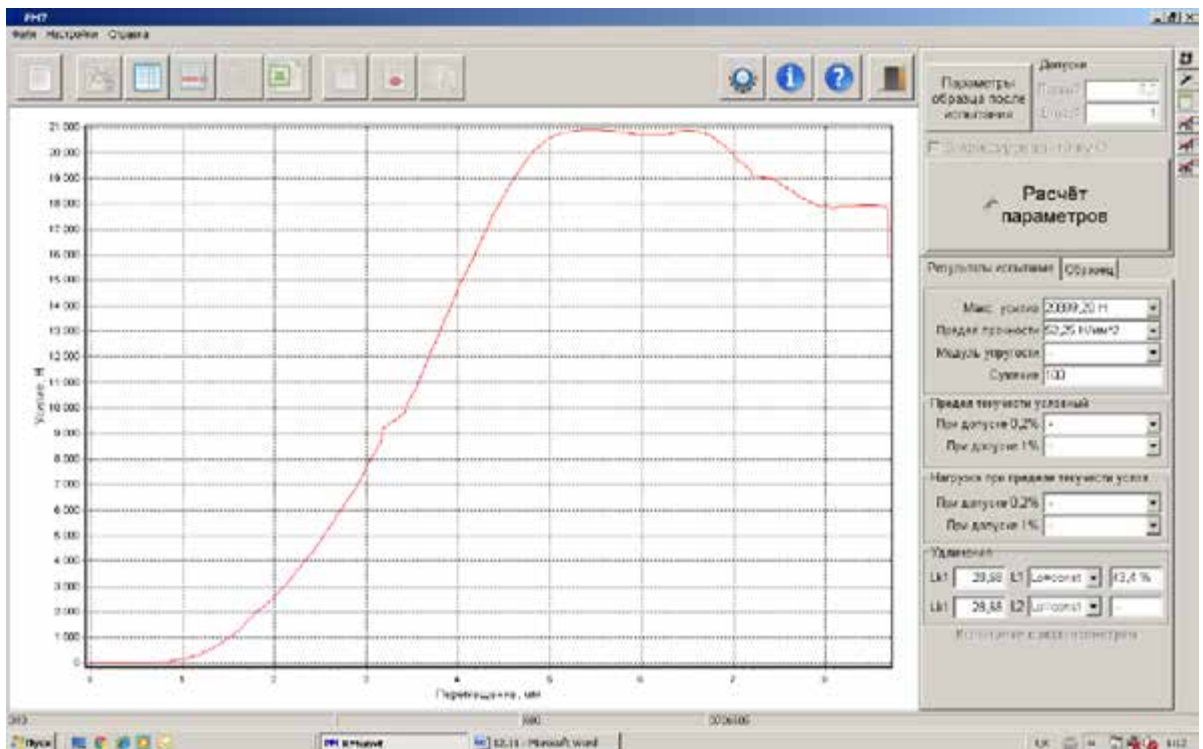


Рис. 3.14. Діаграма стиснення дерев'яного зразка

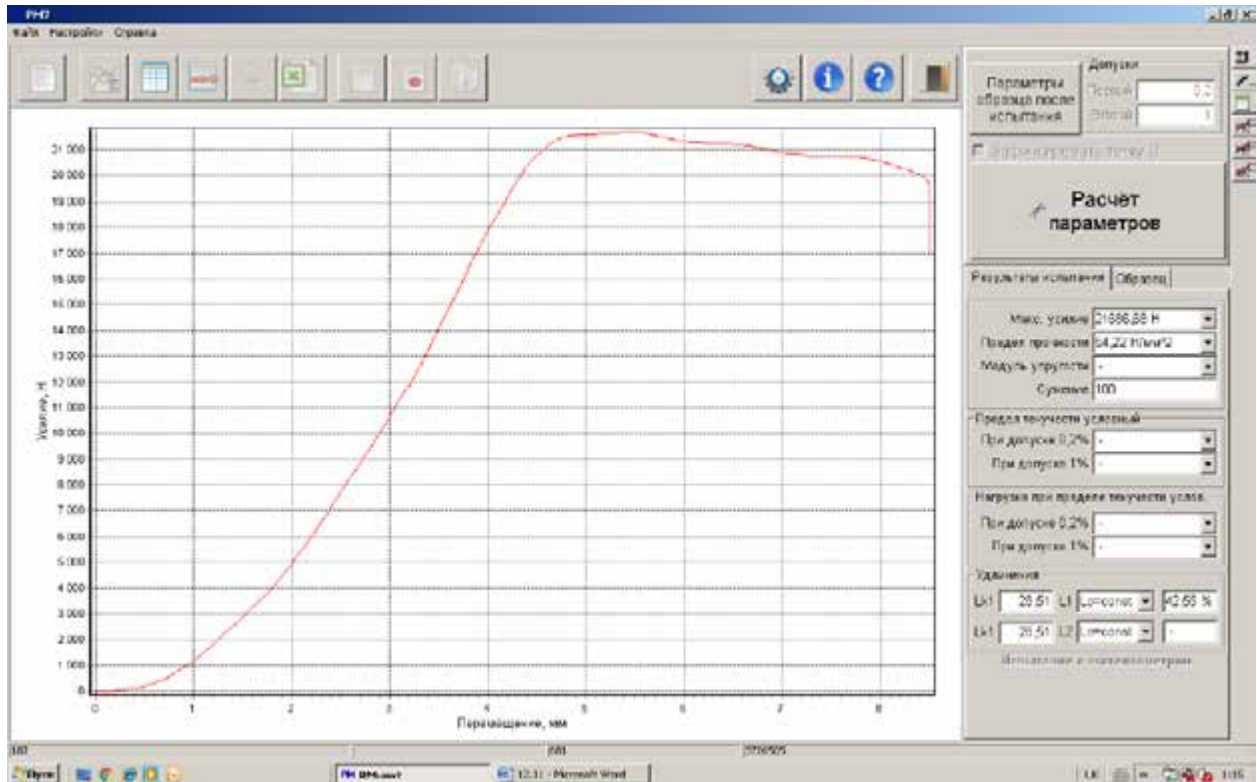


Рис. 3.15. Діаграма стиснення дерев'яного зразка

За результатами досліджень можна побачити високу однорідність міцності і щільності деревини сухостійної сосни кожного зразка експерименту (табл. 3.1.)

Таблиця 3.1.

Основні фізико-механічні властивості деревини дерев сосни різного стану

Стан деревини (давність усихання)	Щільність ρ_{12} , кг/м ³		Межа міцності на стиск уздовж волокон, МПа	
	фактична	Відхилення від здорової деревини, $\pm\%$	фактична	Відхилення від здорової деревини, $\pm\%$
Звичайний зразок	487,5	0	57,72	0
1 рік	375	23	50,72	12,13
2 роки	387,5	21	51,63	10,55
3 роки	350	28	52,14	9,67
4 роки	337,5	31	52,15	9,65
5 років	362,5	26	54,42	5,72
Лежала 2 роки	312,5	36	55,59	3,69

Експериментальні дослідження на статичний згин представлено на рис. 3.16. - 3.17.



Рис. 3.16. Зразки для проведення дослідження на статичний згин



Рис. 3.17. Випробування зразків на статичний згин

Результати дослідження зразків на статичний згин продемонстровано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

№	Назва	Модуль пружності	Щільність	Коефіцієнт перерахунку 12%	Коефіцієнт перерахунку 30%	Оптимальний модуль пружності 12%	Оптимальний модуль пружності 30%
1		3155,14	450	1	0,735	3155,14	4292,71
2		2944,42	450	1	0,735	2944,42	4006,01
3		2932,75	450	1	0,735	2932,75	3990,14
4		3929,37	450	1	0,735	3929,37	5346,08
5		4004,44	450	1	0,735	4004,44	5448,21
6		3795,66	450	1	0,735	3795,66	5164,16

Результати досліджень зразків на статичний згин та визначення оптимального модуля пружності занесено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

№	Зразок	Навантаження	Відстань між центрами опор	Ширина	Висота	Прогин у межах навантаження	Модуль пружності
1		2337,14	240	20	20	3	3155,14
2		2181,05	240	20	20	3	2944,42
3		2172,41	240	20	20	3	2932,75
4		1940,43	240	20	20	2	3929,37
5		1977,5	240	20	20	2	4004,44
6		1874,4	240	20	20	2	3795,66

Аналіз отриманих даних (табл. 3.1) показав, що деревина сухостійної сосни характеризується високою однорідністю щільності (ρ_{12}) і межі міцності на стиск уздовж волокон у зразках різного віку. Незважаючи на зменшення щільності в залежності від давності усихання, межа міцності залишається на достатньому рівні, що свідчить про можливість ефективного використання сухостійної сосни в деревообробній промисловості. Наприклад:

- Щільність деревини знижується в середньому на 23–36% порівняно зі здоровою деревиною, досягаючи мінімуму для лежалої 2 роки деревини (312,5 кг/м³).
- Міцність на стиск знижується лише на 3,69–12,13%, що вказує на поступове збереження несучої здатності деревини навіть через кілька років після усихання.

Експериментальні випробування на статичний згин показали, що деревина сухостійної сосни має стабільні модулі пружності, незважаючи на відмінності в навантаженні та щільності (табл. 3.2, 3.3). Виявлено:

- Модулі пружності для зразків коливаються в межах 2932,75–4004,44 МПа за щільності 450 кг/м³.
- Оптимальні значення модуля пружності для вологості 12% становлять до 4004,44 МПа, тоді як для вологості 30% — до 5448,21 МПа.
- Вплив давності усихання на механічні властивості
- Давність усихання деревини впливає на щільність більше, ніж на міцнісні характеристики. Зокрема:

Через зниження щільності з часом зменшуються деякі механічні характеристики, такі як межа міцності на стиск та модуль пружності. Однак вплив цього фактора є менш критичним у межах 3–5 років.

Лежала деревина після 2 років показала дещо вищі значення модуля пружності та міцності на стиск у порівнянні з деревиною 4–5-річного усихання, що пояснюється щільнішою структурою, збереженою після усихання.

З огляду на отримані дані, можна зробити висновки щодо практичного застосування деревини сухостійної сосни. Деревина з давністю усихання до 3 років може використовуватись для конструкційних матеріалів, які вимагають високої міцності та стабільності. Лежала деревина є придатною для виготовлення виробів, де критичним є співвідношення ваги та міцності, наприклад, у виробництві легких несучих конструкцій. Деревина з давністю

усихання понад 5 роки потребує більш ретельного відбору та додаткової перевірки якості для застосування у відповідальних конструкціях.

РОЗДІЛ 4

ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО НАПРЯМКІВ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ В
ОСВІТЛЕННІ ТА ДЕКОРАЦІЇ

4.1.Пропозиції і рекомендації щодо напрямків використання деревини

На сьогоднішні дні деревина сосни є однією з найбільш використовуваною деревиною яку використовують в різноманітних напрямках таких як: виготовлення пиломатеріалу, виробництва целюлози, каніфолі, скипидару, а в минулих роках ще було широко поширене виготовлення з сосни дьогтю. Крім цього щільність сухої деревини становить 450кг/м^3 (залежно від регіону зростання) тому її широко використовують в столярно-меблевому виробництві та будівництві як для прикладу крокви, балки, рейки, дошки, піддони.

Звертаючи увагу на те що сухостійна деревини має невелику різницю в фізико-механічних властивостях порівняно із здоровою. Взявши до уваги, що 1м.куб сухостійної деревини в двічі дешевший, тому сегмент такої деревини набирає більшого попиту. Окрім цього, що властивості сухостійної деревини все ж таки не сильно змінюються це дозволяє використовувати її продукцію майже у всіх напрямках в яких використовується і здорова деревина.

Основними напрямками де можна використовувати низькотоварну сировину є та, що розпилювати її на різну пилопродукцію, яка може використовуватись в столярно-меблевому виробництві, декоративному виготовленні елементів та будівництві(рис. 4.1 – рис.4.3).



Рис. 4.1. Освітлення з використанням сухостійної деревини[31]



Рис. 4.2. Елементи для оздоблення кімнати сухостійної деревини[32-33]

Під час огляду відкритих ресурсів було спостережено, що багато хто приділяє увагу доцільно, щоб використовувати таку сировину в будівельній галузі і виробляти сорт такий як (рис. 4.3.):

- будівельні матеріал (бруси, крокви, балки, дошки)
- та покрівельний матеріал такий як дощечки (гонт)



Рис. 4.3. Використання деревини в будівництві[31]

Ще одним із напрямків використання є поєднання деревини з іншими матеріалами такими як епоксидна смола. Цей матеріал у поєднанні з деревиною створює незвичайно красиві та ексклюзивні предмети інтер'єру: столи, тумби, журнальні столики, світильники, картини ці всі елементи мають великий попит для ресторанів, офісів та власного житла (рис. 4.4.).



Рис. 4.4. Світильник з епоксидної смоли [34]

Виробами які можна виготовляти з низькотоварної деревини це меблі та столи як набрали популярності в недавні роки це меблі з піддонів та меблевих елементів які будуть використовуватись на вулиці або в ексклюзивних приміщеннях (рис.4.5.).



Рис. 4.5. меблі для зовнішнього використання[35]

Ці всі елементи та вироби є перспективними для виготовлення з низькотоварної деревини та заміну більш дорогій здоровій деревині.

4.2. Технологічний процесу на базі нового обладнання.

Із складу сировини пиловочні колоди за допомогою автотранспорту подаються на накопичувальні площі з яких за допомогою поперечного ланцюгового транспортера подаються до стрічкопильної рами де розпилюються на пиломатеріали необрізні. Необрізні пиломатеріали подаються на багатопильний верстат на якому проводять повздовжній розкрій дощок на задану ширину. Отримані обрізні дошки подаються по роликівому конвеєрі до торцювального верстату де проводиться чорнове торцювання. Отримані

заготівки подаються на робоче місце де проводиться контроль якості та складається в штабелі після чого за допомогою автотранспорту відвозиться до дільниці сушіння.

Сухі пиломатеріали подаються до однопильного верстату де проводиться чорновий розкрій на заготівки. Отримані заготівки подаються до фугувального верстату де проходить створення технологічної бази по двом площинам. Базовані заготівки подаються до рейсмусового верстату де проводиться формування поперечного перерізу. Після чого заготівки потрапляють до торцювального верстату де проводиться чистове торцювання. Після того як заготівки обрізались по довжині вони подаються до свердлильного верстату де висвердлюються отвори під фурнітуру. Після всіх операцій деталі потрапляють на робоче місце де проводиться збірка.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження підтверджено, що використання деревини, зокрема сосни, вільхи, липи, берези, ясеня та горіха, є перспективним напрямом для виготовлення декоративних світильників. У ході аналізу встановлено, що деревина з давністю усихання до 5 років зберігає достатні фізико-механічні властивості для подальшої обробки. Щільність і міцність деревини, незважаючи на часткову втрату своїх характеристик, залишаються достатніми для використання у виробництві виробів з помірними експлуатаційними вимогами. Дослідження показали, що найкращі результати за параметрами теплопровідності, міцності на статичний згин, коефіцієнта всихання та економічної доступності продемонструвала деревина вільхи, що дозволяє рекомендувати її як основний матеріал для виготовлення декоративних світильників.

Порівняльний аналіз матеріалів виявив, що липа є ще одним перспективним варіантом завдяки легкості обробки та низькій ціні. Деревина ясеня та берези, хоча й демонструє високу міцність, є менш економічно вигідною через більшу ціну або складність у роботі. Горіх, хоча й відзначається естетичністю та міцністю, є найменш доступним з огляду на високу вартість.

Експериментальні дослідження, зокрема випробування на статичний згин, підтвердили стабільність модулів пружності для сухостійної деревини, що вказує на її придатність для використання у виготовленні елементів інтер'єру. Оптимізація розкрою деревини дозволяє зменшити відходи сировини та підвищити економічну ефективність процесу. Запропонований технологічний процес включає використання автоматизованих систем для сортування деревини за якістю, що підвищує точність обробки та знижує собівартість продукції.

Таким чином, дерев'яні світильники, виготовлені із сухостійної деревини сосни, є перспективним напрямком для деревообробної галузі. Запропоновані рекомендації щодо вибору матеріалів, технологічного процесу такі

обґрунтування сприяють підвищенню ефективності виробництва та
забезпеченню високої якості продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерев'яні світильники: веб-сайт.
URL:<https://publish.com.ua/domivka/derev-yani-svitilniki.html>(дата звернення 01.10.2024)
2. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Інноваційні технології з оброблення деревини» / Пінчевська О.О., Головач В.М. – Київ: НУБіП України. 2021
3. Абажурні та підвісних світильників : веб-сайт.
URL:<https://www.epochtimes.com.ua/novyny-kompaniy/svitylnyky-z-dereva-v-riznyh-interyerah-128718>(дата звернення 05.10.2024)
4. Деревина грецький горіх та вартісна ціна: веб-сайт. URL <https://estrade.com.ua/product/doshka-gorih-yevropejskyj-greczkyj/>(дата звернення 17.10.2024)
5. Деревина липи обрізного пиломатеріалу: веб-сайт. URL <http://surl.li/hnvhcq>(дата звернення 08.10.2024)
6. Дошка березової та приблизної ціни: веб-сайт. URL <https://vinnica.prom.ua/ua/p1543832906-doska-brus-rejka.html>(дата звернення 17.10.2024)
7. дошки вільхи обрізної: веб-сайт. URL: <https://baza-drov.com.ua/uk/pilomateriali/doshka-obrizna/doshka-z-vilxi>(дата звернення 08.10.2024)
8. Дошка дерева ясеня : веб-сайт. URL <https://demwood.com.ua/yaseneva-skhodynka-800kh300kh40-mm.-sort-a-b-tsilnolamelna/>(дата звернення 08.10.2024)
9. Світильники з натурального дерева : веб-сайт.
URL:https://www.instagram.com/p/Cy1bpQmNGbG/?img_index=1(дата звернення 08.10.2024)

10. Світильники кухні та вітальні : веб-сайт.
URL:https://www.instagram.com/p/C2pf9sDNpvZ/?img_index=2(дата звернення 08.10.2024)
11. Смолоскип давніх часів: веб-сайт. URL:<http://surl.li/jypwfn>(дата звернення 09.10.2024)
12. Воскові свічки: веб-сайт. URL:<https://0300.com.ua/shop/svichka-iz-voshini>(дата звернення 09.10.2024)
13. Історія світильників: веб-сайт. URL:<http://surl.li/qccvyg>(дата звернення 15.10.2024)
14. Історія першої газової лампи : веб-сайт. URL:<http://surl.li/jhtyrc>(дата звернення 15.10.2024)
15. Перша газова лампа: веб-сайт. URL:<http://surl.li/npmwyj>(дата звернення 15.10.2024)
16. Історія олійної лампи: веб-сайт. URL:<http://surl.li/tsyouf>(дата звернення 15.10.2024)
17. Олійноа лампа: веб-сайт.
URL:<https://electric.org.ua/lamp/tag/maslyana-lampa>(дата звернення 15.10.2024)
18. Газова лампа Зеха та Лукасевича: веб-сайт.
URL:<http://surl.li/ktplem>(дата звернення 15.10.2024)
19. Історія винаходу електричних лампочок: веб-сайт.
URL:<http://surl.li/zlpkor>(дата звернення 15.10.2024)
20. Скіпа : веб-сайт. URL:<http://surl.li/ldibax>(дата звернення 15.10.2024)
21. Використання сухостійної деревини: веб-сайт.
URL:<http://surl.li/gmrlwn>(дата звернення 22.10.2024)
22. "Основи деревинознавства і лісового товарознавства" авторів Ємельянова В.Г. та Шевченка С.А.
23. "Деревинознавство" Л.М. Дацюка (2023)
24. Деревині аспекти сухостійної деревини: веб-сайт.
URL:https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2018/28_6/23.pdf(дата звернення 23.10.2024)

25. Ефективність використання низькотоварних круглих лісоматеріалів со-
ни звичайної [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.06 / Буйських 86
Наталія Володимирівна ; Кабінет Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і
природокористування України. – К., 2014. – 19 с.

26. Закономірності впливу властивостей деревини із сухостійних дерев со-
ни звичайної на довговічність конструкційних виробів [Текст] : автореф. дис. канд.
техн. наук : 05.23.06 / Новицький Сергій Володимирович ; Національний
університет біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2019. – 24 с.

27. Науково-методичні рекомендації з нормування витрат сировини у
виробництві пиломатеріалів та заготовок: веб-сайт. URL:<http://surl.li/gpjsjj> (дата
звернення 24.10.2024)

28. Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення
об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі: ДСТУ 4020-2-2001 (prEN 1309-
2:1998). – [Чинний від 2001-04-05]. К : Держстандарт України, 2001. – 70 с. –
(Національний стандарт України).

29. Круглі лісоматеріали листяні. Класифікація за якістю. Частина 1.
Дуб і бук: ДСТУ EN 1316-1:2018 2018 – [Чинний від 2019-01-01]. К:
Держстандарт України, 2019. – 10 с. – (Національний стандарт України).

30. Лісоматеріали круглі хвойних та листяних порід. Правила
класифікації: ТУУ-00994207-003:2018 – [Чинні від 2019-01-01]. К : ЛПАЦ, 2019.
– 132 с. – (Технічні умови України)

31. Світильник з використання сухостійної деревини: веб-сайт.
URL:<https://obstanovka.club/72902-svetilnik-iz-doski-na-potolke.html> (дата
звернення 24.10.2024)

32. Стіл з низькотоварної деревини: веб-сайт.
URL:<https://prodom.kiev.ua/stil-z-masyvu-sosny/> (дата звернення 24.10.2024)

33. Елемент освітлення з сухої сосни: веб-сайт. URL:<https://www.svit-lamp.ua/spot-light-68869151-nastinna-lampa-treno-1xe27-25w-230v-sosna/> (дата
звернення 17.10.2024)

34. Світильник з епоксидної смоли: веб-сайт.
URL:<https://happyhouse.guru/53767-ljustra-iz-jepoksidnoj-smoly-svoimi-rukami.html>(дата звернення 25.10.2024)
35. Меблі для вуличного використання: веб-сайт.
URL:<https://zabudovnik.kr.ua/jak-zrobiti-lavku-z-piddoniv.html>(дата звернення 25.10.2024)
36. Лісоматеріали круглі листяних порід. Класифікація за якістю: ТУ У 16.1-00994207-002:2018 – [Чинні від 2019-01-01]. К : ЛІАЦ, 2019. – 24 с. – (Технічні умови України).
37. Лісоматеріали круглі хвойних та листяних порід. Правила класифікації: ТУУ-00994207-003:2018 – [Чинні від 2019-01-01]. К : ЛІАЦ, 2019. – 132 с. – (Технічні умови України).
38. Мазурчук С. М. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія лісопиляльно-деревообробних виробництв», для студентів навчально-наукового інституту лісове і садово-паркове господарство зі спеціальності 187 – Деревообробні та меблеві технології. Київ – 2022.
39. Шостак В. В. Обладнання деревообробного виробництва. Частина І; Київ 1993 р. 328 с.
40. Лісоматеріали круглі листяних порід. Класифікація за якістю: ТУ У 16.1-00994207-002:2018 – [Чинні від 2019-01-01]. К : ЛІАЦ, 2019. – 24 с. – (Технічні умови України).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

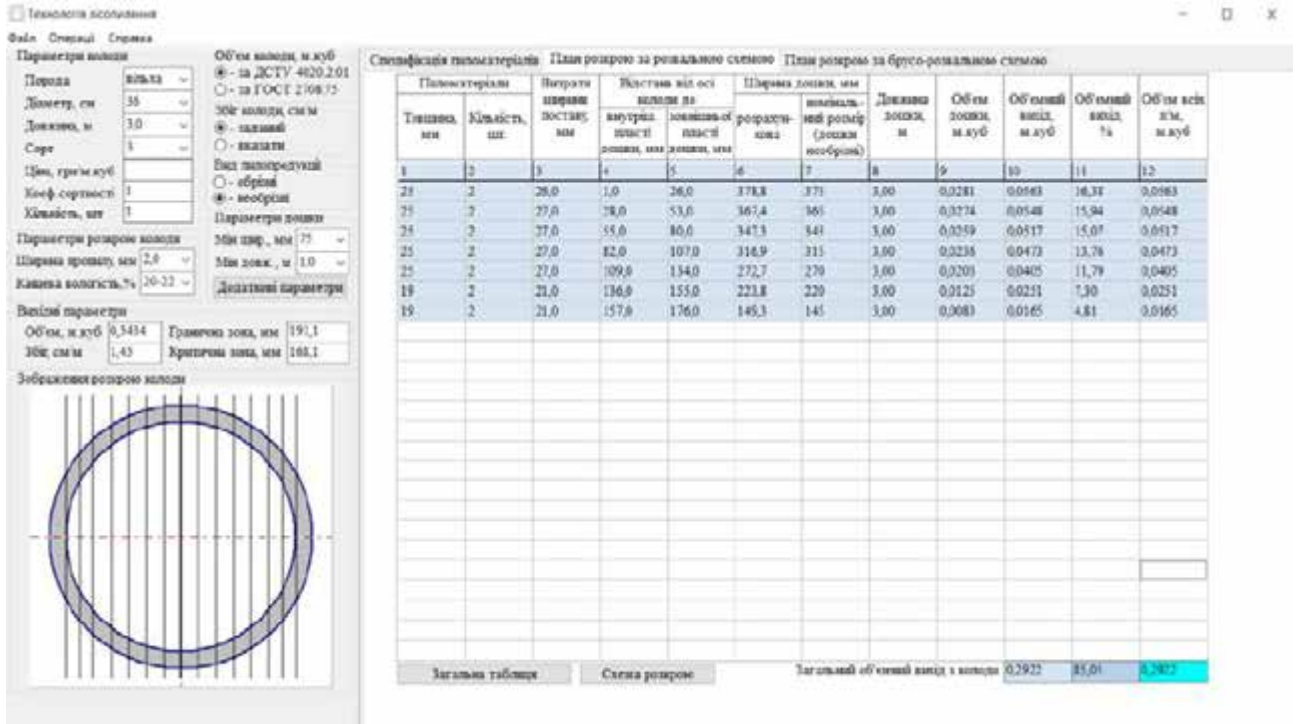


Рис. А 1. Карти розкрою колод вільхи діаметром 36 см

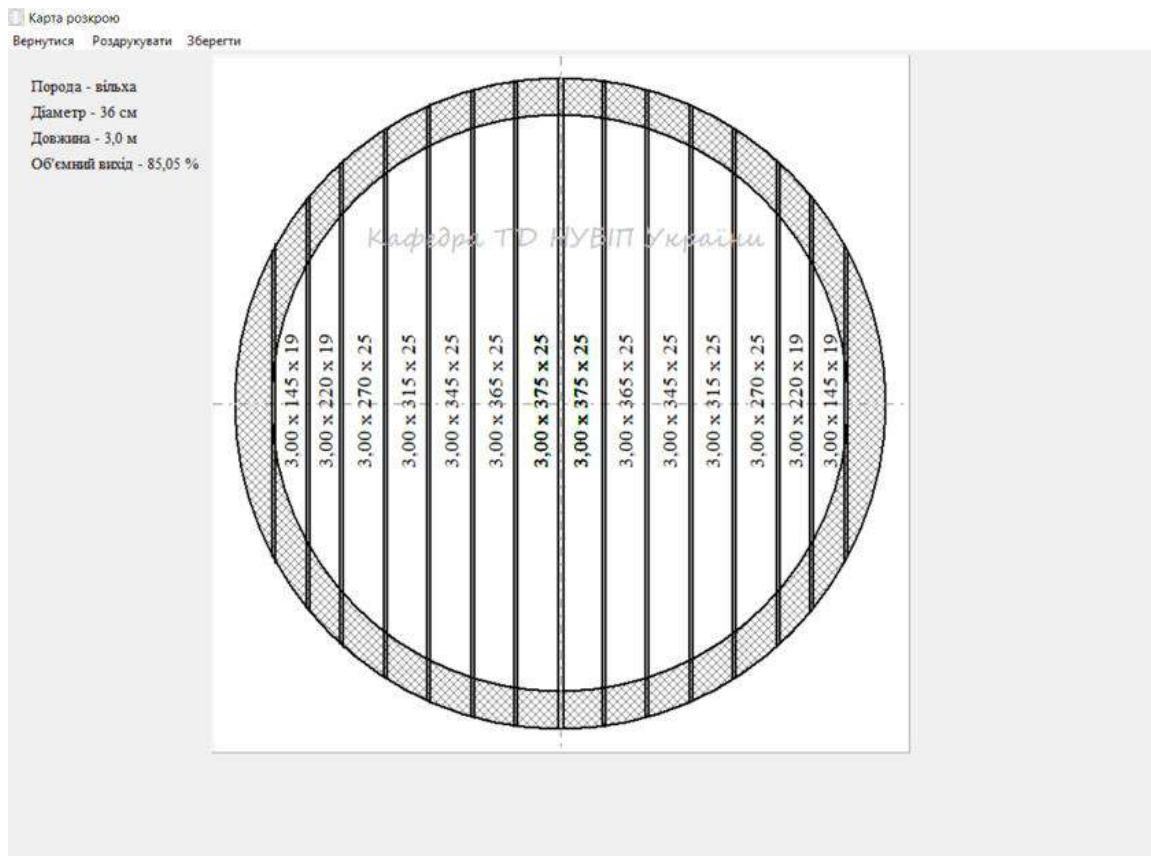


Рис. А 2. Схема розкрою колод вільхи діаметром 36 см

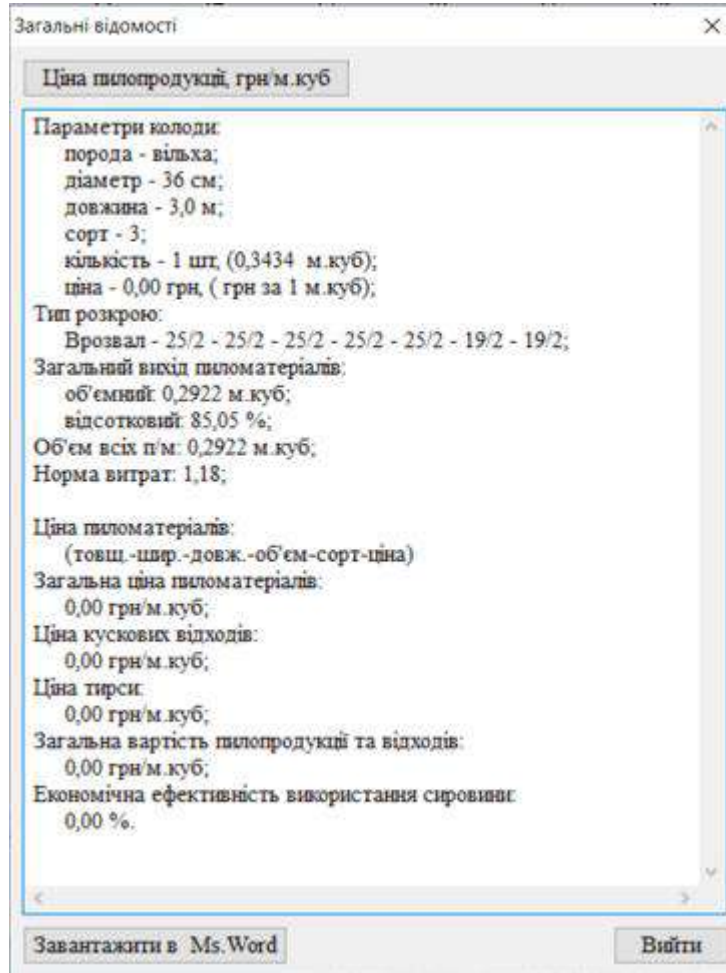


Рис. А 3. Загальна відомість колод вільхи діаметром 36 см

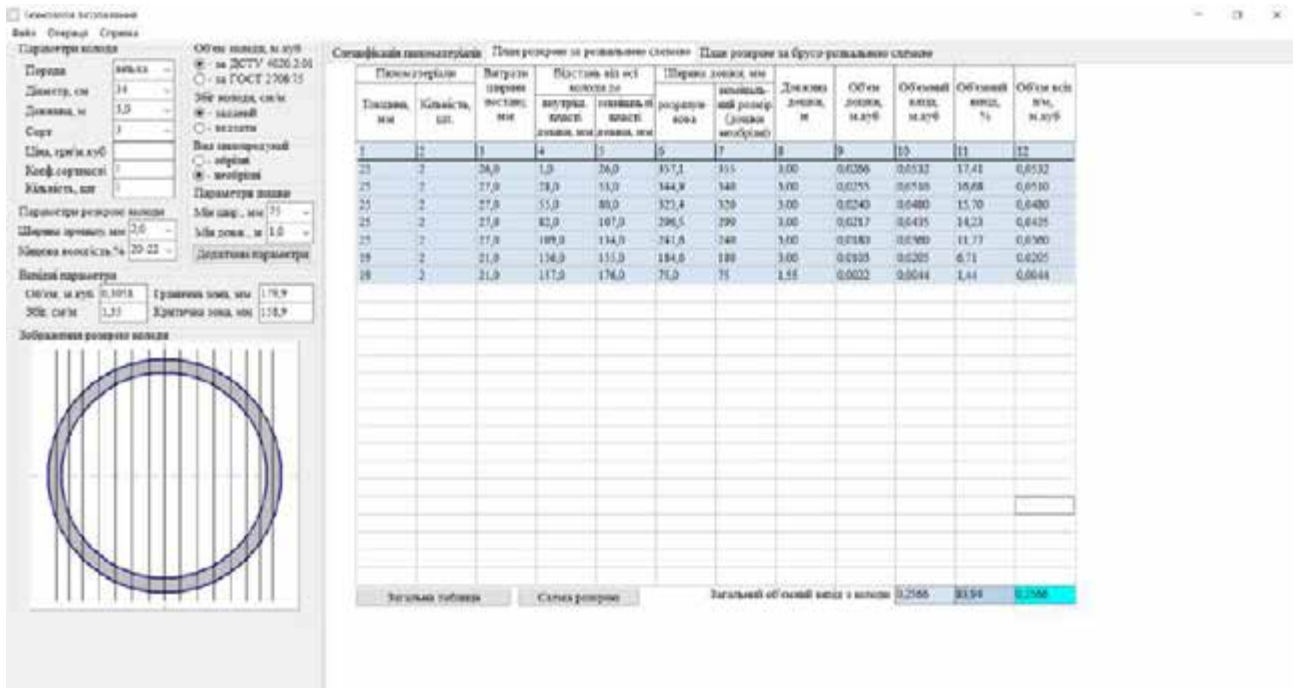


Рис. А 4. Карти розкрою колод вільхи діаметром 34 см

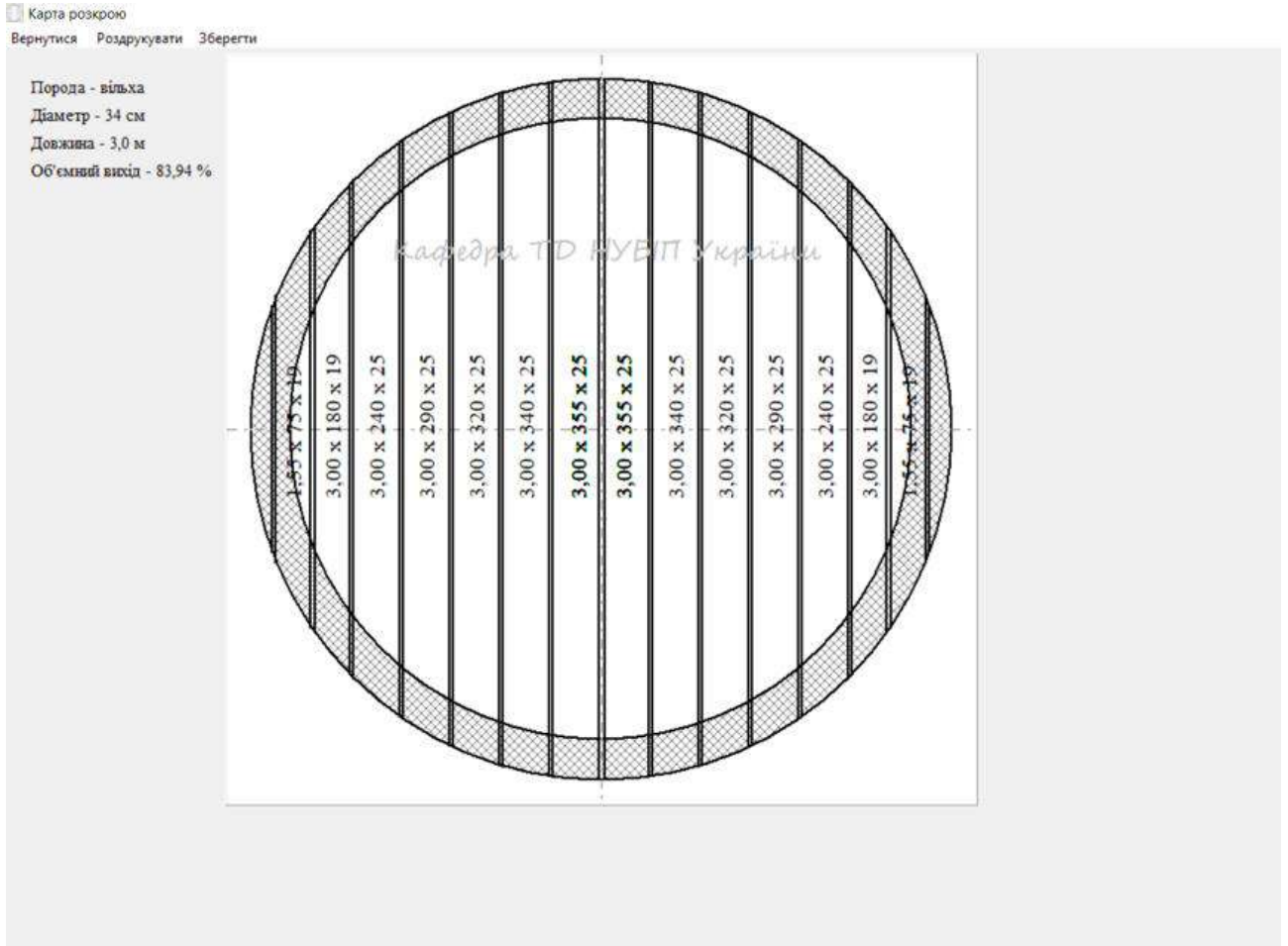


Рис. А 5. Схема розкрою колод вільхи діаметром 34 см

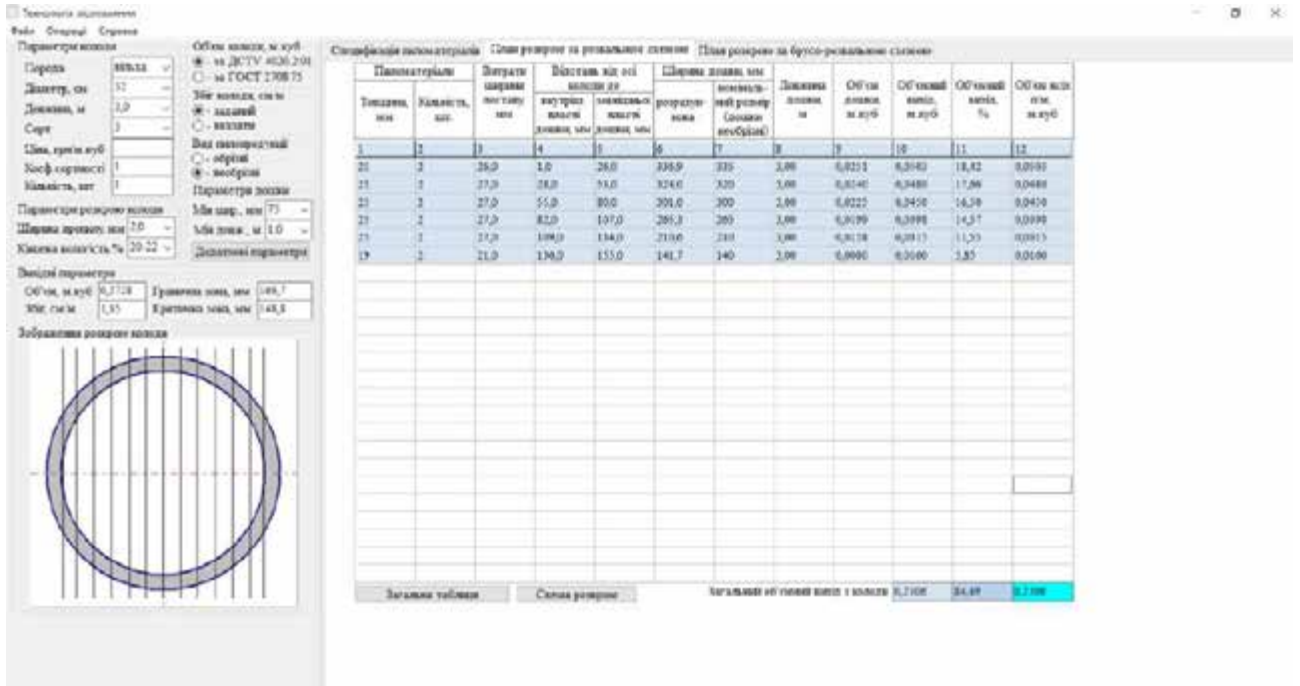


Рис. А 6. Карти розкрою колод вільхи діаметром 32 см

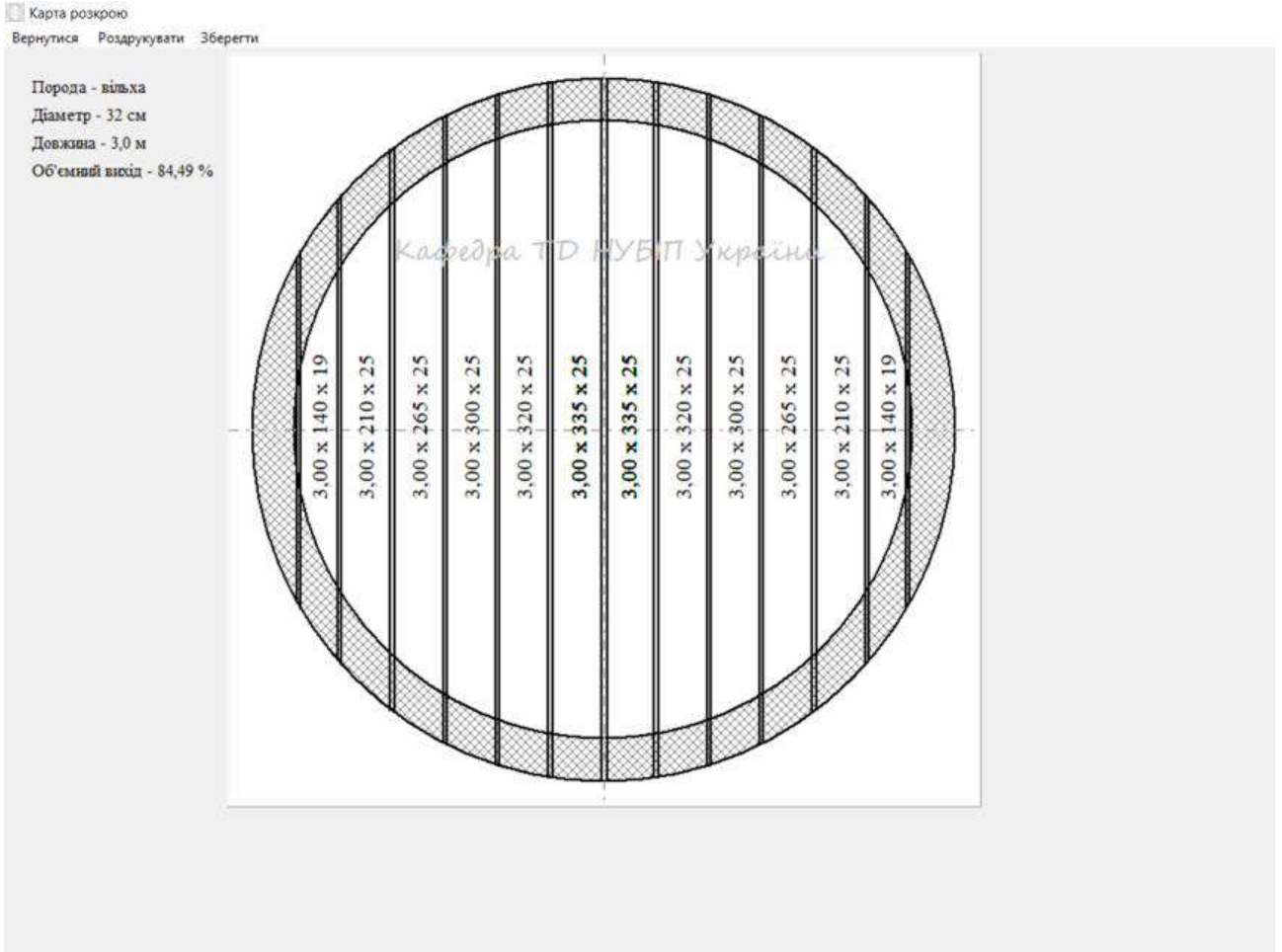


Рис. А 7. Схема розкрою колод вільхи діаметром 32 см

Технічна документація

Вид: Огляд Сервіс

Параметри колоди

Порода: вільха

Діаметр, см: 30

Довжина, м: 3,0

Сорт: 3

Шир. брусья, куб: 1

Коеф. сортності: 1

Відсоток, кгт: 1

Параметри розкрою колоди

Шахова промість, мм: 2,8

Кількість, %: 20,23

Об'єм колоди, м.куб: 0,2324

Промінь, мм: 158,4

Коеф. сортн: 1,25

Круговик, мм: 196,7

Зображення розкрою колоди

Специфікація колоди

План розкрою за розкладкою стовпів

Параметри колоди		Витрати на розкладку колоди			Широкі брусья, мм		Довжина брусья, м		Об'єм колоди, м.куб	Об'ємний вихід, %	Об'ємний вихід, %	Об'єм брусья, м.куб
Таблиця	Кількість, шт	Витрати, м.куб	Витрати, м.куб	Витрати, м.куб	розкладки, шт	розкладки, шт	розкладки, м	розкладки, м				
1	2	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
21	2	38,0	1,0	39,0	315,8	315	3,00	0,8296	4,0473	18,34	0,0473	
22	2	27,0	28,0	55,0	262,2	260	3,00	0,8223	3,6410	18,80	0,0410	
23	2	27,0	55,0	82,0	276,3	271	3,00	0,8308	3,6411	17,23	0,0411	
24	2	27,0	82,0	109,0	233,8	233	3,00	0,9136	3,0312	14,12	0,0312	
25	2	27,0	109,0	136,0	173,8	176	3,00	0,9117	3,0315	16,89	0,0315	
26	2	21,0	130,0	151,0	71,0	71	1,20	0,0021	0,0043	1,79	0,0043	

Загальний об'ємний вихід з колоди: 0,1766 82,93 81,96

Рис. А 8. Карти розкрою колод вільхи діаметром 30 см

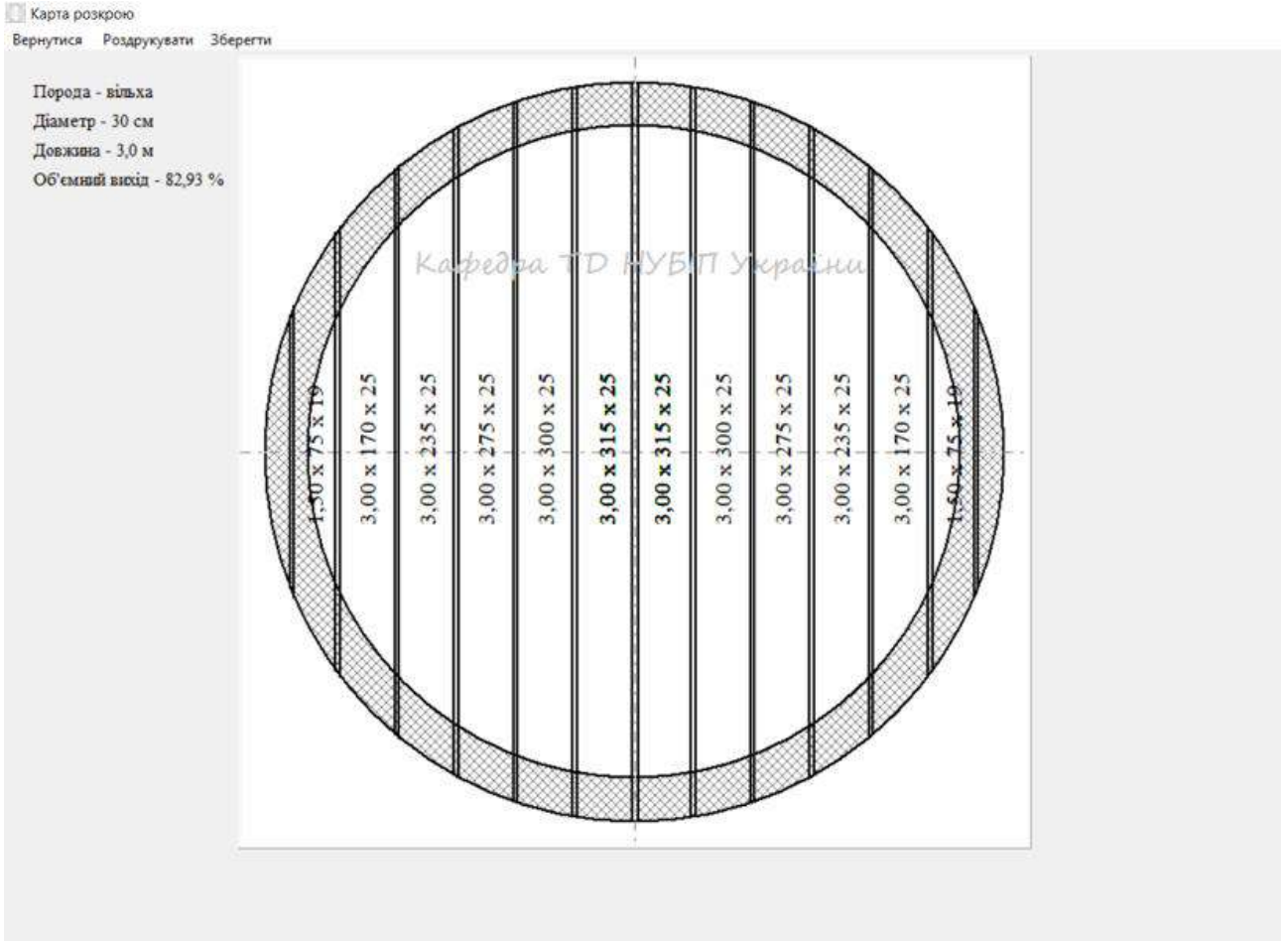


Рис. А 9. Схема розкрою колод вільхи діаметром 30 см

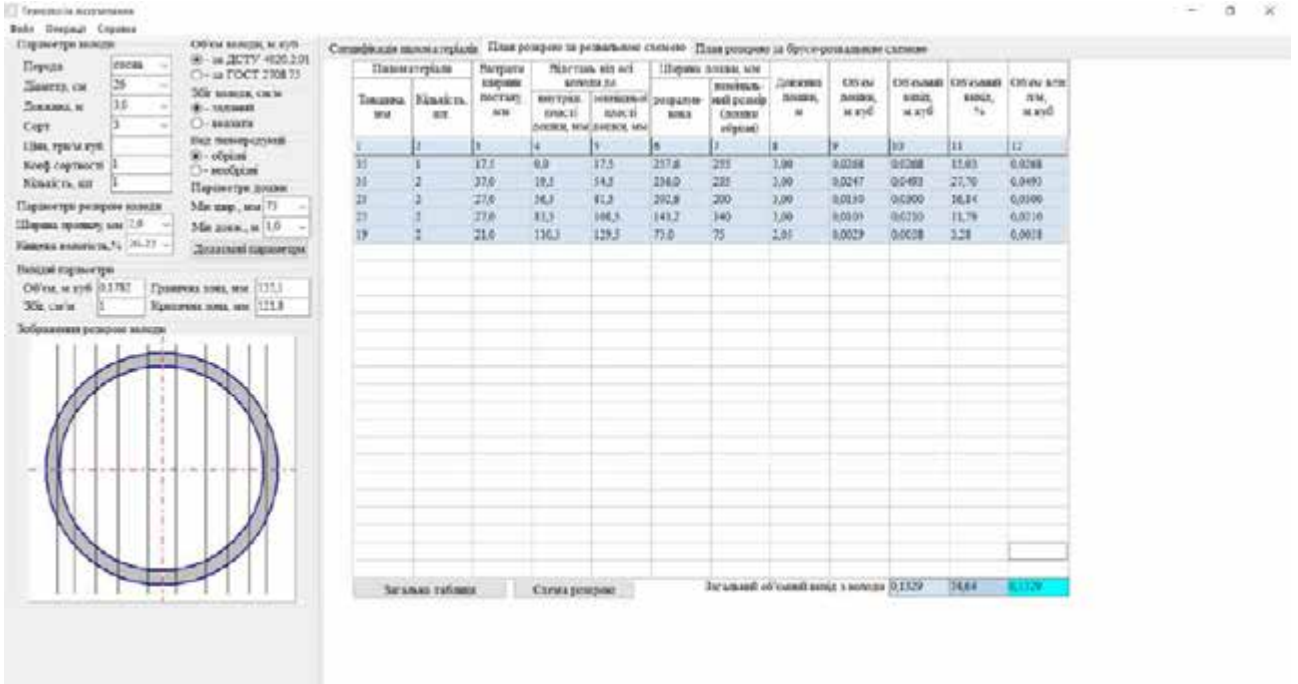


Рис. А 10. Карти розкрою колод сосни діаметром 26 см

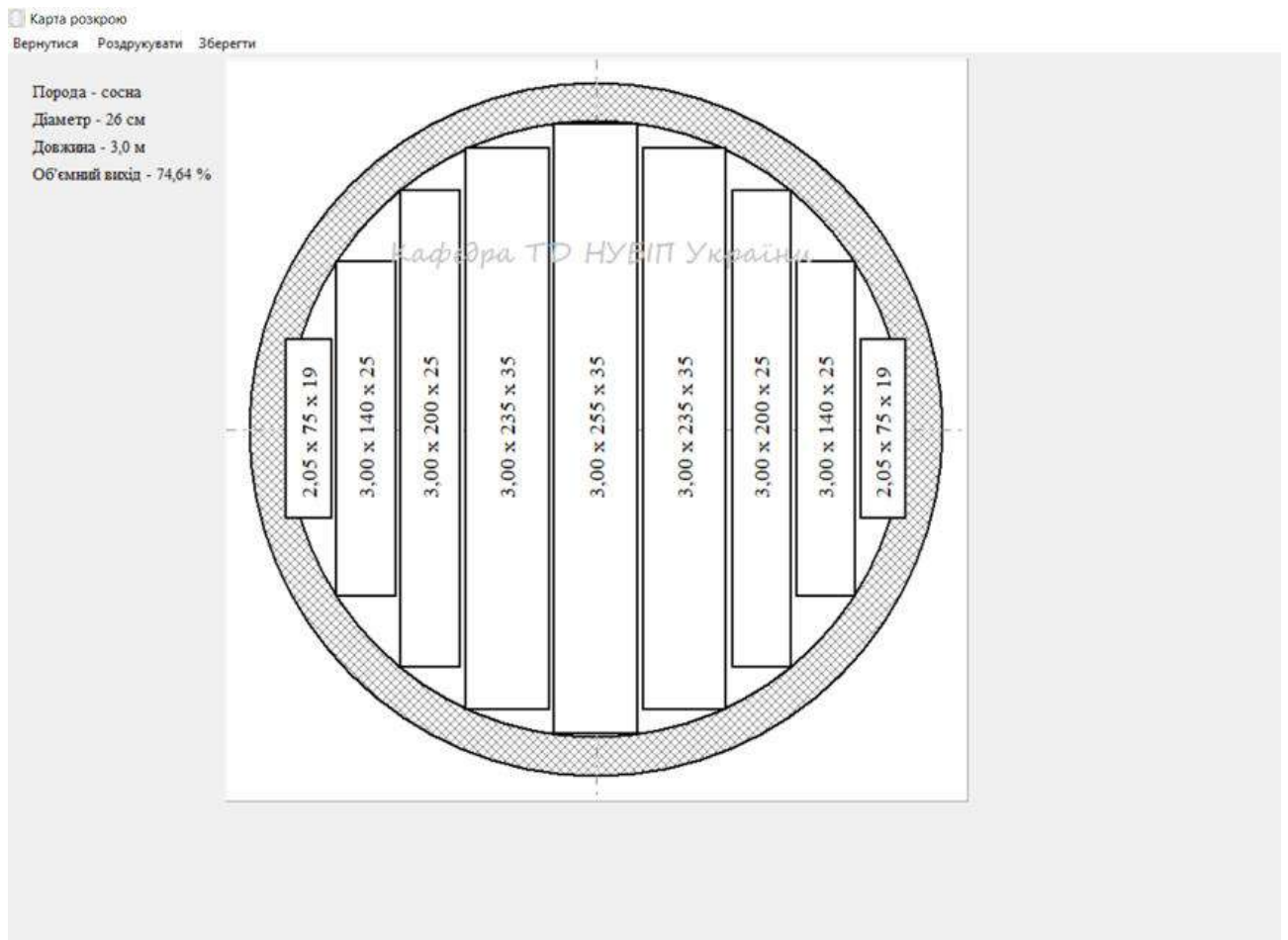
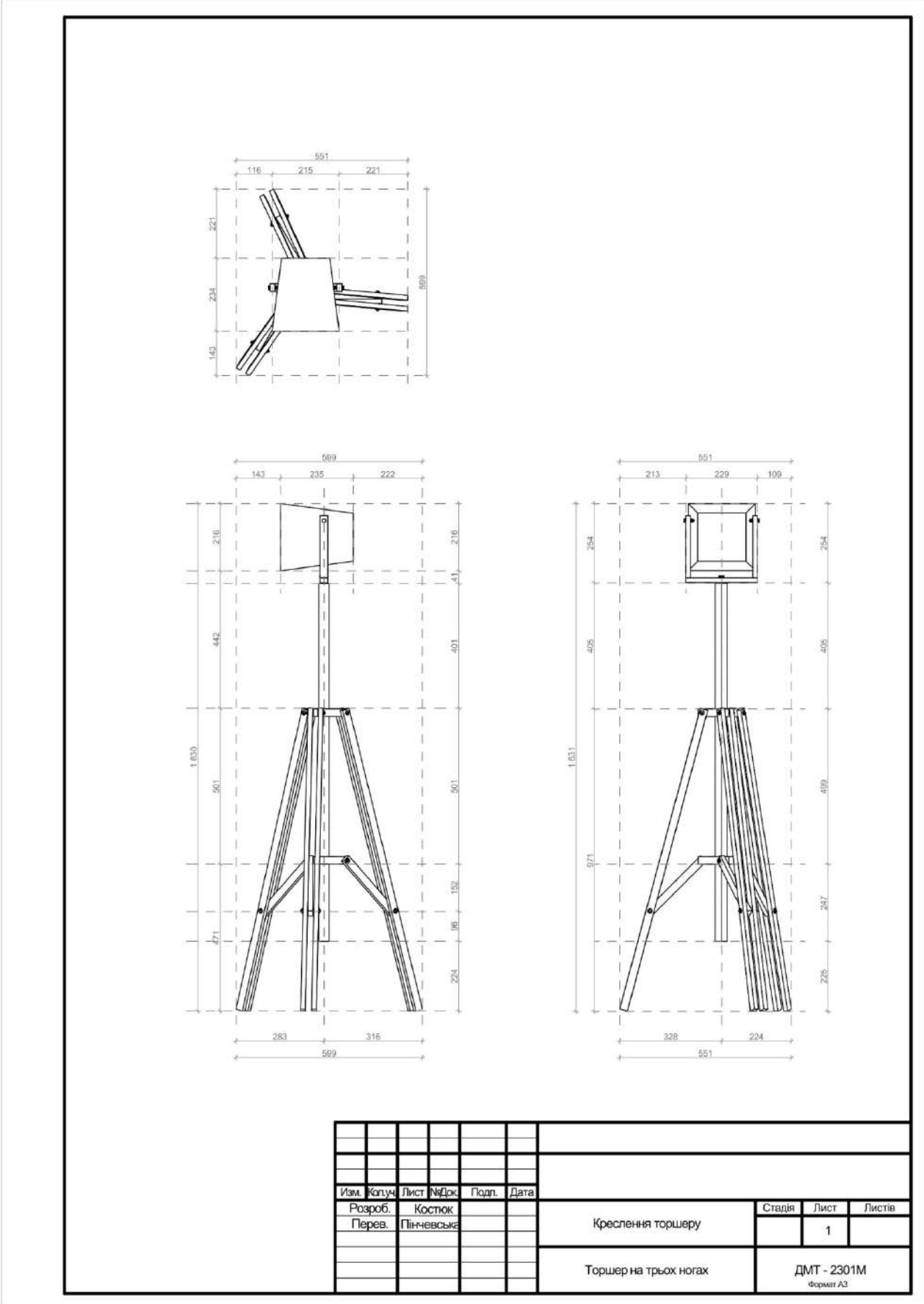


Рис. А 11. Схема розкрою колод вільхи діаметром 26см

ДОДАТОК Б

Креслення виробу



Изм.	Колуч.	Лист	№Док.	Подп.	Дата				
Розроб.		Костюк				Креслення торшеру	Сталія	Лист	Листів
Перев.		Пінчевська						1	
						Торшер на трьох ногах	ДМТ - 2301М Формат А3		